

خصوبة التربة والاسمدة - الجزء النظري - المحاضرة الاولى

بعض المبادئ والاسس في خصوبة التربة والاسمدة :

يمكن تعريف خصوبة التربة Soil Fertility: بانها تعبير عن حالة التربة الغذائية أي مقدار ما تحتويه من عناصر غذائية بصورة ميسرة وكافية ومتوازنة لانتاج محصول اقتصادي.

وتعرف انتاجية التربة Soil productivity: بانها قابلية التربة على انتاج محصول معين في ظروف بيئية معينة وتحت ادارة معينة.

للحصول على طاقة الانتاج القصوى للمحصول المعين فانه يتطلب توافر ظروف الانتاج المختلفة الوراثية والبيئية وعوامل التربة ،او بتعبير اخر عند توافر ظروف الانتاج كلها بشكل مثالي. ان وجود أي عامل او عنصر بكمية اقل من الحالة المثالية يؤدي الى نقص في انتاج النبات ويسمى هذا العامل بالعامل المحدد (limiting Factor)

العوامل المؤثرة في الحالة الخصوبية للتربة :

1.درجة تفاعل التربة PH

2.المادة العضوية.

3.فعالية الاحياء الدقيقة.

4.المادة المعدنية.

5.درجة التشبع بالايونات وتوازنها في المحيط الجذري.

6.رطوبة التربة.

امتصاص العناصر الغذائية من التربة بواسطة الجذور النباتية :

تمتص النباتات العناصر الغذائية عادة من خلال جذورها- ولكنها تستطيع أيضاً امتصاص كميات صغيرة منها من خلال المجموع الخضري (الأوراق) عند رشها بمحلول مغذي. وتدخل العناصر الغذائية في جذور النباتات على صورة أيونية. والأيونات هي دقائق صغيرة الحجم والكتلة وتحمل شحنة كهربائية- وتسمى الأيونات التي تحمل شحنة موجبة بالكاتيونات (Cations) مثل البوتاسيوم -الكالسيوم- المغنسيوم- الأمونيوم. وأما الأيونات التي تحمل شحنة سالبة فتسمى بالأنيونات (Anions) مثل الكلوريد- النترات- الكبريتات.

انتقال العناصر من محلول التربة الى منطقة امتصاص الجذور (اليات الامتصاص):

حيث تتحرك العناصر فى هذه الحالة فى صورة أيونية من منطقة ما فى محلول التربة الى المنطقة التى تسمح بامتصاصها على الجذور وعادة ما يتم ذلك بواحد أو أكثر من الطرق التالية:

أ - الانتقال الكتلى Mass flow: وفيه تنتقل الأيونات لا سيما المتحركة منها كالنتروجين (النترات) وجزء من البوتاسيوم فى اتجاه الجذر ذائبة فى الماء وفى هذه الحالة ترتبط حركة الأيونات باتجاه حركة تيار الماء ويعتبر تيار النتح هو القوة الدافعة لحركة الماء بما يحمله من أيونات فى اتجاه الجذر.

ب- الانتشار Diffusion: حيث تنتقل الأيونات فى اتجاه الجذر تبعاً لتدرج التركيز فهى تنتقل من مناطق التركيز المرتفع الى مناطق التركيز المنخفض وهذا يحصل فى العناصر ذات الحركة الاقل او غير المتحركة مثل البوتاسيوم والفسفور .

ج- الاعتراض الجذرى Root interception: حيث تنمو الجذور وتمتد حتى مواقع وجود العناصر الغذائية.

وهناك جملة من النظريات أو الفرضيات التي يتم من خلالها امتصاص الأيونات من محلول التربة وانتقالها الى اجزاء النبات منها:

1- التبادل بالتماس Contact exchange: حيث يفترض أن لكل أيون مجال نشاط معين على سطح الجذر والحبيبات الغروية فاذا ما تداخل المجالان أمكن تبادل الأيونات بين الأسطح المختلفة ليحل كل منها محل الآخر.

2- الامتصاص الحر او السلبي أو غير نشط Passive absorption: ويحدث هذا النوع من الامتصاص عند انتقال العناصر الغذائية من مناطق التركيز المرتفع الى مناطق التركيز المنخفض دون أن يبذل النبات أى طاقة.

3- الامتصاص الحيوي النشط active absorption: وفيه تنتقل الأيونات ضد تدرج التركيز أى من مناطق التركيز المنخفض (محلول التربة) الى مناطق التركيز المرتفع (داخل النبات) ويحدث ذلك بواسطة عملية حيوية نشطة تحتاج الى بذل طاقة و تتضمن استخدام النبات لمركبات كيميائية (حوامل أو ناقلات للأيونات) ترتبط بالأيونات بطريقة معينة تسمح بالمرور بها خلال الأغشية الخلوية.

ويعتقد أن هناك عدداً من المركبات الحاملة أو الناقلة تكون متخصصة لنقل أيون معين أو أكثر وهى التى تصف النفاذية الاختيارية للأغشية النباتية الحية.

ويلاحظ أن امداد التربة بالأوكسجين يعتبر ضرورياً للامتصاص النشط الحيوى حيث أن نقص الأوكسجين فى التربة يعيق انتاج الطاقة بواسطة الجذور وهذا يقلل من كفاءة الامتصاص الحيوى. ويحدث ذلك تحت ظروف زيادة الرطوبة الأرضية. كذلك يؤدي انخفاض درجة حرارة التربة الى خفض كفاءة الامتصاص النشط .

مصادر العناصر الغذائية للنبات Plant Nutrient Sources :

يمكن تحديد مصادر العناصر المغذية للنبات فى مصدرين أساسيين وهما : العناصر الموجودة أصلاً Native sources فى التربة ومنها المعادن الأرضية ونواتج تحلل المخلفات النباتية والمادة العضوية بالتربة. بينما المصدر الثانى فهو العناصر المضافة Added sources والتي تتمثل فى إضافة الأسمدة الكيميائية والأسمدة العضوية للتربة .

ويجب معرفة أن كل العناصر الغذائية والموجودة فى التربة تخضع إلى العديد من العمليات والتي قد تحد أو تزيد من ذوبانها، وبالتالي تؤثر على الصورة والكمية الصالحة منها للنبات. وهذه العمليات تختلف من عنصر إلى آخر وقد تكون عمليات حيوية أو كيميائية تتم فى الطبيعة ، ومن العمليات الحيوية التى تحد من ذوبان العناصر المغذية هو امتصاص تلك العناصر بواسطة الكائنات الأرضية الدقيقة Microflora وتمثيلها داخل أجسامها ، وهذه العملية تعرف باسم عملية التمثيل Immobilization ويقصد بها تحول العنصر من الصورة المعدنية إلى الصورة العضوية .

ولكن بعد موت هذه الكائنات يحدث لها تحلل وتنطلق هذه العناصر مرة أخرى وتصبح فى صورة صالحة وهذه العملية تعرف بعملية المعدنية Mineralization وهى عكس العملية السابقة أى يحدث بها تحول العنصر من الصورة العضوية وغير الصالحة للنبات إلى الصورة المعدنية الميسرة للامتصاص . والعملية الحيوية هذه تعتبر ذات أهمية كبيرة بالنسبة للنيتروجين ودرجة أهمية متوسطة بالنسبة للكبريت والفوسفور . ومن العمليات الكيميائية الهامة هى عملية الترسيب للعناصر وجعلها فى صورة غير صالحة للنبات ، ويعتبر عنصر الفوسفور أكثر العناصر تأثراً بهذه العملية ، وأيضاً حدوث تقييد لبعض العناصر وخاصة الكاتيونات منها وذلك نتيجة ادمصاصها على أسطح أو بين الوحدات البلورية لمعدقات التبادل ويعتبر كل من أيونى البوتاسيوم والأمونيوم أكثر الكاتيونات تثبيتها بهذه الطريقة .

محلول التربة Soil Solution :

ويقصد به ذلك السائل الذي يوجد في التربة تحت الظروف الحقلية العادية، وهو عبارة عن محلول إلكتروليتي (ممسوك ضد قوى الجاذبية الأرضية) مخفف لألاح $Ca, Mg, Cl, SO_4, HCO_3, NO_3, NH_4, Na, K$ ، وكميات صغيرة لأيونات صعبة الذوبان في الماء من أملاح Fe, Mn, Cu ومركبات عضوية ذائبة لها صفات مخلبية تساهم في زيادة نشاط صلاحية العناصر للنبات، ومواد غروية كما قد يحتوى على ملوثات عضوية أو غير عضوية كنتيجة للنشاط الإنساني.

وكل هذه المكونات السابقة تكون في حالة اتزان متجدد مع بقية مكونات التربة ويعتبر محلول التربة أكثر أجزاء التربة نشاطاً، حيث يتم فيه العديد من التفاعلات الكيميائية ويكون مصدراً مباشراً لما يحتاجه النبات من العناصر الغذائية والتي تتعدد مصادرها في التربة :

(ناتج تجوية معادن الأرض - تحلل المادة العضوية - تترسب من الجو - إضافة الأسمدة - تسرب العناصر من مناطق أخرى).

السعة التبادلية الأيونية وأهمية التبادل الأيوني في تجهيز العناصر الغذائية :

السعة التبادلية الكاتيونية (CEC) Cation exchange capacity: هي مجموع أو كمية الكاتيونات المتبادلة في وحدة وزنية معينة من التربة أو المعدن والوحدة المستخدمة عادة للتعبير عن السعة التبادلية الكاتيونية هي الملي مكافئ/100غم.

وتعتبر السعة التبادلية الكاتيونية قيمة وصفية مهمة للتربة حيث تعتبر دالة لعدد من الخواص والظروف المختلفة لها. كما ان لها اهمية كبيرة من ناحية علاقتها بالصفات الكيميائية والفيزيائية للتربة وكذلك من ناحية علاقتها بتغذية ونمو النبات ، حيث تعكس لنا مدى قابلية التربة على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية ومدى تجهيزها لهذه العناصر أي تعكس لنا الاحتياطي الغذائي للنبات في التربة.

وتختلف الترب من ناحية قيمة السعة التبادلية الكاتيونية وبشكل عام تتراوح من 10الى 50 ملي مكافئ /100غم تربة وبالنسبة للترب العراقية فانها تتراوح 7,5 الى 45.0 وكمعدل 18- 22 ملي مكافئ /100 غم تربة.

خصوبة التربة والاسمدة - الجزء النظري - المحاضرة الثانية

تعتمد قيمة السعة التبادلية الكاتيونية على عدد من العوامل والظروف والتي من أهمها مايلي:

1-نسجة التربة (التحليل الحجمي للدقائق)

2-كمية ونوعية المعادن الطينية:ان دور الطين في تحديد قيمة السعة التبادلية الكاتيونية يرتبط بنوع المعدن الداخل في تركيبه.

3-المادة العضوية: ان الغرويات العضوية تحمل الشحنة السالبة على سطوحها وذلك بسبب تحلل جذور المجاميع الوظيفية المتواجدة في حوامض الهيوميك والفولفيك مثل مجموعة الكربوكسيل والفينول هيدروكسيل والكاربونيل. لذا فان وجود المادة العضوية في التربة يؤدي الى رفع قيمة السعة التبادلية الكاتيونية لها.

4-درجة التفاعل: ان السعة التبادلية الكاتيونية للمعادن تزداد مع زيادة التفاعل وتقل بانخفاضها حيث تعتمد على طبيعة الشحنة السالبة في المعدن.

مصادر الشحنة السالبة على أسطح الطين :

1- الإحلال المتماثل **Isomorphous substitution**: ويعتبر المصدر الرئيسي

للشحنة السالبة لمعادن الطين. وهو إحلال كاتيونات ذات تكافؤ أقل محل كاتيونات أخرى ذات تكافؤ أعلى في الوحدة البلورية للمعدن مما يجعل صافي الشحنة سالب (لأن صافي الشحنة للبلورة قبل الإحلال متعادل). وعادة لا تتأثر هذه الشحنة بالعوامل الخارجية مثل درجة الـ pH في المحلول الخارجي مما يجعل هذه الشحنات من النوع الثابت. والإحلال الشائع هو إحلال الألمنيوم الثلاثي محل أيون السليكون الرباعي في طبقة التتراهيدرا، وكذلك إحلال المغنسيوم والحديد الثنائي محل الألمنيوم في طبقة الأوكتايدرا. الإحلال المتماثل المصدر الأساسي للسعة التبادلية الكاتيونية في معادن (1:2) مثل المونتي موريللونيت والفيرميكيولايت، أما مجموعة (1:1) ومنها الكاؤولينيت فتتميز بانخفاض شحنتها نظراً لعدم وجود إحلال متماثل في وحداتها البنائية.

2- الروابط المكسورة **Broken bonds**: عند تكسير المعدن إلى حبيبات صغيرة فإننا نجد أن الروابط الموجودة على الحواف تصبح غير مشبعة، وبزيادة عدد هذه الروابط المكسورة تزداد السعة التبادلية الكاتيونية الناشئة عنها، وهذا المصدر هو المسئول عن السعة التبادلية الكاتيونية لمعادن الكاؤولينيت والهالوسيت والأليت.

3. تآين الهيدروجين: يحدث ذلك من مجموعة الهيدروكسيل المعرضة على سطح المعادن والنواتجة من الروابط المكسورة. أما مجاميع الهيدروكسيل الموجودة في بناء المعدن فمن الصعب حدوث تآين لها.

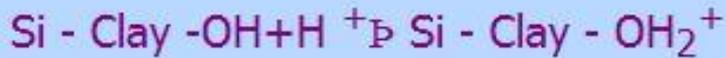
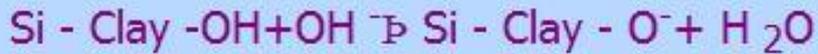
4- العيوب البلورية:

وهي عيوب تنتج أثناء بلورة المعادن في محاليل لا تحتوى على كميات متكافئة من الكاتيونات أو الأنيونات، ويؤدى ذلك إلى امتصاص سطحى لبعض الأيونات الأخرى مما يؤدى في النهاية إلى تكوين شحنة على البلورة قد تكون سالبة إذا حدث زيادة في امتصاص الأنيونات عن الكاتيونات، أو تكون موجبة إذا حدث العكس. وتعتبر أهمية هذا المصدر للشحنة السالبة قليل جداً.

5- الشحنة المتوقفة على الـ pH:

حيث تزداد الشحنات أو تقل حسب رقم PH الوسط فتزداد الشحنة السالبة وتنخفض الشحنات الموجبة في الوسط القاعدي بزيادة تآين المجاميع الحامضية ونقص اكتساب البروتون +H. وفي حالة انخفاض رقم PH الوسط فإن الشحنة تسلك عكس هذا المسلك، أى زيادة الشحنة الموجبة ونقص الشحنة السالبة
University of Diyala- College of Agriculture
كما هو موضح في المعادلات:

1) معادلة (1) سطح الطين السليكاتى تحت ظروف الأراضى القاعدية



2- معادلة (2) سطح الطين السليكاتى تحت ظروف الأراضى الحامضية:

ويتضح مما سبق وجود شحنة سالبة على معظم معادن الطين أياً كان مصدرها، وهذه الشحنات السالبة لا بد من توازنها، ويتم ذلك عن طريق ادمصاص الأيونات السالبة في المحلول الأرضى ويمكن لهذه الأيونات (كاتيونات) أن تخرج إلى المحلول الأرضى مرة أخرى مما يكسب هذه المعادن القدرة على التبادل الأيونى. وعلى ذلك نجد أن المعادن الثانوية تتحكم في تركيز الأيونات المختلفة في المحلول الأرضى، وتعتبر الأيونات المدمصة مخزون أساسى لغذاء النبات.

Fertilizers: الأسمدة

يعرف السماد: بأنه المادة العضوية أو الكيماوية (غير عضوية) تضاف للتربة أو مباشرة إلى النبات لتجهيزه بعنصر غذائي واحد أو أكثر أو لزيادة نسب العناصر في التربة إلى الحد الأمثل والمتوازن لنمو النبات المعني لرفع الانتاج .

العناصر الأساسية او الضرورية: (Essential nutrients) : يوجد في التربة اعداد كبيرة من العناصر الا ان 17 عنصرا منها فقط تعد اساسية وضرورية للنبات والتي لا تستطيع النباتات اكمال دورة حياتها بدونها، وفي عام (1939) قام العالمان Arnon و Stout بتحديد ثلاثة شروط واجب توافرها في العنصر المغذى الضروري وهي :

1- غياب هذا العنصر من وسط نمو النبات يؤدي إلى عدم قدرة هذا النبات على إتمام دورة حياته .

2- عند ظهور أعراض نقص عنصر معين على النبات لا تزول هذه الأعراض إلا بإضافة ذلك العنصر إلى النبات ولا يمكن أن يحل محله عنصر آخر في القيام بوظيفته الحيوية في النبات .

3- يدخل هذا العنصر مباشرةً في عمليات الميتابوليزم وعمل الإنزيمات داخل النبات ، وبالتالي يكون جزء محسوس من مكونات النبات .

وعلى ذلك يُعرف العنصر الغذائي أو العنصر الضروري للنبات على أنه العنصر الذي يؤدي وظيفة ما في حياة النبات، بحيث إذا غاب أو نقص هذا العنصر ساء النمو أو توقف ، وبالتالي يقل المحصول أو ينعدم.

يمكن تقسيم العناصر الغذائية من الناحية الكمية إلى مايلي :

1 – العناصر الكبرى (Macro element) : وهي العناصر التي يحتاجها النبات بكميات كبيرة نسبيا اذ تبلغ نسبتها في النبات (0.1 % - 6 %) من محتوى المادة الجافة أي ما يعادل (1 – 60) ملغم / غم مادة جافة . وتشمل هذه العناصر (Mg-S C-H-O-N-P-K-Ca-) .

2 – العناصر الصغرى (Micro elements) : وهي العناصر التي يحتاجها النبات بكميات اقل نسبيا ويقدر محتواها في المادة الجافة (ppm200) (جزء بالمليون) وتشمل عناصر (Fe-Zn-Cu -Mn-B-Mo-Na-Cl) .

يلاحظ إن (Na, CL) بصورة عامة تعتبر من العناصر الصغرى إلا إنها بالنسبة للنباتات الملحية تعتبر من العناصر الكبرى حيث تحتاجها النبات بكميات كبيرة مقارنة بالنباتات الأخرى .

العناصر المفيدة :

هناك مجموعة من العناصر الغذائية تكون مفيدة لنبات معين ولا يكون لها تأثير نافع او مفيد لنبات آخر تسمى بالعناصر المفيدة ومن أمثلتها عنصر الكوبلت (Co) وهو مفيد ومهم للعائلة أو النباتات البقولية ولكن ليس للكوبلت فائدة بالنسبة للنجيليات . كذلك إن لعنصر السليكون تأثير نافع للرز ولم تثبت له فائدة بالنسبة للنجيليات . مثال آخر لوحظ إن للصدويوم أهمية مفيدة بالنسبة لنباتات البنجر السكري حيث يزيد من نسبة السكر لهذا النبات .

العناصر النادرة :

هناك مجموعة من العناصر هي ليست غذائية تتبع جميعها إلى زمرة العناصر النادرة ووجد إن وجودها بكميات منخفضة جدا في التربة أو الهواء يكون لها تأثير مفيد لفعالية بعض النباتات إلا إن ارتفاع مستوى هذه العناصر ولو بصورة منخفضة أو بصورة قليلة يجعل منها عناصر سامة للنبات وكذلك للحيوان الذي يعيش على تلك النباتات من أمثلتها (الكلور- الفلور - البروم - اليود - الزئبق - الرصاص - الزرنيخ ----- الخ) .

العناصر الغذائية الكبرى Macronutrients

النيتروجين Nitrogen :

يُعتبر عنصر النيتروجين من العناصر الغذائية الهامة في تغذية النبات ، ويحتاجه النبات بكميات كبيرة ، حيث يمثل القدر الأكبر للمكونات العضوية الأساسية في النبات والتي تشمل البروتينات والانزيمات والأحماض النووية والكلوروفيل .

النيتروجين في التربة Nitrogen in Soil :

يختلف النيتروجين عن معظم العناصر المعدنية الموجودة بالتربة الزراعية في أن مصدره الأصلي هو الهواء الجوى (إذ يشكل النيتروجين حوالى 79% من حجم الهواء الجوى) في حين لا تحتوى الصخور الأصلية ومعادن التربة على هذا العنصر. ولا تستطيع النباتات النامية الاستفادة من النيتروجين الغازى N_2 مباشرةً لأنه يكون بشكل غاز خامل وان الصيغ الجاهزة للامتصاص هي NH_4, NO_3 .

يوجد النيتروجين في التربة في حالة تغير ديناميكية مستمرة حيث يتأثر محتواه في التربة باستمرار بعمليات الإضافة والفقد المختلفة. وسلسلة الإضافة والفقد والتغير التي تحدث للنيتروجين في التربة يطلق عليها دورة النيتروجين Nitrogen cycle. والجزء الأساسي من هذه الدورة الطبيعية يتم بفعل ميكروبات التربة. فيضاف النيتروجين الى التربة من النيتروجين الغازي (N_2) الموجود في الجو ، وهي صورة غير مستعملة بالنبات حيث تقوم البكتريا التكافلية Symbiotic والغير تكافلية Nonsymbiotic باستعمال هذا النيتروجين لتكوين البروتين في أجسامها، وعندما تموت هذه البكتريا فتقوم ميكروبات اخرى بمعدنة هذا البروتين لتكوين ايونات الأمونيوم (NH_4^+). هذه الأيونات يمكن أن تؤخذ بواسطة النباتات، لكن معظمها يتحول بواسطة البكتريا (عملية النترجة Nitrification) الى ايونات النترت (NO_2^-) ثم الى ايونات النترات (NO_3^-). وأيونات النترات تؤخذ بواسطة النبات أو الميكروبات التي في التربة. أو تعود الى الجو على صورة غاز خلال عملية عكس النترجة Denitrification.

صور واشكال النتروجين في التربة:

1-الاشكال اللاعضوية (المعدنية):كالامونيوم والنترت والنترات والاكاسيد النتروجينية الغازية.

2-الاشكال العضوية للنتروجين: الأحماض الأمينية والبروتينات وكثير من المركبات العضوية مثل : الأحماض النووية والفيتامينات وغيرها. وتمثل هذه الصورة حوالى 99% من النيتروجين الكلى بالأراضى الزراعية فى معظم فترات السنة .

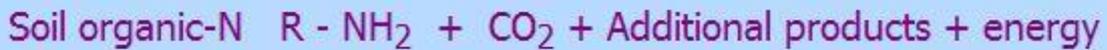
تحولات النتروجين في التربة:

النتروجين في التربة يتواجد بشكل رئيسي بالصورة العضوية(الذى يمثل 99% من النيتروجين الكلى) والباقي منه يكون بالحالة المعدنية والنبات لا يستطيع الاستفادة من النتروجين الا بعد تحوله من الشكل العضوي الى المعدني بعملية تعرف بالمعدنة اذ تقوم أنواع عديدة من الكائنات الأرضية الدقيقة غير ذاتية التغذية Heterotrophic organisms (تحصل على الطاقة اللازمة لها من أكسدة الكربون العضوى) بتحليل المادة العضوية ويفرد النيتروجين منها فى صورة الأمونيا NH₃ وفى خطوة لاحقة تتحول الأمونيا إلى أمونيوم NH₄⁺ ثم نترات NO₃، ويطلق على هذه العملية اسم عملية المعدنة.

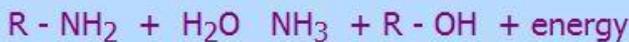
معدنة النتروجين :

تحول النتروجين من الشكل العضوي الى الاشكال المعدنية او بتعبير اخر الى الاشكال الجاهزة للامتصاص من قبل النبات كالامونيوم والنترات، ان عملية تحول النتروجين العضوي الى امونيوم تسمى بعملية النشطرة، وهي تشمل على عدد من الخطوات وكما ياتي:

الأولى: يحدث تحلل مائى للبروتينات بفعل الإنزيمات وتنطلق مركبات أبسط فى صورة أحماض أمينية بواسطة الأحياء الدقيقة.



الثانية:



وتذوب الأمونيا الناتجة فى الماء ويتكون أيون الأمونيوم



ويكون مصير الأمونيوم الناتجة إحدى الاحتمالات الآتية:

- 1- يمكن أن يتحول إلى النتريت والنترات وذلك خلال عملية النترجة Nitrification
- 2- يمكن أن يُمتص مباشرةً بواسطة النبات .
- 3- يثبت في اجسام الاحياء المتعددة التغذية بعملية التمثيل .
- 4- يمتز على أسطح الطين والمادة العضوية.
- 5- يتحول الامونيوم الى امونيا بعملية التطاير Volatilization وخاصة إذا ارتفع رقم pH الأرض عن 8 .
- 6- يثبت داخل طبقات معادن الطين بعملية تسمى تثبيت الامونيوم .

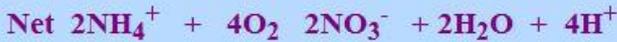
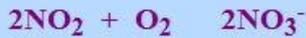
عملية النترجة Nitrification:

تُعرف على أنها عملية الأكسدة البيولوجية للأمونيوم الناتج من عملية النشطرة أو المضاف في صورة أسمدة إلى نترات . وتتم هذه العملية على خطوتين :

1- أكسدة الأمونيوم إلى نتريت ويقوم بها بكتيريا Nitrosomonas



2 - يتم أكسدة النتريت إلى نترات وتقوم بها بكتيريا Nitrobacter



البكتيريا المسؤولة عن هذه العملية النايتروسومونس والنايتروبوكتريا هي احياء ذاتية التغذية تحصل على طاقتها من اكسدة النتروجين والكاربون من CO₂ وهي هوائية اجبارية لذا يتطلب توافر الاوكسجين لاتمام العملية.

عملية عكس النترجة Denitrification :

هي عملية اختزال النترات والنتريت إلى صورة غازية NO, N₂O, N₂ ، والتي تعود إلى الهواء الجوى .ويحدث ذلك تحت الظروف اللاهوائية للأراضي الزراعية فى المناطق الغدقه سيئة الصرف والاحياء المسؤولة عنها لا هوائية اجبارية مثل Bacillus و Micrococcus و Pseudomonas .

تطاير الأمونيا Ammonia Volatilization:

في الوسط المائي القاعدي تتحول ايونات الأمونيوم الى غاز الامونيا الحر (NH_3) مما يؤدي الى خسارته بالتطاير. وتحدث هذه العملية في الترب القاعدية والكلسية (الغنية بكربونات الكالسيوم) كما وتتأثر هذه العملية برطوبة التربة ودرجة الحرارة، ولأجل التقليل من فقد النتروجين بهذه العملية، لاسيما للاسمدة الحاوية على الامونيوم، يضاف السماد النتروجيني بطريقة التلقيح وتجري عملية الري مباشرة بعد اضافة السماد، كما وتستعمل الاسمدة المولدة للحموضة.

فقد النترات بالغسيل Leaching Losses :

كما هو معروف فإن أيون النترات NO_3^- أنيون سالب الشحنة، وعلى ذلك تكون فرصة ادمصاصه على أسطح الغرويات الأرضية قليلة، وذلك للتناظر نتيجة تشابه الشحنة مما يُسهل من غسيله وفقده. لذا يفقد هذا الأيون إلى الطبقات تحت السطحية مع مياه الصرف. وتتوقف كمية النترات المفقودة بالغسيل على كمية المياه وعدد مرات الري - محتوى الأرض من الأكاسيد والغرويات الموجبة الشحنة - قوام الأرض حيث يزداد الفقد بانخفاض كمية الطين في التربة. ويمكن تقليل فقد النترات بالغسيل باتباع المعاملات الزراعية التالية:

University of Diyala- College of Agriculture

- استخدام كميات قليلة من المياه (ترشيد استهلاك مياه الري) .
- استخدام السماد النتراتي بالكمية المناسبة وفي الوقت الملائم .
- تجزئة كمية السماد المستخدمة .
- استخدام السماد النتراتي في تسميد المحاصيل ذات الجذور العميقة .

بعض اسمدة النتروجين المعدنية:

- اليوريا $(NH_2)_2CO$: يحتوى على 46% نيتروجين. وتصنع اليوريا من مفاعلة الامونيا مع ثاني اكسيد الكربون تحت ضغط ودرجة حرارة مناسبة.
- نترات البوتاسيوم KNO_3 : يحتوى على 13.5% نيتروجين و 36.5% بوتاسيوم .
- سماد نترات الأمونيوم NH_4NO_3 : ويحتوى هذا السماد على النيتروجين بنسبة 32-35% وهو شديد التميع مما يجعل من الصعب تداوله ، بالإضافة إلى كونه قابل للانفجار في وجود الحرارة .

خصوبة التربة والاسمدة - الجزء النظري - المحاضرة الرابعة

الفوسفور Phosphorus :

يطلق على الفسفور مفتاح الحياة لاهميته في العديد من الفعاليات الحيوية الجارية داخل النبات، ولا يقل الفوسفور أهمية عن النيتروجين بالنسبة للنبات على الرغم من وجوده في أنسجة النبات بكميات أقل من عنصرى النيتروجين والبوتاسيوم ، حيث يمتص النبات هذا العنصر لسد احتياجاته لمختلف العمليات الحيوية مثل : عمليات التمثيل الضوئى وتكوين النوى وانقسام الخلايا وتكوين البذور وتنظيم العمليات الخلوية ونقل الصفات الوراثية ، كما أن للفوسفور دور أساسى فى تكوين مركبات الطاقة .

الفوسفور فى التربة Phosphorus in Soil :

تختلف الترب فى محتواها من الفوسفور الكلى متأثرة بالعديد من العوامل أهمها: مادة الأصل- الاستغلال الزراعى - المناخ.إلخ. وبصفة عامة يكون محتوى التربة من الفوسفور الكلى (Total phosphorus) فى مدى يتراوح بين 0.2- 0.15%، وهذه الكمية تكون مرتبطة بوجود المادة العضوية حيث يُمثل الفوسفور العضوى من 20-80% من الفوسفور الكلى .

اشكال الفسفور فى التربة:

University of Diyala- College of Agriculture

1- الفوسفور المعدنى Inorganic Phosphorus :

الفوسفور المعدنى فى الأرض الزراعية مصدره الأصى وبشكل كبير يكون ناتج تجوية وتحلل الصخور المحتوية على الفوسفور . وعلى ذلك فإنه يوجد على هيئة مركبات تحتوى على الكالسيوم ، الألومنيوم ، الحديد، الفلوريد أو عناصر أخرى . وتُعتبر جميع مركبات الفوسفور قليلة الذوبان فى الماء مما يؤثر سلبياً على الكمية الميسرة من هذا العنصر للنبات ، حيث تكون هذه الكمية قليلة جداً فى محلول التربة أو قد تكون معدومة ، وتُمثل مجموعة الأباتايت Apatite group المصدر الرئيسى له مثل الهيدروكسى أباتايت ، فلور أباتايت (والتي تُعتبر أكثر الأنواع شيوعاً) ، الكلور أباتايت والكربونات أباتايت.

2- الفوسفور العضوى Organic Phosphorus

يوجد الفوسفور العضوى فى التربة إما فى صورة مركبات فوسفورية عضوية أو مركبات فوسفورية غير عضوية مرتبطاً بمركبات عضوية ، وتُمثل هذه الصورة كما سبق ذكرها من 20 إلى 80% من الفوسفور الكلى بالطبقة السطحية للتربة الزراعية ، ومن هذا المدى نجد أن هناك اختلافاً شاسعاً بين الترب المختلفة فى محتواها من الفوسفور العضوى .

جدول (2-5)
المركبات الفوسفاتية الشائعة الانتشار في الأراضي

الرمز	المركب
$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$	هايدروكسي أباتيت Hydroxy apatite
$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{F})_2$	فلورو أباتيت Flour apatite
CaHPO_4	فوسفات ثنائي الكالسيوم Dicalcium phosphate
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	فوسفات ثلاثي الكالسيوم Tricalcium phosphate
$\text{ALH}_2\text{PO}_4(\text{OH})_2$	الفيرسيت Variscite
$\text{FeH}_2\text{PO}_4(\text{OH})_2$	السترنجيت Strengite

تمتص النباتات الفوسفور بشكل رئيسي في صورة أيونات الفوسفات المعدنية الأحادية والثنائية H_2PO_4^- ، HPO_4^{2-} ، وهذه الأيونات تكون موجودة في محلول التربة وفي أي وقت بتراكيز قليلة جداً، وذلك على الرغم من كبر محتوى التربة من الفوسفور الكلي. وبصفة عامة لا يزيد التركيز عن بضعة أجزاء في المليون، ويعزى هذا التركيز المنخفض إلى سرعة تثبيت الفوسفور بالطرق المختلفة في التربة.

اشكال فسفور التربة من حيث الجاهزية للنبات هي:

1- الفسفور الذائب Soluble Phosphorus:

ويكون جاهز بشكل مباشر للامتصاص من قبل النبات الا ان تركيزه قليل جداً (0.3-3 جزء بالمليون). وفي هذا الجزء يكون الفسفور على هيئة الاورثوفوسفات الاحادية والثنائية (H_2PO_4^- ، HPO_4^{2-}). النبات يمتص H_2PO_4^- بسرعة تقدر بعشرة اضعاف امتصاص HPO_4^{2-} .

2- الفسفور القابل للتجهيز (الفسفور القابل للتغير) Lablie Phosphorus :

وهو الفسفور الممتز على الاسطح المختلفة للتربة ويمكن ان يتحرر الى المحلول وفي هذه الحالة يعتبر من الصيغ الجاهزة للامتصاص بواسطة جذور النباتات.

3- الفسفور بطئ الجاهزية (الفسفور غير القابل للتغير) Slowly Available Phosphorus :

ويكون قليل الذوبانية الى قليل جداً لاسيما عند تحوله الى صخر الابتاتيت.

وبشكل عام الفسفور الجاهز للامتصاص من قبل النبات عبارة عن الفسفور الذائب بالماء (فسفور محلول التربة) والفسفور القابل للتجهيز، والذي يمثل الفسفور المتمز على الاسطح المختلفة في التربة (اسطح معادن الطين والكاربونات والمادة العضوية) او الفسفور المترسب الا انه لا يزال في مراحل وسطية ولم يصل الى المستوى المتقدم من الترسيب.

العوامل المؤثرة في جاهزية الفسفور في التربة:

1- معادن الطين : معادن 1:1 اكثر امتزازاً ومسكاً للفسفور من معادن 1:2 هذا من حيث النوعية اما من حيث الكمية زيادة كمية المعدن الطيني تزيد من الامتزاز.

2- زمن التفاعل : يتحول الفسفور مع الزمن الى الاشكال الاقل ذوباناً نتيجةً للامتزاز والترسيب.

3- المادة العضوية للتربة : تعمل على تقليل امتزاز الفسفور من خلال 1- الاحماض العضوية تنافس الفسفور على مواقع الامتزاز وتقلل من امتزازه. 2- تذيب الاحماض العضوية الفسفور المترسب 3- تخفض درجة تفاعل التربة pH وتزيد الجاهزية.

4- درجة تفاعل التربة pH : افضل ذوبانية وجاهزية للفسفور تكون عند المدى 6.0-6.8 .

5- درجة الحرارة: كما هو معروف بأن سرعة التفاعلات الكيميائية تزيد بزيادة درجة الحرارة ، وبالتالي وجد في اراضى المناطق الحارة يكون تثبيت الفوسفور أكبر مما هو عليه في اراضى المناطق المعتدلة.

أهم الوظائف الحيوية للفوسفور في النبات ما يلي :

1- يُعتبر مكون أساسي للأحماض النووية RNA, DNA ، البروتينات، ومساعدات الإنزيم AMP, ADP, ATP.

2- يدخل في تركيب العديد من الأحماض الأمينية .

3- ضرورى لانقسام الخلايا ، ونمو الجذور .

4- ضرورى لنمو القمة المريستيمية ، البذور والثمار، وأيضاً لعملية التزهير .

ويوجد الفوسفور في الأنسجة المرستيمية وينتقل بسهولة داخل النبات ، وعلى ذلك فإنه يتحرك من الأنسجة المسنة إلى الأنسجة الحديثة في حالة نقص الفوسفور الميسر بالتربة الزراعية (أى أن هذا العنصر مُتحرك داخل النبات).

أعراض نقص الفوسفور على النبات:

تختلف الأعراض حسب نوع النبات ، ففي النباتات ذات الفلقة الواحدة يؤدي نقص الفوسفور إلى ظهور لون أحمر أو أرجوانى فى مناطق مختلفة من الورقة خلال مراحل النمو المختلفة . أما النباتات ذات الفلقتين فإن العروق الرئيسية للأوراق المسنة تأخذ لوناً أحمر أرجوانى. بينما تبقى الأوراق الحديثة بلون أخضر داكن أو أخضر رمادى ، ويزداد اللون الأرجوانى على عروق الأوراق وخاصةً على الناحية السفلية للأوراق وعلى السيقان . وكما سبق ذكره أن الفوسفور يتحرك بسهولة داخل النبات فإن الأعراض تظهر أولاً على الأوراق المسنة ، وذلك لتحرك الفوسفور من تلك الأوراق إلى الأوراق الحديثة لسد احتياجاتها.

خصوبة التربة والاسمدة - الجزء النظري - المحاضرة الخامسة

البوتاسيوم Potassium

يعتبر البوتاسيوم من العناصر المغذية الكبرى، حيث يمتص بواسطة النباتات بكمية تفوق باقى العناصر فيما عدا النيتروجين. وعلى عكس العناصر الكبرى، فإنه لم يثبت حتى الآن دخول عنصر البوتاسيوم فى بناء المركبات العضوية الضرورية واللازمة لاستمرار وجود النبات. يوجد هذا العنصر بكميات كبيرة فى الأعضاء الحديثة السن النشيطة النمو، وخاصة البراعم والأوراق الصغيرة وقمم الجذور وخصوصاً فى سائل الخلية Cell sap والسايروبلازم، فى حين أنه قليل التركيز فى البذور والأنسجة الناضجة. ينتقل البوتاسيوم بحرية تامة خلال الأنسجة ولذلك يستطيع النبات أن يُعيد استخدامه مرة أخرى بانتقاله من الأنسجة القديمة إلى الأنسجة النامية.

البوتاسيوم فى التربة Potassium in Soil :

يُعتبر البوتاسيوم من أكبر العناصر شيوعاً بالقشرة الأرضية، حيث يُمثل 0.3-2.5% من المكونات المعدنية للقشرة الأرضية . ويوجد البوتاسيوم فى المعادن الأولية Primary minerals والتي تعتبر المصدر الأساسى للبوتاسيوم مثل : الفلدسبارات البوتاسية كالمسكوفاييت والبيوتايت، كذلك يوجد البوتاسيوم فى كثير من المعادن الثانوية (الطين) وعلى هذا تكون التربة الغنية فى الطين ذات محتوى أكبر من البوتاسيوم مقارنة بالتربة الرملية أو العضوية، وبالرغم من وجوده فى التربة الطينية بكمية أكبر إلا أن محلولها الأرضى لا يحتوى على كميات كبيرة منه بسبب إدمصاص هذا الكاتيون على أسطح حبيبات الطين.

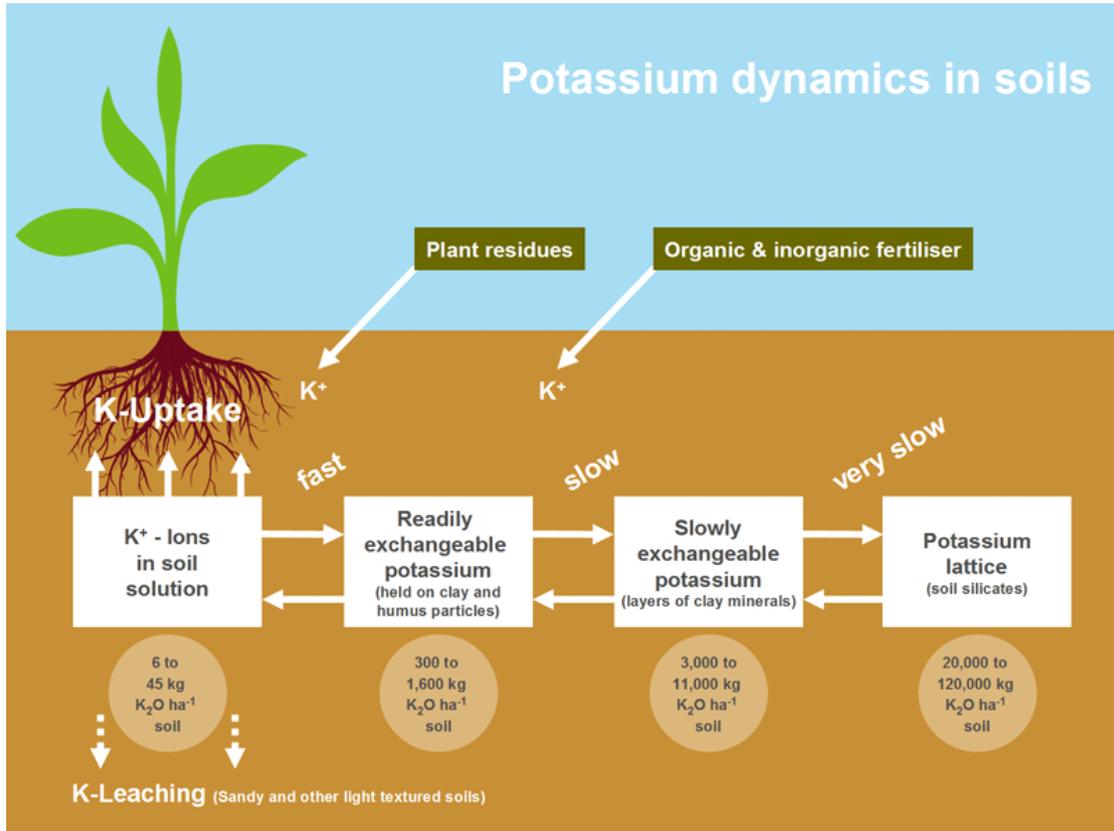
اشكال وصور البوتاسيوم فى التربة:

يوجد البوتاسيوم فى التربة الزراعية بثلاثة اشكال وذلك من حيث الجاهزية للنبات هي:

1-البوتاسيوم غير الجاهز: وهو البوتاسيوم الموجود فى تركيب المعادن الأرضية وتشكل هذه الصورة من 90 إلى 95% من البوتاسيوم الكلى.

2-البوتاسيوم بطيء الجاهزية (المثبت): ويشكل من 1-10% من البوتاسيوم الكلى .

3-البوتاسيوم سريع الجاهزية: ويمثل البوتاسيوم الذائب فى محلول التربة والبوتاسيوم المتبادل وهما الصورتين الجاهزتين للنبات بشكل ميسر ويشكلان 1-2% من البوتاسيوم الكلى فى التربة.



University of Diyala- College of Agriculture
 شكل يبين ديناميكية واشكال البوتاسيوم في التربة

العوامل المؤثرة في جاهزية البوتاسيوم في التربة:

- 1- نوع المعدن الطيني: تزداد جاهزية البوتاسيوم مع زيادة نسبة المعادن من نوع 1:2 كون هذه المعادن اكثر تخصصاً في مسك البوتاسيوم وذلك لسعتها التبادلية العالية (CEC) ومن ثم اعلى بوتاسيوم متبادل وجاهز من معادن 1:1.
- 2- السعة التبادلية الكتيونية (CEC): كلما زادت السعة التبادلية الكتيونية للتربة زادت قابليتها على مسك وتبادل الايونات وبالتالي فان الترب ناعمة النسجة ذات قابلية اكبر على امتزاز البوتاسيوم من الترب الخشنة النسجة، لكبر سعتها التبادلية ومن ثم زيادة الجاهز من البوتاسيوم.
- 3- رطوبة التربة: مهمة في نمو الجذور وحركة البوتاسيوم من التربة باتجاه الجذور كما تعمل على تمدد معادن الطين 1:2 وتحرر البوتاسيوم المثبت فيها الى النبات ومن ثم تؤثر في زيادة جاهزية البوتاسيوم وامتصاصه.
- 4- ايون الامونيوم NH_4^+ : للتنافس الحاصل بين الامونيوم والبوتاسيوم على مواقع التثبيت في الفجوة السداسية لمعادن الطين 1:2 لتقارب انصاف الاقطار بينهم.

5- نوع النبات :طبيعة النبات ونوع الجذور مهمة في موضوع جاهزية وإمتصاص البوتاسيوم اذ ان النباتات احادية الفلقة لها القابلية على امتصاص البوتاسيوم بشكل أكفاً من النباتات الثنائية عند المستوى نفسه من بوتاسيوم التربة وهذا له علاقة بالسعة التبادلية لجذور المحاصيل Root CEC .

دور البوتاسيوم في النبات:

معظم النباتات تمتص كميات من البوتاسيوم أكثر من حاجتها الفعلية للنمو وإعطاء محصول جيد . ويسمى الامتصاص الزائد للبوتاسيوم باسم الاستهلاك الترفى Luxury Consumption ولا يدخل البوتاسيوم في التركيب الكيميائي للنبات كالعناصر الأخرى ، فهو يتواجد بشكل ايون K^+ ، إلا إنه يقوم بادوار تنظيمية مهمة واساسية في النبات منها:

- 1- يلعب البوتاسيوم دوراً هاماً في انتقال السكريات والبروتين في النبات ، وبالتالي فإنه يؤثر على اختزان المواد الكربوهيدراتية في أعضاء التخزين.
- 2- يحفر البوتاسيوم اكثر من 80 انزيما داخل النبات منها الانزيمات المسؤولة عن بناء البروتين في النبات.
- 3.ينظم عملية فتح وغلق الثغور وامتصاص الماء في النبات .
4. كما أن له أهمية كبيرة في عملية انقسام الخلايا ، وتنظيم نفاذية الأغشية في النبات.
- 5- ينظم البوتاسيوم سمك الجدران الخلوية ، وبالتالي يؤثر على صفات النبات المرتبطة بذلك كالرقاد، وعند نقص البوتاسيوم تكون الأنسجة الوعائية ضعيفة.

أعراض نقص البوتاسيوم على النبات:

عند نقص البوتاسيوم في التربة ينتقل العنصر من الأوراق المسنة إلى الأوراق الحديثة وعليه تظهر أعراض نقصه في الأوراق المسنة أولاً ، فتظهر أعراض النقص في البداية في صورة اصفرار خفيف على حواف الأوراق ، يتبعه تقدم الاصفرار على امتداد العروق ، ويتغير لون الحواف إلى اللون البنى الداكن ، وتسمى هذه الحالة باسم انسحاق أو احتراق الاوراق scorching وقد تأخذ حواف الأوراق لوناً برونزياً وتجف ، وتظهر بقع بنية متناثرة على حواف الورقة ، وفى الخيار تصبح حواف الأوراق المسنة صفراء ، ولكن تبقى العروق الوسطى والعروق الأخرى بالورقة خضراء اللون ، وفى الطماطم والبطاطا تصبح الأوراق خشنة الملمس ومجعدة وتلتف حوافها لأسفل ، وتصفّر ، وفى النهاية تتحول إلى اللون البنى ، وفى نباتات الفلقة الواحدة يبدأ الاصفرار من قمة الأوراق ، ويمتد لأسفل نحو الحواف ، ويظل مركز الأوراق أخضر اللون .

خصوبة التربة والاسمدة - الجزء النظري - المحاضرة السادسة

العناصر الثانوية: Nutrients Secondary

وتشمل المغنسيوم والكالسيوم والكبريت وهي مهمة لنمو النبات ويحتاجها النبات بكميات اقل من العناصر الاساسية NPK ولكن بكميات اكثر من العناصر الصغرى.

الكالسيوم: Ca^{+2}

يأتي كالسيوم التربة من تجوية عدد من الصخور والمعادن الشائعة لدرجة أن معظم الترب تحتوي كالسيوم كافي لإمداد احتياجات النبات. والكالسيوم لا يثبت في التربة، ولا يمسك في المادة العضوية ويشغل معظم مواقع التبادل على سطوح معقدات التبادل في التربة. وتخزين الكالسيوم في التربة يعتمد على السعة التبادلية الكاتيونية للتربة.

ونقص الكالسيوم نادراً ما يحدث ، ولكن عندما يحدث فيحدث في الأراضي الرملية أو الحامضية .

نقص الكالسيوم في النبات:

بشكل عام نقص الكالسيوم نادر في الترب الزراعية إلا ان المشكلة في انتقال الكالسيوم من التربة الى الاجزاء العليا وبين اجزاء النباتات المختلفة وذلك لأنه عنصر بطئ الحركة او معدوم الحركة داخل النباتات ولذا تظهر اعراض نقص الكالسيوم على قمم النبات والاجزاء العليا له والثمار وبسبب أن الكالسيوم مطلوب لبناء خلايا جديدة، فمعظم علامات النقص تشكل مشكلة بالنسبة للقمم النامية Shoot tips . فالقمم النامية قد تصبح رخوة مثل الجيلي بسبب ضعف الجدر الخلوية . كما ويسبب نقص الكالسيوم امراض عديدة في النبات منها تعفن الطرف الزهري في الطماطم والذي يحدث عند جفاف التربة وانخفاض حركة الكالسيوم الى جذور الطماطم .

سلوك الكالسيوم المضاف الى التربة :

الكالسيوم المضاف الى محلول التربة يسلك المسالك الآتية:

- 1-يمتص بوساطة جذور النبات والاحياء الموجودة في التربة .
- 2-يمتز على اسطح التبادل للتربة.
- 3-يعاد ترسيبه كمركبات كالسيوم ثانوية.
- 4-يغسل مع ماء الري.

اشكال الكالسيوم في التربة :

1-الكالسيوم الذائب في محلول التربة : ويكون بصورة جاهزة للامتصاص من قبل النبات.

2-الكالسيوم المتبادل : ويكون ممتز على اسطح غرويات التربة المختلفة ويكون قابل للتجهيز ويعد مخزناً للكالسيوم في التربة .

3-الكالسيوم قليل الجاهزية : ويكون غير جاهز في الغالب وهو الكالسيوم الموجود في المعادن الاولية للتربة ككاربونات الكالسيوم والتي تتواجد بنسب عالية في الترب العراقية .

دور الكالسيوم في النبات:

1-يرفع الكالسيوم من كفاءة النبات في الاستفادة من البوتاسيوم الممتص.

2-يعمل على زيادة سمك الجدار الخلوي بتكوينه بكتات الكالسيوم التي تدخل في تكوين الصفيحة الوسطى ومن ثم تقليل اصابة النبات بالمسببات المرضية والافات.

3-يساهم مع البوتاسيوم في رفع الجهد الازموزي داخل النبات.

4-يساهم في عملية نقل الكاربوهيدرات من الورقة الى مواقع الخزن كالدرنات والجذور والسيقان.

5-يسهم الكالسيوم في عملية اختزال النترات في النبات.

المغنيسيوم : Mg^{+2}

يأتي المغنيسيوم في التربة من تجوية المعادن المحتويه على المغنيسيوم في صورة كاتيون . ويمسك المغنيسيوم على الطين بقوة أقل من القوة التي يمسك بها الكالسيوم ، ولذلك يكون أكثر قابلية للغسيل . وعلى ذلك فالأراضي المنخفضة في محتواها من المغنيسيوم تكون أكثر شيوعاً عن الأراضي المنخفضة في الكالسيوم . ويلاحظ أن الأراضي الخشنة القوام المغسولة تحتاج الى التسميد بالمغنيسيوم . والأراضي ذات المحتوى العالي من البوتاسيوم قد تسبب نقص المغنيسيوم في النباتات النامية بهذه الأراضي . اشكال المغنيسيوم ومصيره في التربة يماثل اويشابه الى حد كبير

الكالسيوم الا انه اقل حجماً من الكالسيوم وبذلك تكون حركته في التربة اسرع نسبياً من الكالسيوم.

يوجد المغنسيوم في التربة ويمتص بواسطة النبات في صورة ايونات المغنسيوم Mg^{+2} يدخل في تركيب الكلوروفيل ويؤثر في عملية التمثيل الضوئي وتكوين البذور. اعراض نقص المغنسيوم تتمثل في الاوراق الكبيرة كاصفرار في الاوراق مع عدم تغيير لون الاوعية. كما ان النقص الحاد في بعض المحاصيل يؤدي الي تغيير لون الورقة الي اللون البنفسجي المحمر.

الكبريت Sulphur

معظم كبريت التربة يأتي من تجوية معادن الكبريتات مثل الجبس gypsum . وأيون الكبريتات SO_4^{-2} هي الصورة المستعملة بالنبات . وتحتوي المادة العضوية حوالي من 70 الى 90 % من كبريتات التربة ، وحيث أنها قابلة للغسيل ، فالطبقات السطحية من التربة غالباً تكون منخفضة المحتوى من الكبريت . توجد مركبات الكبريت بشكلين عضوي وغير عضوي.العضوي بشكل أحماض امينية أو كبريتات فينولية ودهون وغير العضوي بشكل كبريتات الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والكبريت العنصري ويوجد بشكل ترسبات في باطن الارض.

اشكال الكبريت والجاهزية:

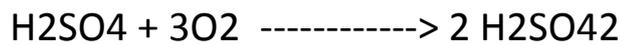
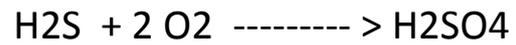
1-مركبات الكبريت الذائب بالماء . وهي الكبريتات الموجودة في محلول التربة وهو الاكثر تيسراً للإمتصاص بواسطة جذور النبات.

2-الكبريتات الممتزة على الاسطح الموجبة..

3-الكبريت الموجود في الجزء الصلب من التربة ويشكل جزءاً من معادن التربة.

اكسدة الكبريت واهميتها:

النباتات تمتص الكبريت على هيئة كبريتات (SO_4^{-2}) ولذا عملية الاكسدة مهمة وتتم كما يأتي:



وهذه العملية كيموحيوية لأنها تتم بواسطة احياء هوائية اجبارية (Thiobacillus) ذاتية التغذية وهي عملية مولدة للحموضة.....

University of Diyala- College of Agriculture