محاضرات تغذية النبات (الجزء النظري)

المحاضرة الأولى

أهمية العناصر الغذائية للنبات

يختص علم تغذية النبات plant nutrition بدراسة كافة العمليات التي لها علاقة بكيفية حصول النبات على احتياجاته من العناصر الغذائية المختلفة وكيفية امتصاصها وتتبع دخولها من بيئة النبات (محلول التربة والجو) الى داخل السايتوبلازم والفجوة العصارية في الخلية النباتية ودراسة الآراء والفرضيات والنظريات المتعلقة بامتصاصها والعوامل التي تؤثر على جاهزيتها في التربة وامتصاصها بواسطة جذور النبات وتشخيص أعراض نقصها وسميتها وكيفية علاجها وكذلك دراسة العناصر الأثرية trace element أو النادرة كما يهتم هذا العلم بدراسة الوظائف الفسلجية المختلفة للعناصر الغذائية وتوضيح دورها في حياة النبات.

يهدف علم تغذية النبات الى دراسة وتحسين طرق صناعة الأسمدة ودراسة اقتصاديات استعمالها وطريقة خزنها وموعد وكيفية اضافتها لذا فان العلاقة بين علم تغذية النبات والعلوم الأخرى كعلوم التربة والكيمياء الحيوية وفسلجة النبات هي علاقة وطيدة وارتباط وثيق. تعد أهمية تغذية النبات فريدة من نوعها لأنها ضرورية في ديمومة الحياة على سطح الأرض لذا فان هذا العلم مهم لحياة الانسان لأن كل الأشياء مكونة من ذرات العناصر الغذائية والتي مصدرها من المعادن والصخور والمحيطات والهواء الجوي، فالصخور والمعادن بعد تجويتها تتحول الى تربة أما المحيطات والبحار فتتكون منها البحيرات والأنهار والجداول وبالتالي تتحول هذه العناصر الغذائية الى نباتات كبيرة وصغيرة كالرز وأشجار الخشب الأحمر العملاقة التي قد يصل ارتفاعها الى أكثر من 100 متر وبعدها فان الانسان والحيوان سيتغذيان على هذه النباتات.

تعد النباتات الخضراء على اليابسة والطحالب والنباتات في المحيطات والبحار والبحيرات والأنهار هي أهم الكائنات في عالمنا الحي لقيامها بعملية التمثيل الضوئي اذ تحول الطاقة الشمسية الى طاقة كيميائية تستغلها هذه الكائنات لتأدية وظائفها الحيوية المختلفة، يكون الماء حوالي 85% من وزن النبات و15% يتكون من المادة الجافة التي تتألف من السليلوز والهيميسيليلوز واللكنين والبكتين والسايتوبلازم الذي يتكون أصلاً من البروتينات والأحماض النووية والدهون والانزيمات والفيتامينات، ان المادة الجافة للنبات تتكون من قسمين هما: الجزء المعدني والجزء العضوي.

تقسيم العناصر الغذائية:

العناصر الغذائية Nutrients هي العناصر التي تمتص من قبل النباتات أو الكائنات الحية وتكون أساسية لنموها وتشمل 17 عنصراً تقسم العناصر الغذائية الى ما يأتي:

١- العناصر الغذائية الكبرى Macronutrients

وهي العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات بكميات كبيرة ويقدر محتوى مادة النبات الجافة منها بحدود 0.1-6% أي بحدود 1 الى 60 ملغم/غم وتشمل عناصر الكاربون C والهيدروجين H والأوكسجين O والنتروجين N والفسفور P والبوتاسيوم K والكالسيوم Ca والمغنيسيوم Mg والكبريت S.

٢- العناصر الغذائية الصغرى Micronutrients

وهي العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات بكميات قليلة ويقدر تركيزها في مادة النبات الجافة من 1- 200 جزء في المليون وتشمل عناصر الحديد Fe والمنغنيز Mn والزنك Zn والنحاس Cu والبورون B والموليبدينوم Mo والكلوريد Cl والنيكل Ni.

٣- العناصر المفيدة Beneficial elements وهي العناصر التي تكون مفيدة لنبات معين ولكن ليس بالضرورة أن تكون مفيدة لنبات آخر مثل الكوبلت فهو عنصر مفيد للنباتات البقولية لتكوين فيتامين B_{12} لتكوين العقد البكتيرية على جذور النباتات البقولية وكذلك السليكون له تأثير مفيد لنبات الرز الا انه لم تثبت فائدته للنجيليات الأخرى والصوديوم له تأثير نافع لنبات البنجر السكري لأنه يزيد نسبة السكر لهذا النبات.

٤- العناصر النادرة أو الأثرية Trace elements مثل الكروم والفلوريد والبروم واليود والألمنيوم والفناديوم والسيلينيوم والليثيوم والزرنيخ والباريوم والكادميوم والسترونتيوم والزئبق والرصاص والتيتانيوم وهذه العناصر قد يكون لها تأثير مفيد لبعض أنواع النباتات اذا وجدت بتراكيز منخفضة في التربة أو في النبات أو في الهواء الجوي الا ان الصفة السائدة لهذه العناصر هو التأثير السمي حتى لو وجدت بتراكيز منخفضة في النبات وهي سامة أيضاً للحيوانات والانسان اذا تغذى على هذه النباتات.

المحاضرة الثانية

النبات وعلاقته بوسط النمو

ان وسط نمو النبات هو البيئة أو المكان الذي يعيش فيه النبات ويحصل منه على مواده الأولية البسيطة من ماء وهواء وعناصر معدنية ضرورية لنموه. وتعد التربة أهم الأوساط الذي تعيش فيه النباتات وتعتبر المصدر الرئيسي لموادها الأولية. ان التربة وسط غير متجانس معقد التركيب تختلف في صفاتها الكيميائية والفيزيائية والحيوية من مكان الى آخر بل من شبر الى آخر، والى جانب التربة يعد الماء والغلاف الجوي مصدران آخران لتغذية النبات لأن عملية البناء الضوئي للنباتات تعتمد على غاز ثاني أوكسيد الكاربون (CO_2) وكذلك تحتاج النباتات لغاز الأوكسجين (O_2) لعملية التنفس كما ان غاز ثاني أوكسيد الكبريت (SO_2) الموجود في الغلاف الجوي يعد مصدراً لتغذية النبات.

تعد التربة المصدر المباشر للمواد المعدنية للنباتات التي تعيش على اليابسة فأغلب المغذيات تؤخذ بصورة مباشرة من التربة كما ان مصدر H و O هو الماء ومصدر N و C هو الغلاف الجوي حيث ان أحياء التربة لها القدرة على تثبيت النتروجين الجوي وتحويله الى صورة جاهزة للنباتات الراقية. يتكون وسط التربة من ثلاثة أطوار هي الطور الصلب ويشمل الجزء المعدني والجزء العضوي والطور السائل ويشمل محلول التربة المتكون من الماء والأملاح الذائبة فيه أما الطور الغازي فهو هواء التربة والذي يشغل المسافات البينية بين حبيبات التربة. يعتبر محلول التربة أهم مصدر للمغذيات التي تمتص بواسطة جذور النباتات ويكون في حالة اتزان مع الجزء الصلب الذي تتحرر منه العناصر الغذائية ليعيد التوازن الى ما كان عليه قبل سحب الجذور لأيونات هذه العناصر. ان تحرر العناصر الغذائية من الجزء الصلب للتربة يحدث بعدة طرائق كذوبان المعادن نفسها أو معدنة العناصر العضوية بعد تحللها بواسطة الأحياء المجهرية.

تمتلك سطوح معادن الطين والمادة العضوية شحنة سالبة فتنجذب اليها الأيونات الموجبة الشحنة كالهيدروجين والألمنيوم والبوتاسيوم والأمونيوم والكالسيوم المغنيسيوم والصوديوم وهذا ما يسمى بعملية التبادل الأيوني Exchangeable processes، ان الكميات المتبادلة تختلف بطبيعة الحال باختلاف الترب والعوامل البيئية والعوامل المناخية السائدة في المنطقة كما تتوقف على درجة تفاعل التربة وشحنة الكتيون وتركيزه ونصف قطره المائي، كما تتوقف على نوع النبات النامي وعمره فالنباتات البقولية تمتلك سعة تبادل كتيوني أعلى من النباتات النجيلية وتكون السعة التبادلية أعلى في النباتات الحديثة العمر من النباتات المتقدمة في السن.

العوامل المؤثرة على جاهزية العناصر الغذائية

أ- **درجة تفاعل التربة (pH):** تعد من أهم العوامل التي تؤثر في جاهزية العناصر الغذائية في التربة فعنصر الفسفور يترسب في الترب الحامضية عل هيئة فوسفات الحديد والألمنيوم لأن زيادة أيونات الهيدروجين تؤدي الى زيادة التحلل المعدني للطين وتحرر الألمنيوم والحديد والتي ترتبط مع الفوسفات مكونة مركبات قليلة الذوبان وغير جاهزة وبالتالي يصعب على النبات امتصاصها والاستفادة منها، أما تحت الظروف القاعدية وخاصة الترب المحتوية على كميات عالية من كاربونات الكالسيوم مما يؤدي الى رفع pH التربة فتترسب الفوسفات على هيئة فوسفات الكالسيوم وهي صورة غير جاهزة للامتصاص من قبل النبات. أما العناصر الصغرى فان جاهزيتها تزداد بانخفاض pH التربة في حين أن عنصر الموليبدينم تزداد جاهزيته بزيادة pH التربة، وبشكل عام فان العناصر الغذائية تكون أكثر جاهزية حول نقطة التعادل (6.5-7.5).

ب-**المادة العضوية Organic matter:** تؤثر المادة العضوية تأثيراً مباشراً على pH التربة حيث ينتج عن تحللها أحماضاً عضوية تعمل على خفض pH التربة اضافة الى أن المادة العضوية تحسن خواص التربة الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية كما أنها مصدر جيد للعديد من العناصر الغذائية كالنتروجين والفسفور والكبريت. تميل المادة العضوية الى تكوين مركبات مخلبية (Chelate compounds) مع كاتيونات العناصر فتمسكها بقوة وتمنعها من عمليات الترسيب لأن المركبات المخلبية تمسك العنصر وتغلفه من أكثر من جهة ومن أمثلته الحديد المخلبي وكذلك تتحد المركبات المخلبية مع الكالسيوم والألمنيوم فتزداد جاهزية الفسفور في التربة، تحسن المادة العضوية من بناء التربة وتزيد من نشاط الأحياء المجهرية وترفع كفاءة الترب الرملية للاحتفاظ بالماء وتخلص الترب الطينية من الماء الزائد.

ج_ **كاربونات الكالسيوم $CaCO_3$:** ان لمحتوى كاربونات الكالسيوم تأثير مباشر على درجة تفاعل التربة وكما سبق فان زيادة تركيز كاربونات الكالسيوم يؤدي الى ترسيب الفسفور على صورة فوسفات الكالسيوم لذا فهو يقلل جاهزية عنصر الفسفور وان ميل الكالسيوم لتكوين مركبات مخلبية مع المادة العضوية قد يكون سبباً لنقص عنصر الحديد اذ يحل الكالسيوم محل الحديد في المركبات المخلبية الحاوية على الحديد فيخرج الحديد الى محلول التربة ويتحول الى معقد هيدروكسيد الحديديك الغير الصالح لتغذية النبات مما يؤدي الى ظهور الشحوب أو الاصفرار على أوراق النبات، الا ان للكالسيوم تأثيراً مفيداً لبناء التربة عند اشتراكه مع المادة العضوية في تكوين البناء الحبيبي للتربة.

د_ الأحياء المجهرية للتربة Microorganisms: توجد أحياء متعددة في التربة تؤثر على جاهزية العناصر الغذائية فيها فهي المسؤولة عن عملية النترجة وعكس النترجة وهي المسؤولة عن عملية تثبيت النتروجين الجوي، كما ثبت ان هنالك فطريات المايكورايزا تؤدي الى زيادة امتصاص الفسفور عن طريق الهايفات واعطائه للنبات العائل ويرجع اليها الفضل في تهدم وانحلال المادة العضوية بعملية المعدنة وتحرير العناصر الغذائية الجاهزة للامتصاص الى محلول التربة، كما أن بكتريا الكبريت تعمل على أكسدة الكبريت المعدني الى صورة الكبريتات التي يمتصها النبات على هذه الصورة، كما أن أكسدة المنغنيز الثنائي التكافؤ الى المنغنيز الرباعي أو السداسي يتم عن طريق هذه الأحياء، كما ان الأحياء المجهرية تمتص جزءاً من الأيونات من محلول التربة وعندما تموت هذه الأحياء تعود هذه الأيونات الى التربة، كما ان نشاط الأحياء المجهرية أثناء تحليلها للمادة العضوية يؤدي الى افراز الأحماض العضوية كحامض الهيومك وحامض الفولفك والهيومين وهذه الأحماض لها دور في خفض درجة تفاعل التربة نسبياً وبالتالي زيادة جاهزية العناصر الغذائية.

هـ_ نوع معادن الطين Clay minerals: يوجد نوعان من معادن الطين هما معادن الطين 1:1 ومعادن الطين 2:1 ، والفرق بينهما أن معادن الطين 1:1 تتكون من طبقة من التترا هيدرا سليكا وطبقة من الألومينا أوكتا هيدرا أما معادن الطين 2:1 فتتكون من طبقتين من السليكا تترا هيدرا بينهما طبقة من الألومينا أوكتا هيدرا، فمعادن الطين 1:1 مثل الكاؤلينايت غير قابلة للتمدد بالرطوبة أو التقلص بالجفاف ولذلك لا يمكنها تثبيت أيوني الأمونيوم والبوتاسيوم بين طبقاتها غير انها تمتلك ثمان مجموعات من أيونات الهيدروكسيل فتكون قدرتها أعلى على مسك أيونات الفوسفات مما يقلل من جاهزية الفسفور في مثل هذه الترب، بينما معادن الطين 2:1 مثل المونتمورلينايت فلها القابلية على التمدد بالرطوبة والتقلص بالجفاف ولذلك يزداد تثبيت البوتاسيوم والأمونيوم بين وحداتها في حالة الجفاف وعند ترطيبها بعملية الري تتمدد الطبقات ويخرجان الى محلول التربة وتصبح مصدراً جيداً لتغذية النبات وتحتوي هذه المعادن على أربع مجاميع من أيونات الهيدروكسيل فتقل قدرتها على مسك أيونات الفوسفات.

المحاضرة الثالثة

محتوى النبات من العناصر الغذائية

تحسب نتائج التحاليل الكيميائية للمادة النباتية على أساس الوزن الجاف بالنسبة للعناصر الغذائية وتتكون المادة الجافة من قسمين هما التركيب المعدني والتركيب العضوي، تشكل المادة الجافة حوالي 15% من الوزن الطري للنبات وان 90% من هذه النسبة تتمثل بعناصر الكاربون والأوكسجين والهيدروجين وان الـ 10% من أصل نسبة 15%تتمثل بباقي العناصر الغذائية الكبرى والصغرى وبعض العناصر النادرة أو المفيدة.

أما المادة العضوية فتكون الجزء الأكبر من مادة النبات الجافة وتصل نسبتها الى 90% وتتركب المادة العضوية أساساً من عناصر الكاربون والأوكسجين والهيدروجين كما يدخل في تركيبها أيضاً عناصر النتروجين والفسفور والكبريت وبعض العناصر التي تميل الى تكوين مركبات مخلبية مع المادة العضوية مثل الحديد في تكوين الهيم (Heam) والمغنيسيوم في تكوين جزيئة الكلوروفيل والكوبلت في تكوين فيتامين B_{12} المهم في تكوين العقد الجذرية في النباتات البقولية ويمكن تقسيم المواد العضوية الى:

١- مواد لا يدخل النتروجين في تركيبها ومنها الكاربوهيدرات (مثل السكريات والسليلوز والهيميسيليلوز والنشأ) والأحماض العضوية (مثل أحماض الماليك واللاكتيك والستريك) والزيوت والدهون.

٢- مواد يدخل النتروجين في تركيبها ومنها الأحماض الأمينية والكلوروفيل والأمينات والأمايدات والقواعد النتروجينية والقلويدات العضوية مثل النيكوتين والمورفين والكافيين. ومواد أخرى مثل الانزيمات ومرافقات الانزيمات والأحماض النووية والفيتامينات والهرمونات النباتية.

بالرغم من ان المعادن لا تشكل الا 1.5% من مادة النبات الطرية الا انها على درجة كبيرة من الأهمية حيث تمكن النباتات الخضراء من القيام بعملية البناء الضوئي وبناء مادتها العضوية كما ان النبات يحتوي آلاف الانزيمات التي تعمل في آن واحد وهي غير فعالة في حالة غياب العناصر المعدنية وخاصة العناصر الغذائية الصغرى.

العامل الوراثي

ان محتوى البقوليات من عناصر النتروجين والفسفور والكالسيوم أعلى من النجيليات وان أشجار الحمضيات محتواها من الكالسيوم عال جداً يصل أحياناً الى 6% دون أن يكون له تأثير سمي كما ان ثمرة التفاح قد يصل

تركيز الكالسيوم فيها الى 3% والا تسبب نقصه بمرض النقرة المرة Bitter pit، أما نبات زهرة الشمس فان احتياجاته عالية من عنصري الكالسيوم والبورون وقد يصل تركيز البورون فيه الى أكثر من 10 جزء في المليون في المحلول المغذي دون أن يسبب سمية له في حين ان تركيز 2 جزء في المليون قد يسبب سمية للمحاصيل النجيلية، كما ان محاصيل البطاطا والبنجر السكري وقصب السكر ذات محتوى عال من عنصر البوتاسيوم لأهميته في عملية تكوين ونقل الكاربوهيدرات من أماكن تكوينها الى أماكن تخزينها أما السبانغ فانه غني بعنصر الحديد، كما ان نباتات اللهانة والقرنبيط والشلغم والخردل والكلم والبصل والثوم والفجل تحتوي على نسبة عالية من الكبريت.

عمر النبات

ان محتوى النبات من العناصر الغذائية يتأثر بدرجة كبيرة بعمر النبات اذ اثبتت الدراسات ان النباتات الحديثة النمو وكذلك الأجزاء الحديثة النمو تحتوي على كميات عالية من النتروجين والفسفور والبوتاسيوم بينما تكون النباتات المتقدمة النمو والأجزاء الناضجة محتواها من الكالسيوم والحديد والمنغنيز والبورون عالياً. ان زيادة تركيز عناصر N,P,K في الأسابيع الأولى من عمر النبات يمكن تفسيرها بزيادة معدل الامتصاص قياساً بمعدل النمو ولكن بعد تقدم عمر النبات خاصة بعد عملية التفرع والازهار يحدث نمو كبير للنبات مما يجعل زيادة معدل النمو أعلى بكثير من معدل امتصاص هذه العناصر ولذلك يقل تركيزها بزيادة حجم النبات بعملية تسمى بتخفيف التركيز الا ان كمية العنصر الكلية للنبات كامل النضج هي بلا شك أعلى بكثير من عند مقارنتها بنبات حيث العمر، وان محتوى المادة النباتية من الماء يكون أكثر في أجزاء النبات الحديثة من الأجزاء القديمة.

جاهزية العناصر الغذائية

يزداد تركيز العناصر الغذائية في النبات كلما كانت الكمية الجاهزة للامتصاص عالية في وسط النمو ويقصد بالجاهزية available أن تكون أيونات العناصر الغذائية في حالة ذائبة في محلول التربة وبالصورة القابلة للامتصاص بواسطة جذور النباتات.

المحاضرة الرابعة

التغذية المعدنية ونمو النبات

ان التغذية المعدنية الصحيحة والمتوازنة تلعب دوراً مهماً الى جانب عوامل النمو الأخرى في نمو النبات الذي يمكن تعريفه بأنه التحول التدريجي الذي يحصل للنبات من بدء دورة حياته والتي تبدأ بالإنبات وحتى مرحلة النضج الكامل والذي يكون مصحوباً بزيادة الوزن الجاف للنبات أو بزيادة حجمه أو طوله أو قطره.

عملية الانبات تحتاج الى درجة حرارة ورطوبة مثلى، تبدأ بامتصاص البذور للماء وبذلك تنتفخ نتيجة تشربها بالماء مما يهيئ الظروف الملائمة لعملية التنفس وعند امتصاص البذور للأوكسجين فان المخزون من الكاربوهيدرات والدهون وأحياناً البروتينات تتأكسد الى ثاني أوكسيد الكاربون والماء وينتج عن ذلك طاقة متحررة على شكل ATP و$NADPH_2$ الضرورية لعملية النمو. وان عملية النبات تعتمد على الهورمونات كحامض الأبسيسك (ABA) وحامض الجبريلك (GA_3) والأندول اسيتك اسد (IAA) والسايتوكينينات.

ان عضو النبات الأول الذي يتكون بعد عملية الانبات هو الجذير الذي يتطور الى الجذر الذي يقوم بامتصاص الماء والعناصر الغذائية اما الرويشة فتخترق الطبقة السطحية للتربة لتبدأ عملية تكوين الكلوروفيل بمساعدة الضوء وثاني أوكسيد الكاربون، ولكن تبقى البذرة تجهز النبات في مرحلة البادرة بالغذاء الى أن يتمكن النبات من تحويل الغذاء المصنع في الورقة الى باقي أجزاء النبات، اذ ان الورقة الكاملة النضج تصدر ما يقارب 50% من المواد التي تصنعها والباقي تحتاجه لعملياتها الحيوية وخاصة التنفس.

يعبر عن الناتج الكلي من مادة النبات بالحاصل البايولوجي والذي يشمل الجذور والسيقان والأوراق والأزهار والحبوب أو الثمار، أما الحاصل الاقتصادي (التجاري) فانه يشمل أجزاء النبات التي يزرع من أجلها مثل البذور في محاصيل الحبوب أو جوزات القطن المحتوية على الألياف أو سيقان قصب السكر أو درنات البطاطا أو جذور البنجر السكري أو المجموع الخضري لنباتات الخس واللهانة والكرفس والمعدنوس أو البراعم الزهرية كما في القرنابيط أو الأوراق كما في البصل.

امتصاص العناصر الغذائية والنظريات المتعلقة بها

لقد بينت الدراسات في مجال تغذية النبات ان انتقال جزيئات الماء وأيونات العناصر المعدنية من محلول التربة عبر الجدار الخلوي للجذر (البشرة والقشرة) يتم بعملية الانتشار (Diffusion) لا يواجه مقاومة تذكر لأن الجدار الخلوي يحتوي على مسامات تسمح لجزيئات الماء والأيونات بالمرور خلالها بحرية وقد أطلق على هذا الجزء اسم الفراغ الحر (Free space) وهو يمثل 10% من حجم خلايا الجذر اما باقي النسبة 90% فيمثل الجزء الذي تواجه فيه جزيئات الماء والأيونات صعوبة بعملية الانتشار.

ان الفرضيات والنظريات المتعلقة بامتصاص الأيونات المعدنية في الفراغ الحر تسمى بالامتصاص الحر أو السلبي (Passive absorption) أو غير النشط لأنه يتم بدون بذل طاقة من قبل النبات أما ذلك الجزء الذي يواجه صعوبة أثناء مروره فيعرف بالامتصاص النشط أو الفعال أو الحيوي (Active absorption) لأنه يتم ببذل طاقة من قبل النبات الحي. كما أوضحت الدراسات أن جدار الخلية النباتية وكذلك غشاء البلازما يحملان شحنة سالبة كغرويات التربة (الطين والدبال) سببها مجاميع الكاربوكسيل التي تعود الى حامض البكتيك في الجدار الخلوي والى مجاميع الفوسفات التي تعود الى الفوسفوتيدات في الغشاء البلازمي، وعليه فان المجاميع السالبة الشحنة تقوم بجذب الكاتيونات اليها ومنعها من الخروج ثانية الى محلول التربة في حين أنها تتنافر مع الأنيونات (السالبة الشحنة) وتطردها الى خارج الخلية. كما ان دخول الأيونات الى الفراغ الحر يكون غير اختياري عبر عملية الانتشار التي تحدث في الخلايا الحية والميتة على حد سواء وهذا دليل آخر على ان الانتشار خلال الفراغ الحر غير مرتبط ببذل طاقة من قبل النبات.

التغذية المعدنية ونوعية الحاصل

تعتمد محاصيل الحبوب على ثلاثة مكونات رئيسة هي عدد السنابل أو العرانيص وعدد الحبوب فيهما ووزن ألف حبة، أما المحاصيل الجذرية فان مكونات الحاصل هي عدد النباتات في وحدة المساحة وعدد الدرنات للنبات الواحد وحجم الدرنة، أما محاصيل الثمار فان عدد الثمار هو الشيء المهم اضافة الى كمية السكر في بعض الثمار التي تحسن نوعيتها.

النظريات المتعلقة بالامتصاص السلبي

١- نظرية الانتشار Diffusion theory

هي عملية انتقال الأيونات من التركيز العالي الى التركيز الواطئ الى ان يتساوى تركيز الأيونات في محلول التربة وفي الفراغ الحر.

٢- الامتصاص التبادلي Exchangeable absorption

ان الكاتيونات الملتصقة بسطح الجدار الخلوي قابلة للتبادل مع الكاتيونات الموجودة في محلول التربة ولهذا فان لجذور النباتات سعة تبادل كاتيوني خاصة بها ولهذا فهي عالية في النباتات البقولية ومنخفضة في النباتات النجيلية، وتختلف في النبات الواحد حسب عمره فهي عالية في النباتات الحديثة العمر وواطئة في النباتات المتقدمة العمر.

٣- التبادل بالتماس Contact exchange

ويكون بحصول تبادل بين الكاتيونات المتواجدة على سطح الجذر والكاتيونات المتواجدة على سطح غرويات التربة دون أن يكون للماء أي دور، كما يبينه الشكل الآتي:

٤-التدفق الكتلي Mass flow

يعتقد بعض الباحثين أن الأيونات يمكن أن تتحرك خلال الجذور مع حركة تدفق الماء وطبقاً لذلك فان زيادة النتح تتسبب في امتصاص الايونات وهنالك اشارات واضحة على ان امتصاص الكالسيوم يكون عن طريق التدفق الكتلي مع تيار النتح وان أية اعاقة لعملية النتح كزيادة الرطوبة النسبية للهواء يسبب ظهور أعراض نقص الكالسيوم على النبات بالرغم من وجوده بكميات كافية وجاهزة للامتصاص.

النظريات المتعلقة بالامتصاص النشط

١- نظرية الحامل أو الناقل Carrier theory

بصورة عامة يمكن القول أن الأغشية الحيوية تحتوي جزيئات خاصة تكون قادرة على نقل الأيونات عبر الغشاء الحيوي غير المنفذ أصلاً للأيونات المعدنية وأطلق على هذه الجسيمات بالحوامل (Carriers) ويعتقد بأن هذه الحوامل تمتلك صفة التخصصية (Specificity) للأيونات اذ ينقل كل حامل أيوناً دون آخر أو قد يتخصص الحامل لنقل أيونين معاً. ولكي يتمكن الحامل من الارتباط بالأيون لا بد أن يتنشط من قبل ATP فيتحول الى حامل منشط (Activated carrier) ويطلق على الحامل المنشط المرتبط بالأيون بمعقد الحامل والأيون (Carrier ion complex) وهذا المعقد يكون قابل للانتشار عبر الغشاء الى انزيم Phosphatase الذي يقع عند الحدود الداخلية للغشاء وهذا الانزيم يقوم بفصل مجموعة الفوسفات من معقد الحامل وينفصل الأيون الى السايتوبلازم وعندما يرتبط الأيون بالحامل فان شكل وتركيب الحامل يتغير وعندما يتحرر الأيون الى داخل الغشاء فانه يجدد مرة أخرى ببذل طاقة في صورة ATP لكي يعود الى شكله وتركيبه الأصلي ويرتبط بأيون آخر وهذه العملية تتم بواسطة انزيم Phosphokinase والذي يتواجد أيضاً عند حدود الغشاء الداخلي. والشكل يوضح هذه العملية.

د. حسن هادي مصطفى

٢-الضخ الأيوني بانزيم الـ Ion pump ATPase

ان انزيم الـ ATPase عبارة عن مجموعة من الانزيمات التي لها القدرة على شطر جزيئة الـ ATP الى ADP والفوسفات غير العضوية وبذلك تتحرر الطاقة التي تستغل في عملية النقل الأيوني. ان الغشاء الحيوي الرابط للـ

ATP للبكتريا والفطريات والنباتات الراقية تختلف عن مجموعة الـ ATP الحيوانية. ان هذا الانزيم يقوم بضخ أيون الهيدروجين H^+ الى خارج الخلية وبذلك تصبح الخلية أكثر قاعدية مقارنة بالوسط الخارجي وبهذه الحالة سوف تنجذب الكاتيونات الى داخل الغشاء أي الى السايتوبلازم. أما الأنيون ADP^- يبقى في السايتوبلازم فيتحلل مائياً ويتكون الهيدروكسيل OH^- ويؤدي الى رفع الجهد الكهربائي السالب للخلية بدرجة أعلى من السالبية خارج الخلية (بحدود 60–160 ملي فولت) وبذلك تنجذب الكاتيونات الى داخل الخلية، أما الأنيونات فان مجموعة الهيدروكسيل الناتجة من تحلل الـ ADP^- فتقوم بجلب الحامل الأنيوني (Anion carrier) وبذلك يحفز الامتصاص الأنيوني الاختياري عن طريق تبادلها مع الـ OH^-. والشكل يوضح عمل هذه الميكانيكية.

د. حسن هادي مصطفى

انتقال المغذيات المعدنية بالنسغ الصاعد والنسغ النازل

تنتقل أيونات العناصر المعدنية الى الأعلى في النبات عن طريق عملية النسغ الصاعد في الخشب الذي يحصل بتأثير النتح فتصل الى الأوراق ومن ثم تنتقل الكميات الزائدة منها الى الأسفل عن طريق عملية النسغ

النازل في اللحاء. بعض العناصر كالفسفور يمكن أن تكمل عدة دورات كاملة في النبات في اليوم الواحد، وكذلك الكبريت يكون قابلاً للانتقال في النبات ولكن لا يحصل له دوران في النبات كالفسفور نظراً لاستعماله السريع في تكوين المركبات وكذلك ينتقل الكبريت من الأوراق البالغة الى الأوراق الفتية، أما الكالسيوم فانه ينتقل الى الأعلى بواسطة النسغ الصاعد عن طريق الخشب الى المناطق المختلفة من النبات ولكنه قليل الانتقال في اللحاء ولذلك فان تركيزه يبقى ثابتاً تقريباً في النسيج الذي ينتقل اليه بواسطة النسغ الصاعد. وتؤكد الدراسات أن دوران العناصر المعدنية في النبات يحصل بأربعة اتجاهات: نحو الأعلى ونحو الأسفل وجانبياً والى خارج النسيج.

د. حسن هادي مصطفى

المحاضرة الخامسة

النتروجين Nitrogen N

النتروجين عنصر غازي غير معدني وهو من أهم العناصر الغذائية للنبات بعد الكاربون والهيدروجين والأوكسجين ويكون حوالي 79% من حجم الغلاف الجوي ويوجد في التربة على شكل نترات وأمونيوم وهما الصورتان اللتان يمتصهما النبات بالشكل المعدني ويوجد النتروجين أيضاً بالشكل العضوي وهو غير جاهز للامتصاص الا بعد عملية المعدنة أو التعدين Mineralization التي تعني تحويل النتروجين العضوي الى نتروجين معدني، ان معدنة المركبات النتروجينية العضوية تتم على خطوتين هما:

١- تحلل المادة العضوية الى أحماض أمينية والتي يطلق عليها Aminization .

٢- تحول الأحماض الأمينية الى أمونيا ويطلق على هذه العملية Ammonification .

ويتضح من العمليتين تحرر الطاقة والتي تستهلك من قبل الكائنات الحية المجهرية التي تستخدم الكاربون العضوي مصدراً للطاقة أي ان هذه الأحياء غير ذاتية التغذية Heterotrophic ، تعتمد عملية التعدين على نسبة C/N اذ كلما زادت هذه النسبة كلما كانت المادة العضوية غنية بالنتروجين فتؤدي الى زيادة كميات NH_4^+ و-NO_3 المتحررة. ان الأمونيا الناتجة من عملية Ammonification اما أن تذوب في الماء لتتحول الى هيدروكسيد الأمونيوم أو تتطاير الى الجو ثانية على شكل غاز الأمونيا أو أن يثبت الأمونيوم بين صفائح معادن الطين 2:1 أو أن تتحول الأمونيا الى نتريت NO_2^- بواسطة بكتريا *Nitrosomonas* ومن ثم تحول النتريت الى نترات بواسطة بكتريا *Nitrobacter* ان أكسدة الأمونيا الى نترات يطلق عليها بعملية النترجة Nitrification أن بكتريا النترجة هي بكتريا ذاتية التغذية Autotrophic هوائية وتحصل على الطاقة اللازمة لها من أكسدة الأملاح غير العضوية.

ان عملية النترجة تؤدي الى تحرر أيونات الهيدروجين مما يؤدي الى زيادة حموضة الوسط وقد أشارت الدراسات الى أن كل الأمونيا قد تتحول الى نترات في غضون اسبوعين الا أن مشكلة صورة النترات أنها معرضة لعملية الغسل Leaching بشكل كبير حيث تنزل النترات الى الأعماق بعيداً عن متناول جذور النباتات وخاصة المحاصيل النجيلية ومحاصيل الخضر ذات الجذور السطحية ومن ناحية أخرى قد يفقد النتروجين من النترات على شكل نتروجين جزيئي N_2 الى الهواء الجوي تحت ظروف لاهوائية بعملية تعرف بعكس النترجة Denitrification.

تثبيت النتروجين الجوي حيوياً

تقوم أحياء التربة المجهرية بتثبيت النتروجين الجوي اذ ان 90% من النتروجين المثبت حيوياً يعود الى البكتريا التكافلية والتي تعود الى الجنس *Rhizobium* و10% فقط تساهم بها البكتريا حرة المعيشة والتي منها *Azotobacter* و*Clostridium* ، كما أشارت الدراسات أن 90% من النتروجين المثبت بواسطة الرايزوبيوم والتي تعيش على جذور النباتات البقولية يذهب للنبات البقولي العائل و10% الأخرى يستهلك من قبل الرايزوبيوم نفسها والذي يعود الى التربة بعد موت وتحلل هذه البكتيريا بفعل أحياء مجهرية أخرى ومن هنا يتبين مدى أهمية النباتات البقولية في الدورة الزراعية. أما البكتريا الحرة المعيشة كالآزوتوباكتر والكلوستريديوم فإنها تستغل كل النتروجين المثبت من قبلها ثم تعود الى التربة بعد موتها وتحللها. يثبت النتروجين أيضاً في الشتاء نتيجة البرق اذ تعمل الشرارة الكهربائية في الجو الى أكسدة النتروجين الجوي وتكوين أكاسيد النتروجين مثل NO و N_2O وN_2O_5 والتي تنزل مع ماء المطر مكونة في النهاية أيون النترات الا أن كميتها قليلة.

تثبيت الأمونيوم وغسل النترات

يمدص الأمونيوم على سطوح غرويات التربة بسبب امتلاكه شحنة موجبة كما أنه يمسك بقوة في معادن الطين 2:1 ويتنافس أيونا الأمونيوم والبوتاسيوم على جهة ارتباط واحدة نظراً لتقارب أنصاف أقطارهما (الأمونيوم 1.33 A°) (البوتاسيوم 1.43 A°)، ان عملية مسك أيون الأمونيوم بين طبقات معادن الطين 2:1 تسمى بعملية التثبيت، ونظراً لعمليتي امدصاص وتثبيت الأمونيوم فان حركته أقل بكثير من حركة النترات ذات الشحنة السالبة والتي لا تمسك من قبل غرويات التربة فتغسل الى خارج منطقة المجموع الجذري ولهذا يفضل اضافة الأسمدة الحاوية على الأمونيوم الى حقول الرز من تلك الأسمدة الحاوية على النترات لأن حقول الرز تكون غدقة (ظروف لا هوائية) مما يزيد من عملية عكس النترجة.

اختزال النترات داخل النبات

بعد امتصاص أيون النترات من قبل النبات تختزل الى الأمونيا ثم ترتبط الأمونيا بحامض عضوي كيتوني لتكوين الأحماض الأمينية والتي يتكون منها البروتين أو قد تدخل الأمونيا في تكوين القواعد النتروجينية المهمة في

تكوين النيوكليوتايدات التي تعتبر الحجر الأساس في تكوين الأحماض النووية أو قد تدخل الأمونيا في تكوين المركبات النتروجينية الأخرى كالآمايدات والأمينات وغيرها. ان عملية اختزال النترات الى أمونيا تتم بمساعد انزيم Nitrate reductase .

د. حسن هادي مصطفى

المحاضرة السادسة

الفسفور Phosphprus (P)

يوجد الفسفور في التربة اما بالشكل العضوي أو المعدني ويشكل الفسفور العضوي من 20 الى 80% من الفسفور الكلي، والفسفور المعدني في التربة يمكن تقسيمه الى الأشكال الآتية:

١- الفسفور الذائب: وهو الفسفور الموجود بصورة أيونية حرة في محلول التربة على صورة $H_2PO_4^-$ أو HPO_4^{--} أو PO_4^{---} وهو جاهز للامتصاص من قبل جذور النباتات، الا أن كميته قليلة جداً في محلول التربة تتراوح بين 0.3 الى 3 جزء بالمليون في الترب الزراعية، ان الصورة الأيونية الأحادية التكافؤ $H_2PO_4^-$ تسود في الـ pH الحامضي أما الصورة الأيونية الثنائية التكافؤ HPO_4^{--} فتسود في الـ pH القاعدي أما الصورة الأيونية الثلاثية التكافؤ فتسود في الـ pH شديد القاعدية وعند الـ pH 7 فان الصورتين الأحادية والثنائية التكافؤ تتساويان، كما يبينه الشكل أسفل الصفحة.

٢- الفسفور غير المستقر أو المتغير: وهو الفسفور الممدص على الأسطح الغروية وهو في حالة توازن مع الفسفور الذائب.

٣- الفسفور غير الذائب: ويشمل فوسفات الأباتايت وقسم من مشتقات الألمنيوم والحديد.

العوامل المؤثرة في جاهزية فسفور التربة

١- اضافة المادة العضوية: اذ تميل المادة العضوية الى تكوين مركبات مخلبية مع عناصر الكالسيوم والمغنيسيوم والحديد أو الألمنيوم فتقلل فرصة ارتباط هذه الأيونات مع الفسفور وبالتالي تقليل تكوين الصور المعقدة غير الجاهزة للامتصاص من قبل النبات، وكذلك عند تحلل المادة العضوية تفرز أحماض عضوية تزيد من ذوبان صور الفسفور المعقدة كما ان المادة العضوية هي مصدر للفسفور العضوي.

٢- اضافة الكبريت الزراعي: وخاصة في الترب الكلسية حيث يتأكسد الكبريت بفعل بكتريا الكبريت *Thiobacillus* الى حامض الكبريتيك مما يؤدي الى تقريب درجة تفاعل التربة من التعادل فتزيد جاهزية الفسفور في التربة.

٣- اضافة بعض أنواع الأحياء المجهرية: ومنها بعض الفطريات كالمايكورايزا التي تمتلك خيوط فطرية (*hyphae*) تمتص الفسفور من الأعماق التي لم يصل اليها المجموع الجذري للنبات وتوصلها اليه، وهنالك مجموعة أخرى من الأحياء المجهرية كبكتريا الاشيرشيا والاسبرجيلاس وفطر البنيسيليوم لها القدرة على انتاج أحماض عضوية أو مواد مخلبية أو كليهما تؤدي الى زيادة ذوبان الأسمدة الفوسفاتية، فضلاً عن قيام الأحياء المجهرية بهدم مركبات الفسفور العضوية.

٤- رطوبة التربة: فقد أوضحت الدراسات أن الريات الاضافية تؤدي الى زيادة نمو النبات بسبب زيادة ذوبان المركبات الفوسفاتية.

محتوى الفسفور في النبات

ان التركيز الاعتيادي للفسفور في المادة الجافة يتراوح بين 0.2-0.5 % واذا انخفض عن 0.2% في المادة الجافة وخاصة الخضروات فيحدث نقص الفسفور فيها، وعموماً تحتوي الأعضاء الثمرية على كمية أكبر من الفسفور من أجزاء النبات الأخرى، وان حوالي 80% من الفسفور الموجود في النبات قابل للذوبان في الماء لذا ينصح بعدم التخلص من الماء المستعمل في طهي الخضروات. ان أول مركب يتكون في عملية التمثيل الضوئي هو حامض الكلسرين المفسفر (3-Phosphoglyceric acid) وان أول مركب عضوي للفسفور يتكون في النبات عند عملية هدم النشأ هو الـ Glucose-1-Phosphate.

د. حسن هادي مصطفى

المحاضرة السابعة

البوتاسيوم Potassium (K)

يوجد البوتاسيوم في التربة مرتبطاً بالمعادن الأولية ومعادن الطين الثانوية ولذلك فان الترب الغنية بالطين تكون بطبيعة الحال غنية بعنصر البوتاسيوم. يوجد البوتاسيوم في التربة اما ذائباً في محلول التربة او متبادلاً على سطوح معادن الطين أو مثبتاً في معادن الطين الثانوية من نوع 2 :1 مثل الالايت والمونتمورلينايت أو داخلاً في البناء البلوري. يعد البوتاسيوم اكثر الأيونات الغذائية الكبرى توفراً في التربة ويتواجد بغزارة في مساحات واسعة من سطح الكرة الارضية كأحد مكونات الصخور والمعادن الملحية المختلفة والمعادن الاولية التي تعتبر عموماً كمصدر اصلي للبوتاسيوم كالفلدسبار اذ تتراوح كمية تواجده في التربة بين 3000- 100000 كغم هـ$^{-1}$ في الـ20 سم العليا من التربة الا ان 98% من هذه الكمية مرتبط بالمعادن و2% يوجد بشكل ذائب في محلول التربة ومتبادلاً على اسطح الغرويات.

صور البوتاسيوم في التربة

يوجد البوتاسيوم بثلاثة اشكال في التربة والتي تصنف على اساس جاهزيتها للنبات وكما يأتي:

١ .البوتاسيوم غير الجاهز ويشكل نسبة ٩٠-٩٨ % من البوتاسيوم الكلي .

٢ .البوتاسيوم بطيء الجاهزية ويشكل ١-١٠ % من البوتاسيوم الكلي.

٣ .البوتاسيوم سريع الجاهزية ويشمل البوتاسيوم المتبادل والبوتاسيوم الذائب في محلول التربة ويشكل نسبة ١-٢ % من البوتاسيوم الكلي وهو الجزء المتيسر للنبات .

فالبوتاسيوم الذائب يوجد في محلول التربة والمتبادل على سطوح معادن الطين والمثبت بين الوحدات البنائية لمعادن الطين من نوع 1:2 او داخلاً ضمن البناء البلوري لكثير من المعادن الاولية مثل الفلدسبارات، اما معادن الطين من نوع 1:1 فليس لها القدرة على تثبيت البوتاسيوم ولهذا تكون فقيرة بالبوتاسيوم شأنها في ذلك شأن الترب الرملية الفقيرة اصلاً بمعادن الطين، كذلك تفتقر الترب الحامضية لعنصر البوتاسيوم نظراً لزيادة تركيز ايونات الهيدروجين التي تحل محل البوتاسيوم المتبادل على سطوح معادن الطين.

العوامل المؤثرة في جاهزية البوتاسيوم في التربة

١- السعة التبادلية الكتيونية (CEC): اذ ان الترب الناعمة النسجة ذات قابلية أكبر على مسك البوتاسيوم من الترب الخشنة النسجة بتعبير آخر كلما زادت السعة التبادلية الكتيونية كلما زاد مخزون التربة من البوتاسيوم.

٢- نوع المعدن الطيني: اذ ان المعادن من نوع 1:2 اكثر تخصصاً في تثبيت البوتاسيوم وتحوي أعلى سطح تبادل (CEC) ومن ثم اعلى بوتاسيوم متبادل من معادن الطين 1:1 .

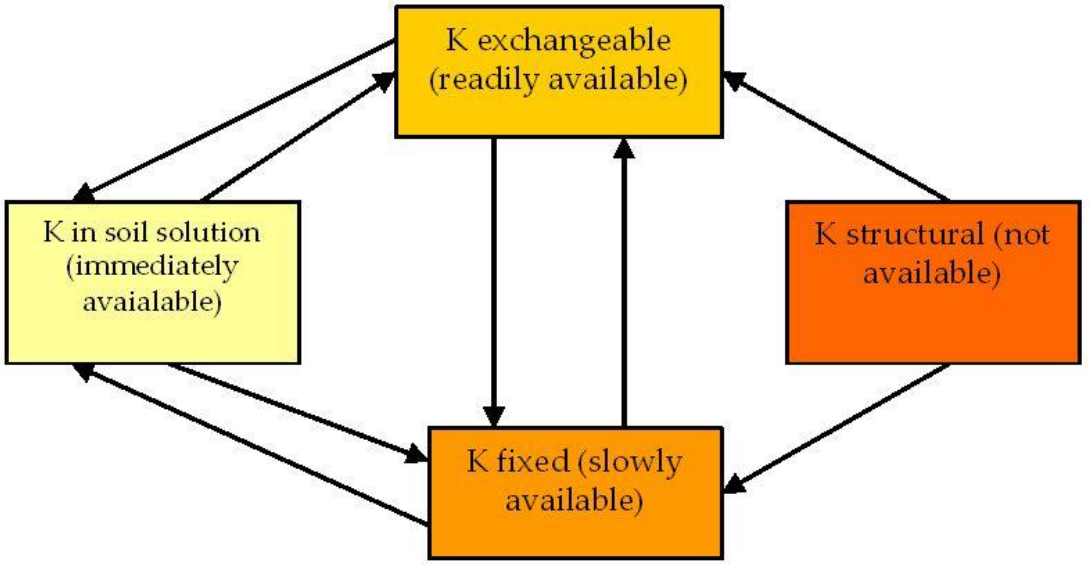
٣- رطوبة التربة: مهمة في نمو الجذور ومهمة ايضاً في حركة البوتاسيوم من التربة الى الجذور وتزيد من تمدد معادن الطين 1:2 وبالتالي تحرر البوتاسيوم المثبت فيها.

٤- كمية الأمونيوم في التربة: وذلك لامكانية استبدال الأمونيوم محل البوتاسيوم.

تثبيت البوتاسيوم وتحريره

عند اضافة السماد البوتاسي يدخل اولاً الى محلول التربة بعد ذلك يتحول معظمه بسرعة الى شكل متبادل وبعضه الى شكل غير متبادل كما يوضحه الشكل، يثبت البوتاسيوم في الفجوة السداسية التي تتواجد في معادن الطين 1:2 وذلك لتقارب نصف قطر الفجوة مع نصف قطر ايون البوتاسيوم، ان مقدرة معادن الطين من نوع 1:2 تتبع التسلسل الاتي: الفيرميكيولايت> الالايت> المونتمورلينايت.

عندما يؤخذ البوتاسيوم السريع الجاهزية من قبل المحاصيل فان التفاعلات تكون بصورة عكسية والبوتاسيوم المتبادل يدخل الى محلول التربة ونتيجة لذلك فان عملية تثبيت وتحرر البوتاسيوم مستمرين في التربة. كما ان الايونات الموجبة الاخرى كالهيدروجين والكالسيوم والمغنيسيوم والامونيوم تنافس البوتاسيوم على مواقع الامتصاص على جذور النبات.



شكل يبين صور البوتاسيوم في التربة والعلاقة فيما بينها

علاقة البوتاسيوم بالمعادن الطينية

توجد هنالك عدة انواع من المعادن الطينية في التربة ولكن من أهم انواعها هي:

١. الكاؤولينات : حيث ان الترب المحتوية على كميات كبيرة من هذا المعدن يفقد البوتاسيوم منها اكثر من باقي الترب وخاصة بعملية الغسل.

٢. الالايت والفيرميكيولايت : وهي معادن يجري امتزاز كميات كبيرة من البوتاسيوم بين الطبقات الطينية فيها وان البوتاسيوم بين تلك الطبقات يمسك بقوة ويكون غير متبادل بشكل كبير.

٣. المونتمورلينايت : ويمكنه ان يمسك كميات كبيرة من البوتاسيوم المتبادل ولكن لا يثبت منه سوى نسبة قليلة فقط.

العوامل المؤثرة في كفاءة امتصاص البوتاسيوم من قبل النبات

يمتص النبات البوتاسيوم على هيئة ايون موجب احادي الشحنة K^+ وهو جيد الحركة داخل النبات ويكون محتوى الاوراق والسيقان من البوتاسيوم في النبات متقارباً الا انه توجد بعض العوامل التي تؤثر على امتصاصه من قبل النبات واهمها:

١ .قابلية الجذور على تبادل الايونات الموجبة: ان جذور النباتات لها CEC يختلف حسب نوعها وصنفها فمثلاً نباتات الفلقة الواحدة أكفأ من النباتات ذات الفلقتين عند نفس المستوى من البوتاسيوم وذلك بسبب كثافة المجموع الجذري للنباتات أحادية الفلقة.

٢ .قابلية التربة على تبادل الايونات الموجبة CEC فالترب الطينية تزداد فيها كمية البوتاسيوم المتبادل.

٣ .المادة العضوية : كلما زادت في التربة زاد مسك البوتاسيوم، اضافة الى ان الهيدروجين المتحرر من المادة العضوية يمكن ان يحل محل البوتاسيوم المثبت ويزيد جاهزيته في التربة.

٤ .كاربونات الكالسيوم $CaCO_3$ والجبس $CaSO_4.H_2O$.

٦. نسجة التربة: اذ ان الترب ذات النسجة الناعمة تجهز البوتاسيوم بصورة اكبر من الترب ذات النسجة الخشنة.

وظائف البوتاسيوم في النبات

يطلق على البوتاسيوم رجل المرور في النبات وذلك لأدواره التنظيمية والتحفيزية ولا يدخل في تكوين اعضاء النبات او مركباته وان من اهم وظائف البوتاسيوم في النبات ما يأتي:

١- يحفز البوتاسيوم حوالي 80 انزيما ومنها انزيم Nitrate reductase المهم في عملية اختزال النترات وتحويله الى امونيا والذي يرتبط بدوره بحامض كيتوني لتكوين الاحماض الامينية وهذا يوضح العلاقة بين تواجد البوتاسيوم في النبات وبين عملية تكون البروتين وكذلك عملية تثبيت النتروجين الجوي في العقد الجذرية للنباتات البقولية.

٢- ينظم الجهد الاوزموزي للنبات وان النباتات المجهزة جيداً بالبوتاسيوم تزداد قدرتها على الاحتفاظ بالماء بسبب انخفاض معدل النتح وذلك لدور البوتاسيوم في السيطرة على عملية فتح وغلق الثغور في الورقة اذ يتجمع البوتاسيوم على هيئة املاح لأحماض عضوية في الخلايا الحارسة فيتدفق الماء اليها وتنفتح الثغور وعندما يقل تراكم هذه الاملاح يزداد تركيز حامض الابسيسك (ABA) فيخرج الماء وتنغلق الثغور.

٣- يحفز البوتاسيوم تكوين ATP كما انه يساعد في انتقال نواتج التمثيل الغذائي وتكوين المركبات ات الاوزان الجزيئية الكبيرة.

٤- يساعد في تثخن الجدران ويساعد في تكوين الخلايا السكلرنكيمية وبالتالي يقلل الاضطجاع وخاصة في النباتات النجيلية والاصابة بالامراض والحشرات وخاصة في وجود توازن جيد بين البوتاسيوم والنتروجين وباقي العناصر المغذية أي انه يوازن التأثير السلبي للاضافة الزائدة لبعض العناصر.

٥- ينظم عملية فتح وغلق الثغور وامتصاص الماء وبالتالي فهو يزيد من كفاءة استعمال المياه.

٦- يساعد بنقل العناصر من الجذور الى الاجزاء العليا للنبات ولا سيما النترات وكذلك يساعد بنقل المواد المصنعة من الاجزاء العليا الى الجذور لذلك فهو يعمل حزاماً ناقلاً للمواد.

اعراض نقص البوتاسيوم في النبات

ان المحتوى الاعتيادي للبوتاسيوم في مادة النبات الجافة تكون من ٢-٦% واي نقص عن هذه النسبة يؤدي الى ظهور اعراض نقص البوتاسيوم والتي من اهمها:

١- ضعف المجموع الجذري للنبات وبالتالي ضعف عام في نمو النبات.

٢- قلة عدد الازهار وصغر حجم الثمار.

٣- اصفرار الاوراق وفي حال النقص الشديد تتلون الاوراق بلون بني داكن مع احتراق حواف الاوراق وغالباً ما تكون على شكل رقم ٨ وفي الحالات المتقدمة قد يحدث احتراق لجميع الورقة.

٤- تظهر اعراض نقص البوتاسيوم تظهر على الاوراق القديمة السفلية لأنه عنصر متحرك داخل النبات.

٥- يؤدي نقص البوتاسيوم الى رقة الجدار الخلوي وبالتالي يكون سهل الاختراق من قبل الطفيليات النباتية.

٦- يسبب نقص البوتاسيوم تجمع الامينات السامة مثل Putrescine و Agmatine .

٧- نقص في معدل سرعة التنفس بسبب انخفاض تصنيع الكاربوهيدرات.

٨- في الاشجار قد تموت الافرع من قمتها النامية نحو القاعدة بظاهرة تعرف بالموت التراجعي (Die back).

اعراض زيادة البوتاسيوم في النبات

ان حالة السمية بالبوتاسيوم نادرة الحدوث ويظهر على الثمار بأن تكون سطح الثمرة خشنة الملمس الا ان التأثير الضار لزيادة البوتاسيوم يكون بشكل غير مباشر اذ قد تؤدي زيادته الى زيادة النمو وبالتالي زيادة حاجة النبات الى العناصر الاخرى مما يسبب اعراض نقص تلك العناصر، كما ان التركيز العالي للبوتاسيوم في التربة سينافس بقية العناصر على مواقع الامتصاص مثل الكالسيوم والمغنيسيوم وبقية الايونات الموجبة.

المحاضرة الثامنة

الكبريت S (Sulfur)

يوجد الكبريت في التربة بالشكلين العضوي والمعدني ويعتبر الكبريت العضوي هو المخزن الرئيسي لكبريت التربة ويمكن تقسيم الكبريت العضوي الى قسمين:

١- الكبريت المرتبط بالكاربون **Carbon bonded sulphur**

ويشمل الكبريت العائد للأحماض الأمينية والذي تبلغ نسبته حوالي 50% من كمية الكبريت العضوي الكلية.

٢- الكبريت غير المرتبط بالكاربون **Non-Carbon bonded sulphur**

ويضم الكبريتات الفينولية والكبريتات الكولينية والكبريت الموجود في الزيوت الطيارة كزيت الخردل المتواجد في نباتات العائلة الصليبية كاللهانة والقرنابيط والكلم ونباتات العائلة النرجسية كالبصل والثوم ونباتات العائلة البقولية الغنية بالبروتينات والذي يدخل الكبريت في تكوينه. ان المحتوى الاعتيادي للكبريت في النبات هو بحدود 0.1 - 0.5% في المادة الجافة الا ان النباتات السابقة الذكر قد يصل محتواها من الكبريت الى 1% في المادة الجافة دون ان يكون لها تأثير سمي.

ان الكبريت العضوي يكون غير جاهز للامتصاص من قبل النبات حتى يتمعدن بواسطة بكتريا الكبريت *Thiobacillus* في الظروف الهوائية وبواسطة بكتريا *Thiothrix* في الظروف اللاهوائية حيث يتكون حامض الكبريتيك نتيجة لذلك وهذا يؤدي الى زيادة حموضة التربة وهذا مهم في الترب العراقية التي تميل الى القاعدية اذ ان تعديل درجة تفاعل التربة يعني زيادة جاهزية العناصر الغذائية.

أما الكبريت المعدني فيوجد في التربة بصورة اساسية على شكل كبريتات الكالسيوم غير المائية $CaSO_4$ أو على صورة جبس $CaSO_4.2H_2O$، وتحت الظروف الرطبة توجد الكبريتات اما ذائبة في محلول التربة أو متبادلة على أسطح الغرويات كما ان معادن الطين من نوع 1:1 تكون قدرتها على تبادل الكبريتات اكبر من معادن الطين 1:2 ، أما في ظروف التغدق فيوجد الكبريت المعدني بشكل مختزل FeS أو FeS_2 أو H_2S . ان ايون الكبريتات SO_4^{-2} اما ان يمتص من قبل النبات أو يمثل في اجسام الأحياء المجهرية أو يمدص على سطوح الغرويات أو قد يغسل بعيداً عن متناول جذور النباتات.

وظائف الكبريت في النبات

١- يدخل الكبريت في تكوين البروتينات لأنه يدخل في تركيب الأحماض الامينية الاتية:

١- السيستين Cysteine

٢- السيستاين Cystine

٣- الميثيونين Methionine

ان محتوى الأوراق من الكبريت يكون اعلى من السيقان وان 50% من البروتين الكبريتي يساهم به الحامض الأميني الميثيونين.

٢- يدخل الكبريت في تكوين حامض الليبويك Lipoic acid وفيتامين الثيامين والبيوتين وهذه المركبات مهمة في التفاعلات الأيضية للنبات كدورة كربس.

٣- يدخل الكبريت في تكوين الفيرودوكسين Ferrodoxin وهو عامل مختزل قوي ويشترك في اختزال النترات الى أمونيا وهو أحد مكونات سلسلة النقل الألكتروني للنظام الضوئي الأول في عملية التمثيل الضوئي.

الكالسيوم Calcium (Ca)

تعتبر مناطق الترب الجافة وشبه الجافة ذات محتوى عال من الكالسيوم وهذا يسبب ارتفاع في درجة تفاعل التربة والذي ينعكس سلبياً على جاهزية معظم العناصر الغذائية وخاصة العناصر الصغرى باستثناء عنصر الموليبدينم، يساهم الكالسيوم بنسبة 65- 85% من CEC التربة. ان وجود الكالسيوم في التربة يعمل على تثبيت بناء التربة وتكوين البناء الحبيبي الذي يعد البناء الأفضل للتربة وذلك من خلال ارتباط احدى شحنات الكالسيوم بغرويات التربة والشحنة الأخرى مع المادة العضوية، لذا فان نقص وجود الكالسيوم في التربة يؤدي الى تكوين بناء مفرق تسوء فيه العلاقات المائية والهوائية كما ان نقص الكالسيوم يؤدي الى انخفاض درجة تفاعل التربة وبالتالي التأثير على جاهزية بعض العناصر الغذائية كالفسفور والموليبدينم تحت الظروف الحامضية التي قد تزيد من تركيز الالمنيوم والمنغنيز الى السمية. يمتص النبات الكالسيوم بالصورة الثنائية التكافؤ Ca^{+2} وينتقل الى الاعلى في النبات مع مجرى النتح في الخشب وهو عنصر بطيء او عديم الحركة في اللحاء ولذلك فان اعراض نقصه تظهر على الأوراق العليا من النبات ويكون محتوى النبات من الكالسيوم بحدود 0.3- 1.6% في المادة الجافة.

وظائف الكالسيوم في النبات

١- يدخل الكالسيوم في تكوين الصفيحة الوسطى (*Middle lamella*) للخلايا بمركب بكتات الكالسيوم ولذا فهو يعمل على تقوية الجدار الخلوي، كما يميل الكالسيوم الى تكوين مركبات مخلبية مع بروتوبلازم الخلايا والذي يعمل على زيادة مرونتها مما يجعل النباتات اقل عرضة للكسر والرقاد عند هبوب الرياح.

٢- يساهم في تنظيم الجهد الأوزموزي لخلايا النبات مع عناصر البوتاسيوم والصوديوم والكلوريد والمنغنيز والبورون.

٣- يشترك في عملية نقل الكاربوهيدرات من اماكن تكوينها في الأوراق الى اماكن تجمعها.

٤- يشترك في ترسيب حامض الأوكزالك على شكل اوكزالات الكالسيوم وبالتالي التخلص من سميته في النبات.

٥- يشترك مع المغنيسيوم في تكوين الفايتين *Phytin* وهو عبارة عن املاح الكالسيوم والمغنيسيوم لحامض الفايتيك *Phytic acid*، ويعتبر الفايتين مصدراً للفسفور في البذور اثناء عملية الانبات.

٦- يعمل الكالسيوم على تقليل نفاذية الأغشية كونه ايون ثنائي التكافؤ فيقلل من البوتاسيوم الخارج من الخلية فيزداد تركيز البوتاسيوم في النبات.

٧- ضروري لعملية انقسام الخلايا المرستيمية ونمو حبوب اللقاح لذا فان نقصه يؤدي الى موت القمة النامية.

٨- ضروري للنباتات البقولية لتثبيت النتروجين الجوي.

المغنيسيوم Magnesium (Mg)

يوجد المغنيسيوم بتراكيز عالية في محلول التربة بكمية تتراوح من 2-5 ملمول لتر$^{-1}$ ويساهم Mg بنسبة 6- 12% من سعة التبادل الكتيوني للتربة، تحتوي ترب المناطق الجافة وشبه الجافة على كميات كبيرة من Mg على شكل$MgSO_4$ ويوجد احياناً على صورة المغنيسايت $MgCO_3$ او الدولومايت$CaCO_3.MgCO_3$ اما معادن الطين الثانوية فان المونتمورلينايت والالايت والفيرميكيولايت والكلورايت اكثرها احتواءً على Mg. يمتص النبات Mg بالصورة الثنائية التكافؤ Mg^{+2} حيث ينتقل الى الأعلى مع مجرى النتح في الخشب ويعتبر ايون متوسط الحركة في النبات فتظهر اعراض نقصه على الأوراق القديمة أولاً ويوجد المغنيسيوم في الأوراق بكميات اعلى من السيقان. يتراوح المحتوى الاعتيادي للمغنيسيوم في النبات بحدود 0.3- 0.6% في المادة الجافة.

وظائف المغنيسيوم في النبات:

١- يدخل في تكوين جزيئة الكلوروفيل وله دور مساعد في تكوين الصبغات النباتية كالكاروتين والزانثوفيل.

٢- ضروري للحصول على الطاقة من الـ ATP اذ يقوم بربط بروتين الانزيم مع مجموعة الفوسفات العائدة لها.

٣- ينشط عدداً من الانزيمات مثل Enolase و Carboxylase و Pyruvic phosphokinase والمرافق الانزيمي Acetyl CoA وغيرها والتي تلعب دوراً مهماً في عملية التحلل السكري وفي دورة كربس.

٤- يلعب دوراً مهماً في تثبيت بناء الرايبوسوم والذي يتم عليه تكوين البروتين.

٥- ضروري لانزيم K-Na- ATPase والذي يقوم بادخال البوتاسيوم وطرد الصوديوم من خلايا النبات الى الخارج.

٦- له دور مهم في تحويل الفسفور المعدني الى فسفور عضوي داخل النبات.

د. حسن هادي مصطفى