

جامعة واسط
كلية الزراعة
قسم المحاصيل الحقلية

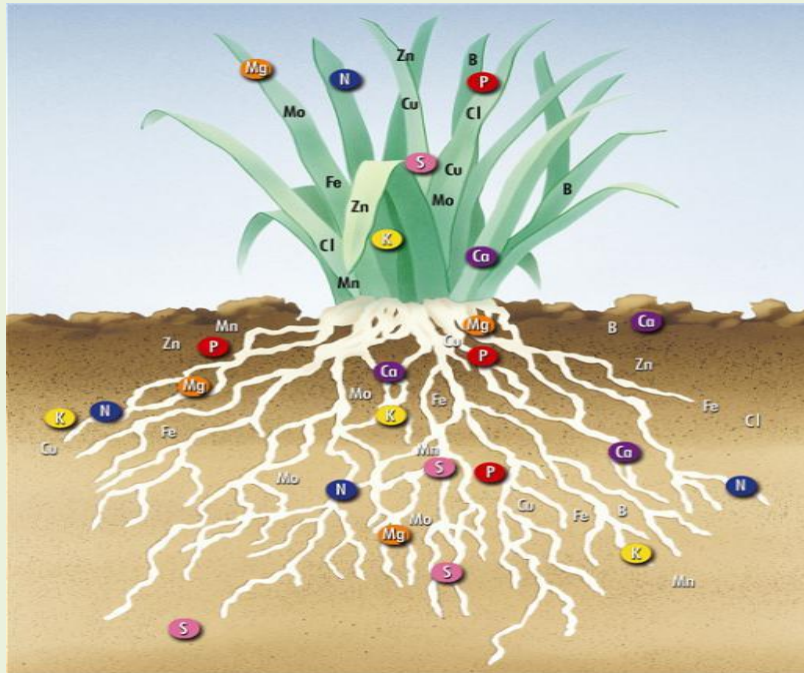
محاضرات اسمدة وخصوبة التربة

(الجزء النظري)

2018 - 2017

المرحلة الثانية

قسم علوم المحاصيل الحقلية



إعداد

أ.م. د. نبيل رحيم لهمود

n.raheem@yahoo.com

التركيب المعدني للنبات

ان المكونات الأساسية للنبات الحي هي الماء والمادة العضوية والمعادن، ونسبة توزيع هذه المواد في النبات بحدود 70% ماء و 27% مادة عضوية و 3% معادن . وقد تختلف نسبتها باختلاف الأنواع النباتية والظروف البيئية وعوامل أخرى.

الماء Water

يعتبر الماء الوسط الذي تحدث فيه جميع الأنشطة الحيوية في الكائنات الحية بشكل عام نظراً لما يمتلكه هذا السائل العجيب من صفات كيميائية وفيزيائية فريدة لا تتوفر في أي سائل آخر على وجه الأرض (راجع موضوع صفات الماء في كتب فسلجة النبات) كارتفاع الحرارة النوعية والشد السطحي وقابليته العالية في إذابة المركبات المعدنية والعضوية وتكوين أوامر هيدروجينية تساهمية مع الجذور القطبية للمركبات الكيميائية. ان كثير من الصفات الفريدة للماء تعود الى وجود الأوامر الهيدروجينية ذات الرابطة المنخفضة الطاقة والتي ترتبط فيها ذرات الهيدروجين بشحنة قطبية ضعيفة مع جزيئة الأوكسجين والتي تجعل ارتباط جزيئات الماء هشاً مما تعطي الماء صفات اللزوجة القليلة والحرارة النوعية الكامنة العالية وكذلك الشد السطحي .

المادة العضوية للنبات Organic matter

تشكل المادة العضوية حوالي 90% من المادة الجافة للنبات ، وتتركب أساساً من الكربون والهيدروجين و الأوكسجين ويدخل في تركيبها عناصر النيتروجين والفسفور والكبريت وبعض العناصر التي تميل الى تكوين مركبات مخلبية مع المركبات العضوية مثل الحديد في تكوين الهيم (Haem) والمغنيسيوم في تكوين جزيئة الكلوروفيل و الكوبلت في تكوين فيتامين (B₁₂).

المعادن Minerals

ان نسبة ما يحتويه النبات من عناصر معدنية يعتمد في الغالي على عدة عوامل :

1- النوع النباتي

تختلف أنواع النباتات و أجناسها بشكل كبير في محتواها من العناصر المعدنية ونسبة كل منها. فقد لوحظ ان محتوى جنس الباقلاء (Vicia) من عنصر الصوديوم أكثر بحوالي 60 ضعف ما هو موجود في جنس الذرة (Zea) . كما ان محتوى نباتات ذوات الفلقتين بصورة عامة من الكتيونات ثنائية التكافؤ أعلى من الكتيونات الأحادية التكافؤ وهذا يتفق تماماً مع ان النباتات ذوات الفلقتين تمتلك سعة تبادلية كتيونية اكبر من السعة التبادلية الكتيونية للنباتات ذوات الفلقة الواحدة .

وعموماً ان محتوى البقوليات من عناصر N , Ca , P أعلى من النجيليات ، كما ان تركيز البورون قد يصل الى 10 PPM دون ان يكون ساماً ، بينما يكون تركيز 2 PPM من البورون ساماً للنجيليات.

2- جاهزية العناصر الغذائية في محلول التربة

3- اختلاف العضو النباتي

تختلف الأجزاء النباتية (أوراق ، سيقان ، جذور ، إزهار ، ثمار او حبوب) في محتواها من العناصر المعدنية تبعاً لحاجة كل جزء نباتي لذلك العنصر .

4- اختلاف عمر النبات

عادة يكون محتوى الأجزاء الحديثة النشوء من النيتروجين والفسفور و البوتاسيوم عالي بينما يكون محتوى الأجزاء المسنة أعلى من عناصر الكالسيوم و المغنيسيوم والحديد و البورون ومما يشار إليه ان كمية العنصر الممتصة من قبل النبات في المراحل الأولى ربما تكون كبيرة بما يتناسب مع متطلبات النبات في تلك المرحلة قياساً بكمية العنصر التي يحتاجها نفس النبات في مراحل متقدمة من العمر وخصوصاً عند انخفاض تركيز تلك العناصر في محلول التربة.

مكونات التربة

تعتبر التربة المصدر الرئيس لتجهيز النبات بأغلب العناصر الغذائي ، بينما يعد الهواء الجوي المجهز الرئيس للهيدروجين و الأوكسجين ، أما النيتروجين فالمصدر الرئيس له **الغلاف الجوي** ويجهز للنبات عن طريق التربة بعد تثبيته بواسطة الأحياء المجهرية المتخصصة في التربة تتكون التربة بصورة رئيسة من ثلاث أطوار هي **الصلب والسائل والغازي**. وهذه الأطوار الثلاثة تؤثر بصورة خاصة في تجهيز جذور النبات بالعناصر الغذائية.

الطور الصلب والذي تشتق منه الصخور والمعادن ينظر إليه كمخزن رئيس للعناصر الغذائية في تجهيز الطور السائل بالأيونات. والجزيئات غير العضوية للطور الصلب تحتوي على الكتيونات من العناصر الغذائية مثل البوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم و المغنيسيوم والحديد و المنغنيز والزنك و الكوبلت. أما الأجزاء العضوية للطور الصلب فأنها تكون مخزن مجهز رئيسي للنيتروجين وبصورة اقل كمجهز للفسفور والكبريت . **الطور السائل للتربة** (محلول التربة) يكون مسئولاً بشكل رئيس عن انتقال العناصر الغذائية في التربة ، ومثال على ذلك انتقال العناصر الغذائية من مختلف أجزاء التربة الى جذور النبات.

تتواجد العناصر بصورة رئيسة في محلول التربة على شكل أيونات كما يذوب فيه الأوكسجين وثاني اوكسيد الكربون بشكل O_2 , CO_2 .

الطور الغازي للتربة يحتل موقعاً وسطاً في تبادل الغازات التي تقع بين مختلف الكائنات الحية للتربة (جذور النباتات و البكتريا و الفطريات و الحيوانات الدقيقة) والجو ، وهذا يتمثل بدقائق الهواء التي تشغل المسافات البينية والشقوق بين جزيئات التربة والتي تجهز أحياء التربة بالأوكسجين وينتج عن عملية تنفسها غاز CO_2 . هذه العوامل الثلاث تتداخل فيما بينها لتساهم بمجموعها في تجهيز المغذيات للنبات.

ان تحرر العناصر المعدنية من الجزء الصلب الى محلول التربة قد يحدث بطرق عديدة ، كذوبان المعادن نفسها في الماء (Soluble mineral) او ذوبان المواد العضوية بعد معدنتها (Mineralization) وتحللها وانفراد العناصر المعدنية منها بفعل الأحياء المجهرية ، او يكون جزئيا نتيجة ذوبان الأملاح المعدنية ذاتها او نتيجة لعمليات التبادل (Exchangeable) والتي تعتبر المجهز الرئيس لمحلول التربة بالعناصر المعدنية والتي تكون ممدصة على سطوح غرويات التربة (التربة و الدبال) وأهمها (H , Al , Ca , Mg , K , Na) وهذه تمسك بواسطة الشحنات السالبة الموجودة على سطوح معادن الطين والمادة العضوية نفسها.

اهم الانيونات (السالبة) المتواجدة بالتربة هي النترات NO_3^- والفوسفات PO_4^- والكبريتات SO_4^- و الكلوريدات CL^- والبورات B^- والمولبدات Mo^- وغيرها.

أما الكتيونات (الموجبة) المتواجدة بالتربة فهي البوتاسيوم K^+ والكالسيوم Ca^{+2} و المغنيسيوم Mg^{+2} ، كما يسود عنصر الصوديوم Na^+ في الترب الجافة وشبه الجافة بينما يسود عنصر الهيدروجين H^+ و الالومنيوم NH_4^+ و المغنيسيوم في الترب الحامضية .

ان وجود الأحياء المجهرية المحيطة بدقائق التربة وجذور النباتات دور كبير في جاهزية بعض العناصر كالنيتروجين والفسفور والكبريت، وهذا يتوقف على نوع الأحياء ونوع التربة والظروف البيئية من رطوبة وحرارة وتهوية. هذه الأحياء أما تكون ذات معيشة تكافلية (Symbiotic microorganisms) مع جذور النباتات كما هو الحال مع بكتريا الرايزوبيوم (Rhizobium) والمتعايشة مع جذور البقوليات بكتريا الازوسيرليم Azospirillum والمتعايشة مع جذور النجيليات وتقوم بتثبيت النيتروجين الجوي Nitrogen fixation . كما ان الفطريات مثل المايكورايزا Mycorrhiza والمتعايشة مع العديد من الأنواع النباتية ترفع كفاءة النبات في امتصاص عنصر الفسفور . او حرة المعيشة (Free living microorganisms) مثل بكتريا الازوتوبكتتر و الكلوستريديوم (Azotobacter and Clostridium) والطحالب الخضراء المزرقمة (Blue green algae) و (Anabana azooll) والتي لها القدرة على تثبيت النيتروجين الجوي أيضا.

العوامل المؤثرة في جاهزية العناصر الغذائية .

تتضمن العوامل المؤثرة على جاهزية العناصر الغذائية في التربة مايلي:

1- درجة تفاعل التربة (PH)

يعتبر PH من أهم العوامل التي تؤثر في جاهزية بعض العناصر المغذية وتفيد جاهزية الأنواع الأخرى وسنورد بعض الأمثلة لذلك

- يترسب عنصر الفسفور تحت الظروف الحامضية على هيئة فوسفات الحديد و الالومنيوم، اذ ان زيادة تركيز ايون الهيدروجين في محلول التربة يزيد من تحلل معادن الطين وبالتالي يؤدي الى زيادة تحرر الالومنيوم والحديد والتي ترتبط مع الفوسفات مكونة $FePO_4$, $AlPO_4$ وهي صورة معقدة التركيب قليلة الذوبان وغير جاهزة للامتصاص. أما في الترب القاعدية ومع وجود كميات

عالية من CaCO_3 فهنا تترسب الفوسفات على صورة $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$ وهي أيضا صورة غير جاهزة للنبات . أما الصورة الجاهزة للفوسفات فأنها تكون بالصورة الأحادية التكافؤ H_2PO_4 وهي أكثر جاهزية في الوسط الحامضي في حين ان الصورة الثنائية التكافؤ HPO_4 تكون أكثر جاهزية في PH القاعدي ، وعند PH 7 يتساوى تواجد الصورتين معاً

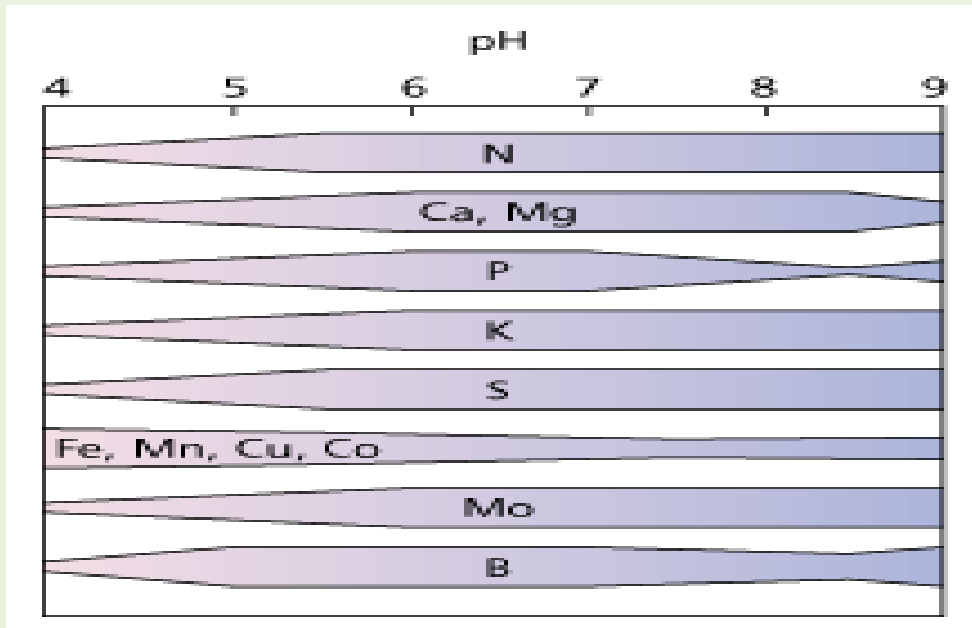
- تمتص النترات بدرجة اكبر من الامونيوم تحت الظروف الحامضية لقلة تواجد أيونات الهيدروكسيل وبالتالي قلة المنافسة بينها وبين النترات في حين أنها تكون اقل امتصاص في الظروف القاعدية من الامونيوم لقلة تواجد ايون الهيدروجين ، ويتساوى امتصاص الامونيوم و النترات في حالة التعادل.

- تزداد جاهزية العناصر الصغرى (الحديد و النحاس و الزنك و المنغنيز و البورون) بصورة عامة في الوسط الحامضي وتقيد في الوسط القاعدي بعكس ايون المولبدنوم والذي يتبادل مع مجموعة الهيدروكسيل على سطوح الامدصاص.

- تقضل الأحياء المجهرية في التربة الوسط المتعادل سواء كانت حرة المعيشة او تكافلية ، وهذا يعني ان كفاءتها في تثبيت النيتروجين تزداد في مثل هذه الظروف. كذلك فأن عملية تحول النترات الى غاز النيتروجين والذي يفقد الى الجو بعملية عكس النترجة (Denitrification) يتوقف عملها تماماً إذا انخفض PH الى 4.5 .

- انخفاض PH يزيد من تحرر (تجوية للمعادن Weathering) ايونات K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} وتكون قابلية ذوبان الأملاح مثل الكربونات و الفوسفات والكبريتات أعلى ، وقد تزداد نسبة عنصري الالومنيوم و المنغنيز في مثل هذه الظروف الى حد السمية والذي يكون مصحوبا غالبا بنقص عنصر الحديد .

عموما يمكن ان نقول ان العناصر الغذائية تكون أكثر جاهزية عند نقطة التعادل ما بين 6.5 – 7.5 لل PH. كما موضح في الشكل التالي



2- المادة العضوية Organic matter

تؤثر المادة العضوية على جاهزية العناصر من خلال :

- أ- تأثير مباشر على PH التربة نتيجة لتحلل الأحماض العضوية عند تحللها والتي تؤدي الى خفض PH.
- ب- تحسين خواص التربة الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية .
- ت- مصدر غني بالنيتروجين والفسفور والكبريت
- ث- تميل المادة العضوية لتكوين مركبات مخلبية (Chelate compounds) مع كتيونات العناصر المعدنية. و المركبات المخلبية هي مركبات عضوية تمسك العنصر وتغلفه من أكثر من جهة وتمنع انفرادها في التربة مما يقلل من احتمال تكوينها لمركبات معقدة في التربة ، وهذه الصورة تكون أفضل لامتناسها من قبل جذور النبات على هذه الصورة او يحدث لها انحلال في داخل النبات او عند الجذر ويمتص العنصر فقط . من أمثلتها الحديد المخلبي Fe-EDTA .
- ج- تشارك المادة العضوية مع الكالسيوم في تكوين البناء الحبيبي للتربة (Aggregate structure) والذي يعتبر أفضل بناء للتربة.

4- كربونات الكالسيوم CaCO₃

تؤثر كربونات الكالسيوم في جاهزية العناصر في التربة من خلال :

- أ- تأثير مباشر على درجة تفاعل التربة PH
- ب- يشارك مع المادة العضوية في تكوين التركيب الحبيبي للتربة (كما سبق)
- ت- زيادة الكالسيوم نتيجة وجود الكربونات يؤدي الى زيادة ترسيب عنصر الفسفور على صورة فوسفات الكالسيوم الثلاثية Ca₃(PO₄)₂ وهذا يقلل من جاهزية الفسفور في التربة
- ث- بإمكان الكالسيوم الإحلال محل الحديد في تكوين مركبات مخلبية مع المادة العضوية مما يسبب نقص في امتصاص الحديد من قبل النبات وتأثير ذلك يؤدي الى اصفرار وشحوب النبات والذي يسمى بالشحوب اليخضوري وخصوصا بالترب الحاوية على CaCO₂ وناتج من نقص الحديد والفسفور .

5- نوع التربة

يؤثر نوع التربة في محتواها من الهواء و بالتالي التأثير في عمليات الأكسدة والاختزال والتي تسود في تلك الترب . **تحت الظروف الهوائية (aerobic condition)** لهذه الترب تسود عمليات الأكسدة ويكون الجهد التأكسدي الاختزالي موجباً وهذا يكون له تأثير سلبي على جاهزية عنصري الحديد و المنغنيز واللذان يتحولان في هذه الحالة الى الحديد الثلاثي التكافؤ و المنغنيز الرباعي او السداسي التكافؤ ، والمعروف ان الحديد و المنغنيز يمتصان بصورة الايون الثنائي التكافؤ. كذلك يزداد تحت هذه الظروف تحول الامونيا الى نترات بعملية النترجة (Nitrification) بواسطة بكتريا النتروسوموناس (Nitrosomonas) و النيتروبيكتر (Nitrobacter) و النترات الناتجة قد تفقد بسبب الغسل واو التطاير بعملية عكس النترجة.

أما في الظروف اللاهوائية (anaerobic condition) فيكون الجهد التأكسدي الاختزالي سالباً وتسود عمليات الاختزال وهنا تزداد جاهزية عنصرى الحديد والمنغنيز والذي يظان في مثل هذه الظروف في الصورة الثنائية التكافؤ وهي الصورة الجاهزة والقابلة للامتصاص من قبل جذور النبات. غير انه قد يزداد فقد عنصر النيتروجين بعملية عكس النترجة كما يحدث في حقول الرز ، حيث تتحول النترات الى النتروجين الغازي والذي يفقد الى الجو. كما ان نسبة المنغنيز قد تزداد في مثل هذه الظروف الى حد السمية كما هو الحال عند زيادة الحمضية.

ان السعة التبادلية الكتيونية للترب الطينية تكون عالية مقارنة بالترب الرملية الخفيفة (يعبر عن السعة التبادلية الكتيونية بعدد المليمكافئات من عناصر البوتاسيوم والكالسيوم و المغنيسيوم والصوديوم لكل 100 غم تربة) وهذا يعني ان الترب الخفيفة تكون فقيرة بعناصر الـ Na, K, Mg, Ca .

6- الأحياء المجهرية

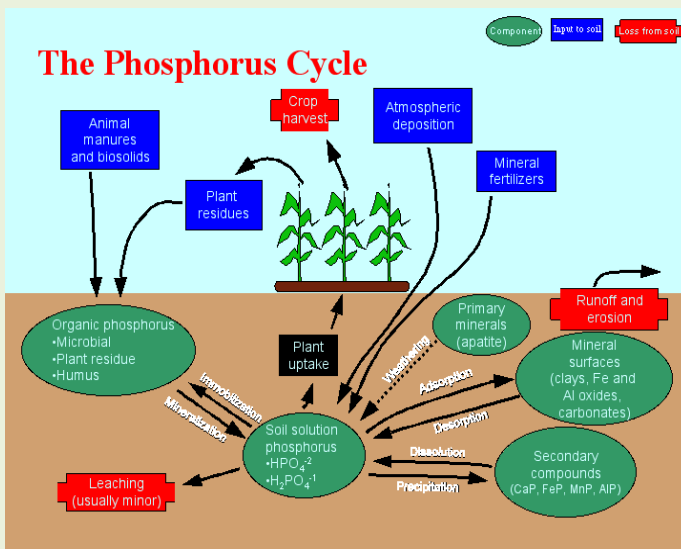
يبرز دورها الكبير من خلال

أ- حركة النيتروجين من الغلاف الجوي الى التربة او بالعكس عن طريق الأحياء المسؤولة عن تثبيت النيتروجين او عمليتي النترجة وعكس النترجة.

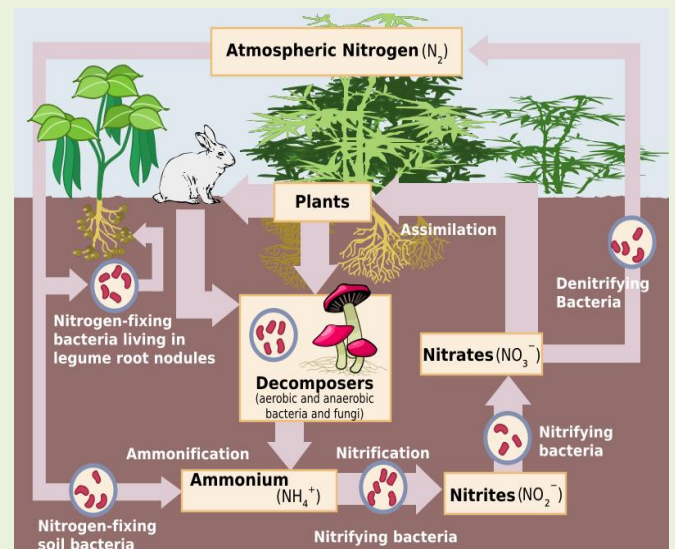
ب- زيادة جاهزية الفسفور وامتصاصه من قبل النبات بواسطة فطريات المايكورايزا.

ت- تحليل المادة العضوية وتحرر العناصر المعدنية بعملية المعدنه Minerelization

ث- أكسدة الكبريت المعدني الى صورة الكبريتات القابلة للامتصاص من قبل النبات بواسطة بكتريا الكبريت والتي تأكسد المنغنيز الثنائي التكافؤ الى الرباعي او السداسي التكافؤ أيضا.



دورة الفسفور

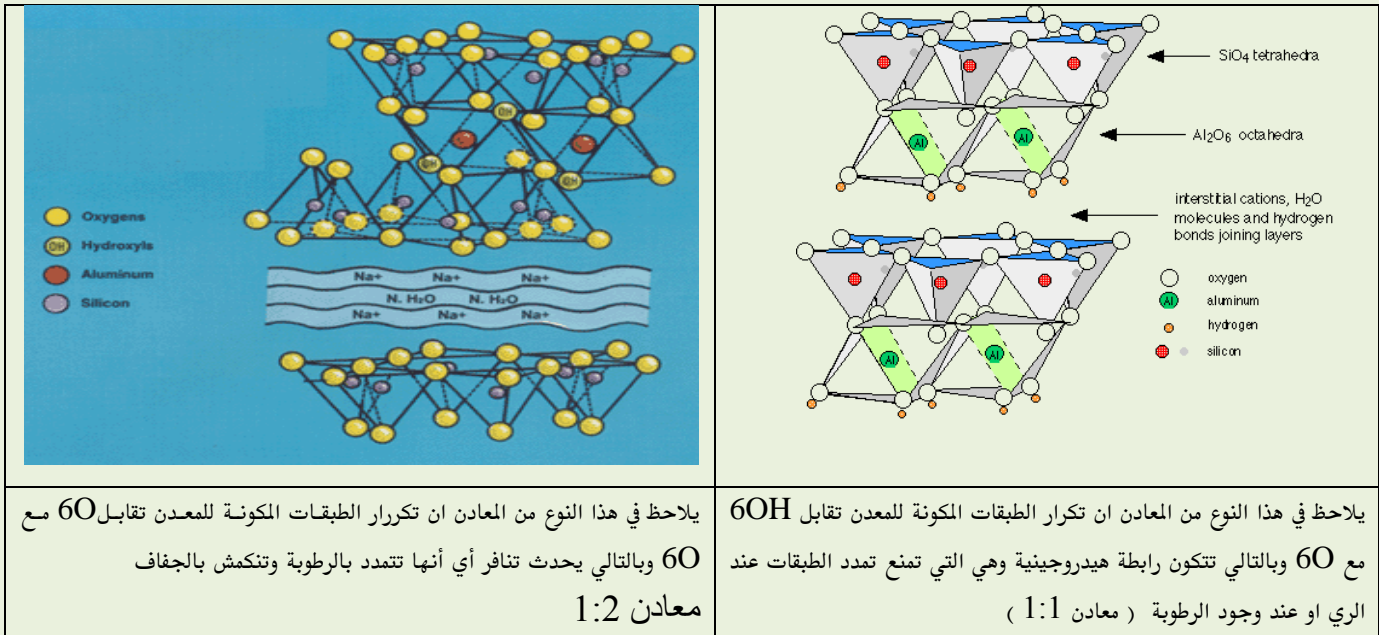


دورة النيتروجين

7- نوع معادن الطين السائدة في التربة

معادن الطين من نوع 1:1 مثل الكاولينايت (Caolinite) غير قابل للتمدد بالرطوبة او الانكماش بالجفاف وهذه لا يمكن ان يثبت البوتاسيوم و الامونيوم بين رقائقها غير إنها تحتوي على ثمان مجاميع من ايون الهيدروكسيل وبالتالي تكون قدرتها على مسك ايونات الفوسفات عالية مما يقلل من جاهزية عنصر الفسفور في مثل هذه الترب .

أما معادن الطين من نوع 1:2 مثل المونتموريلونايت (Montmorillonite) والايلايت (Illite) فهذه تتمدد بالرطوبة وتنكمش بالجفاف لذلك فهي مسئولة عن تثبيت البوتاسيوم و الامونيوم بين وحداتها وهذا يعد خزينا جيدا البوتاسيوم والنيتروجين والتي تتحرر لمحلول التربة عند الري. وتحتوي هذه المعادن على أربع مجاميع فقط من الهيدروكسيل وبالتالي فإن قدرتها على مسك الفسفور نصف قدرة المعادن من النوع الأول 1:1. والرسم التالي يوضح تركيب من النوعين الأول والثاني:



8- الأكاسيد النصفية الثلاثية (Sesqueoxides)

هي أكاسيد الالومنيوم والحديد Fe_2O_3 و Al_2O_3 وهذه الاكاسيد كلما زادت بالتربة ادت الى تقليل جاهزية عنصر الفسفور وتزاد إمكانية تكوين فوسفات الالومنيوم والحديد وهي صورة غير جاهزة للنبات.

9- النبات

ان اختلاف النباتات من حيث طبيعة نمو الجذور ومدى تعمقها وانتشارها داخل التربة دور كبير في الحصول على كمية اكبر من العناصر الغذائية. فالنباتات ذات المجموع الجذري الكبير تكون أكفاً في الحصول على العناصر المعدنية من الأنواع الأخرى.

11- عوامل أخرى: وتشمل

1- التجوية Weathering.

2- التعرية Erosion

3- درجة الحرارة

4- التنافس او التضاد او التداخل

5- التكافؤ

6- الضوء

7- الرطوبة النسبية.