تغذية النبات

المحاضرة الاولى

مقدمة في علم تغذية النبات

علم تغذية النبات (plant nutrition) : هو العلم الذي يهتم بدراسة كيفية حصول النبات على احتياجاته من العناصر الغذائية وكيفية امتصاصها وتتبع دخولها من من بيئة النبات (محلول التربة والجو) إلى داخل السيتوبلازم والفجوة العصارية (العصير الخلوي)او هي الدراسة العلمية للغذاء و الطرق التي تتغذي بها الكائنات الحية والالمام بـ :

1. الفرضيات والنظريات المتعلقة بامتصاص العناصر الغذائية والعوامل التي تؤثر على جاهزيتها في التربة وامتصاصها بوساطة جذور النبات.

2.تشخيص اعراض نقص او السمية للعناصر الغذائية ومعالجتها بالطريقة والوقت المناسب. كذلك دراسة السمية بالعناصر النادرةelements Trace

3. دراسة الوظائف الفسلجية المختلفة لهذه العناصر الغذائية ودورها في نمو النبات .

4. اقتراح وسائل جديدة لإمداد النبات بالعناصر (المزارع المائية والتسميد بالرش)

الغذاء و أهميته

1- هو المصدر الذي يستمد منه الكائن الحي الطاقة اللازمة للعمليات الحيوية .

2- هو المادة الخام اللازمة للنمو و تعويض ما يتلف من خلايا الجسم.

تقسم الكائنات حسب تغذيتها الى نوعين :

1- كائنات لاتعتمد على نفسها في اعداد غذائها ويجب امدادها بالمواد العضوية وغير العضوية وتسمى Heterotrophic وهي التي تقتات على كائنات اخرى وتشتمل على كافة افراد المملكة الحيوانية والنباتات عديمة كلوروفيل .

2- كائنات ذاتية التغذية Autotrophic، وهذه تحتاج فقط الى المواد غير العضوية وهي كائنات تقوم بتصنيع غذائها بنفسها وتشتمل على كافة افراد المملكة النباتية ، فالنباتات الخضراء يمكنها عن طريق استثمار الطاقة الضوئية من اختزال CO_2 وانتاج مركبات مهمة وذات طاقة عالية مثل الكربوهيدرات والاحماض الامينية والبروتينات وغيرها، بشرط أن تمد بالعناصر الغذائية الغير عضوية وأن تكون جميع

الظروف ملائمة لها، وبهذا فإن جميع تغذية النباتات الخضراء هي تغذية غير عضوية ويطلق عليها اسم التغذية المعدنية Mineral nutrition ويطلق على العناصر الغذائية التي يمتصها النبات من التربة اسم العناصر المعدنية.

العناصر الغذائية الضرورية

هناك عدد كبير من الناصر الكيميائية في الطبيعة منها 16عنصر فقط ضروريا لنمو النبات ولا غنى للنبات عنها. ونقص احد هذه العناصر أو حرمان النبات منة كلية يعوق النبات عن إتمام دورة حياته. وسيكون ذلك غالبا مصحوبا بظهور إعراض خاصة على النبات .كما إن هذا العنصر لايمكن استبداله بعنصر أخر يحل محلة أو يقوم بدورة . ويحصل النبات على الكربون والهيدروجين والأوكسجين من الماء والهواء الجوى المحيط به . وأما العناصر الغذائية الأخرى فتمتص عادة من التربة بواسطة جذور النباتات أو عن طريق التغذية الخضرية تحت ظروف معينة لتعويض نقص العناصر.

العنصر الغذائي

هو ذلك العنصر الذي يؤدي وظيفة معينة في حياة النبات لاكمال دورة نموه والذي يؤدي نقصه أو الإقلال منه إلى قلة أو انعدام النمو وبالتالي قلة المحصول الناتج أو انعدامه .

من هذا التعريف يتضح بأن هناك عناصر غذائية ضرورية لنمو النبات وعناصر غير ضرورية ، ولكي نحكم على ضرورة أي عنصر لنمو النبات يجب أن يتصف هذا العنصربواحد اواكثر من الشروط الاتية :

1- أن يدخل مباشرة في تركيب مادة النبات أو أحد أعضائه .
2- بدون هذا العنصر لا يستطيع النبات أن يكمل دورة حياته.
3- نقصه يؤدي إلى ظهور أعراض نقص معينه على النبات لا تزول الا بإضافة العنصر نفسه .
4- لا يمكن أن يعوض العنصر الغذائي أي عنصر آخر في جميع وظائفه.
5- يوجه التفاعلات الحيوية التي تحدث داخل النبات في اتجاه مفيد أويزيل الاثر الضار الناجم عن التفاعلات الحيوية المختلفة التي يقوم بها النبات.

وعلى أساس هذه الشروط تم التعرف على 15 عنصر لإدامة حياة النبات، وهي:

Carbon C	Potassium K	Iron Fe
Hydrogen H	Calcium Ca	Zinc Zn
Oxygen O	Magnesium Mg	Copper Cu
Nitrogen N	Sulphur S	Molybdenum Mo
Phosphorus P	Manganese Mn	Boron B

أولاً : العناصر الأساسية: الكاربون والهيدروجين والأوكسجين، ويحصل النبات على الكاربون من ثاني أوكسيد الكاربون CO_2 الموجود في الهواء والتربة ومن الكربونات والبيكاربونات من التربة (CO_3^{-2} وHCO_3^{-1}) ويحصل على الهيدروجين من الماء H_2O، في حين يحصل على الأوكسجين من ثاني أوكسيد الكاربون والماء.

ثانياً : العناصر الكبرى: النتروجين، الفوسفور، البوتاسيوم، الكالسيوم، المغنيسيوم، الكبريت .

ثالثاً :العناصر الصغرى: الحديد، الخارصين، المنغنيز، النحاس، البورون، الموليبدوم.

رابعا: العناصر المفيدة (النافعة) :وهي العناصر التي تكون مفيدة لنبات معين ولا يكون لها أي أثر نافع أو مفيد لنبات آخر مثل الكوبلت والسليكون والصوديوم والنيكل، فعنصر الكوبلت Co مفيد للنباتات البقولية لانه يدخل في تكوين فيتامين B12 الذي يدخل في تكوين العقد البكتيرية الموجودة على جذورهذه النباتات وبالتالي تمكين هذه النباتات من تثبيت النتروجين الجوي، لكن الكوبلت ليس له أي تأثير نافع على نباتات أخرى مثل النجيليات كالحنطة، وكذلك فللسليكون Si تأثير مفيد لنبات الرز لانه يجعل الرز يتحمل التراكيز العالية من المنغنيزMn بسبب تكوين سليكات المنغنيز $MnSiO_4$كراسب داخل النبات وبالتالي التخلص من تأثيره السام، عنصر الصوديوم Na ضروري لنباتات C4 لانه ينشط انزيم PEP المسؤول عن تثبيت CO2 في هذه النباتات ، اما النيكل Ni فهة عنصر اساسي في تنشيط انريم اليوريز urease عند التغذية باليوريا .

خامسا :العناصر النـــــــــادرة: هناك مجموعة من العناصر هي ليست غذائية وجميعها تتبع زمرة العناصر النادرة ، لوحظ 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).

تقسيم العناصر الغذائية

اولا : يمكن تقسيم العناصر الغذائية الضرورية حسب احتياج النبات لها دون الأخذ بنظر الاعتبار كمية وجودها في التربة أو الأوساط الغذائية الأخرى :

أ. **مجموعة العناصر الغذائية الكبرى Macronutrient** وهي العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات بكميات كبيرة وتشمل عناصر الكاربون ، الهيدروجين، الاوكسجين ، النتروجين ، الفسفور ، البوتاسيوم ، الكالسيوم ، المغنيسيوم والكبريت.

ب. مجموعة العناصر الغذائية الصغرى Micronutrient وهي العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات بكميات قليلة وتشمل عناصر الحديد ، النحاس ، المنغنيز ، الزنك ، البورون ، المولبيديوم ، الصوديوم والكلور (إن عنصري الصوديوم والكلور تعتبر للنباتات الملحية من ضمن مجموعة العناصر الكبرى إذ إنها تحتاجها بكميات كبيرة جدا مقارنة بالنباتات الاخرى).

ثانيا: تقسيم العناصر الغذائية من ناحية وظائفها الفسيولوجية والحيوية إلى المجاميع التالية

المجموعة الأولى : وتشمل عناصر(C-H-O-N-S) حيث تدخل هذه العناصر في :

أ- تركيب مادة النبات العضوية (الكربوهيدرات ، البروتينات ، الدهون) .

ب- تنشيط الإنزيمات.

المجموعة الثانية : وتشمل عناصر(P-B-Si)هذه العناصرتلعب دور في انتقال الطاقة وتكوين مجاميع الاسترات.

المجموعة الثالثة : وتشمل عناصر(CL-Mn-Mg-Ca-Na-k) وهي ذات أهمية في :

أ- الجهد الازموزي .

ب- تساهم في عملية تكوين الإنزيمات والبروتينات.

المجموعة الرابعة : وتشمل عناصر (Fe-Cu-Zn-Mo) هذه العناصر لها القابلية على تغيير أعداد تكافؤها لذلك تعمل على نقل الالكترونات أي بمعنى آخر لها دور بعمليات الأكسدة والاختزال التي تحدث داخل النبات .

1st group
C,H,O,N ,and S
2nd group
P, B , and Si
3th group
K , Na, Mg , Ca , Mn , and Cl.
4th group
Fe ,Cu , Zn , and Mo

ثالثا :تقسيم العناصر الغذائية حسب حركتها في النبات :

حركة العناصر الغذائية: nutrients mobilization :هو إنتقال العناصر الغذائية من الأوراق القديمة إلى الأوراق الحديثة ومن الأوراق إلى القمم النامية والأزهار والثمار. تختلف العناصر فى درجة حركتها داخل النبات:

أ- عناصر سريعة الحركة : وهي العناصر الكبري عدا الكالسيوم مثال أيونات النتروجين والفسفور والبوتاسيوم N، P، K . وهذه العناصر تنتقل من الأوراق البالغة إلي الأوراق الحديثة والقمم النامية ولذا تظهر أعراض نقصها علي الأوراق السفلية البالغة.

ب-عناصر متوسطة الحركة, S, Cu, Mg,Mo

ت-عناصر بطيئة الحركة: Fe ,, Mn , Zn

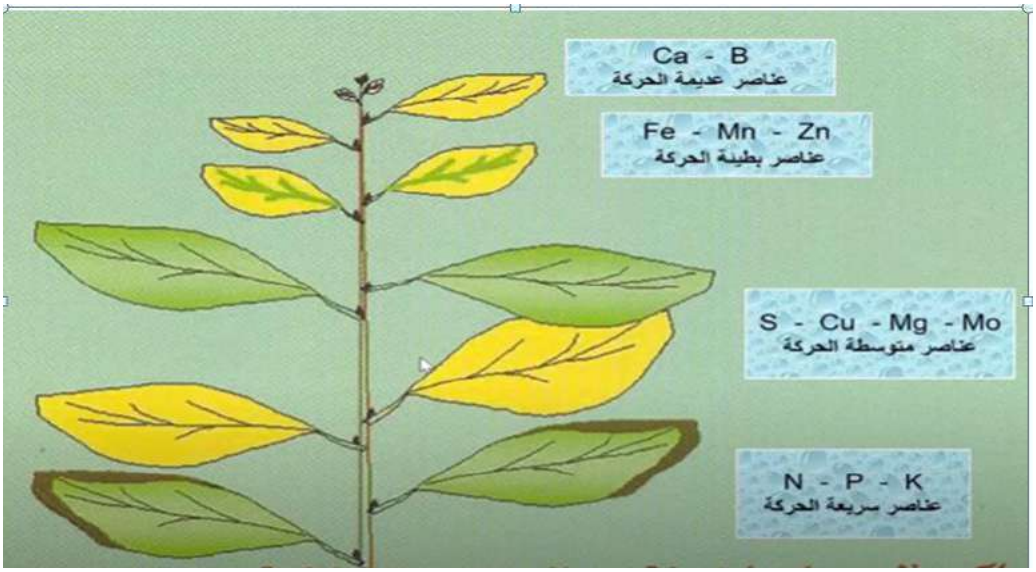
ث-عناصر شبه عديمة الحركة: Ca, B

رابعا: تقسيم العناصر الغذائية حسب اشتراكها في ظهور أعراض النقص علي النباتات :

أ – عناصر تشترك في ظهور أعراض النقص علي الأوراق المسنة أولاً وهي النيتروجين ،الفسفور، البوتاسيوم، الموليبدنيوم، المغنسيوم، الكبريت، النحاس.

ب – عناصر تشترك في ظهور أعراض النقص علي الأوراق الحديثة أولاً وهي الحديد، المنغنيز، الزنك.

ج – عناصر تشترك في ظهور أعراض نقصها أساساً علي الأنسجة النامية للجذور والسيقان وهي البورون والكالسيوم.



مصادر العناصر الغذائية

مصادر العناصر الغذائية في الطبيعة متعددة وتشمل:

1- التجوية Weathering

املاح المعادن تدخل في تركيب الصخور وعند تعرض هذه الصخور للتجوية تتكسرونتيجة لهطول الامطار تذوب املاح المعادن فتتأين الى ايونات موجبة مثل البوتاسيوم K^{+}والمغنسيوم Mg^{+2} والكالسيوم Ca^{+2} والحديد Fe^{+2} والزنك Zn^{+2} والنحاس Cu^{+2} وايونات سالبة مثل الكلور Cl^{-1} والكبريتات $SO4^{-2}$ والفوسفات ($H_2PO_4^{-1}$و HPO_4^{-2}و PO_4^{-3}) تنتقل هذه الايونات مع السيول إلى الانهار ثم الى النباتات .

2- الطور الصلب لمكونات نظام التربة

يعد الطور الصلب المتكون من المواد الاولية للتربة حصلية للعمليات الفيزيائية والكيميائية والحيوية هو المخزن الرئيسي لمعظم العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات لاكمال دورة حياته ويشمل الطور الصلب على جزيين رئيسيين هما :

أولا - الجزء المعدني والذي يكون مصدر للعناصر عدا (S،N) والكمية الكلية اكثر من احتياجات النبات ولكن الكمية الجاهزة قليلة جدا .

ثانيا - الجزء العضوي والذي يعد مخزن ومصدر لبعض العناصر (N,P ,S) ويجب ان تتحلل قبل ان تصبح هذه العناصر جاهزة للنبات.

3-التحلل والتفسخ

تتكون اجسام الكائنات الحية من مركبات عضوية يدخل في تركيبها العناصر الغذائية وعند موتها وتفسخها وتحللها تحرر المعادن بفعل الكائنات الحية او التفاعلات الكيميائية والفيزيائية الى محيط النبات فيمتصها مرة اخرى.

4- تثبيت النتروجين الجوي

يعد النتروجين احد اهم العناصر لنمو النبات الا انه لا يدخل في تركيب الصخور الارضية لذلك يعتمد تواجده بصورة متعددة NO_2^{-} و NO_3^{-} و NH_4^{+} في التربة على تحلل وتفسخ المركبات العضوية النتروجينية ،اما المصدر الاخر للنتروجين هو ما يثبت من الجو(Nitrogen fixation)، اذ تتحول كميات من نتروجين الجو البالغة نسبته 78% ، ونتيجة لعمليات التفريغ الكهربائي يؤدي إلى أكسدة النتروجين الجزيئي الجوي إلى نترات تصل إلى التربة مع ماء المطر، وتكون الكمية المثبتة من النتروجين بهذه الطريقة في التربة قليلة جداً ، هنالك عملية تثبيت نتروجين الجو حيوياً ، اذ ان بعض البكتريا المتطفلة مثل الرايزوبيا وحرة المعيشة مثل الازوتوباكتر يمكنها اخذ النتروجين الجوي وتحويله

الى امونيا يستفيد منها النبات بصورة مباشرة (في حالة الرايزوبيا المكونة للعقد الجذرية)، أو ان تتكاثر هذه الكائنات بأعداد كبيرة ثم تموت وتتفسخ وتتحلل فتنطلق ايونات الامونيا لوسط التربة فيمتصها النبات (في حالة الازوتوباكتر).

5 - الاسمدة الكيميائية

يصنع عدد كبير من الاسمدة وقد يحتوي السماد على عنصر واحد مثل نترات الامونيوم (NH_4NO_3) أو يحتوي على عنصرين مثل سماد نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$ ونترات البوتاسيوم KNO_3 او يكون على هيئة سماد كمركب يحوي عددا من العناصر مثل NPK ، وهنالك الاسمدة التي ترش على الاوراق إذ تحوي على أغلب العناصر الكبرى والصغرى و بتراكيز مناسبة وحسب حاجة النبات، كما توجد أسمدة تحوي مركبات مخلبية تمنع بعض العناصر مثل الحديد من تكوين معقدات مع عناصر اخرى (يصبح غير جاهز) موجودة في التربة، لذا تساعد المركبات المخلبية في بقاء هذه العناصر جاهزة للامتصاص من قبل الجذور.

وظائف العناصر الغذائية الضرورية في النبات

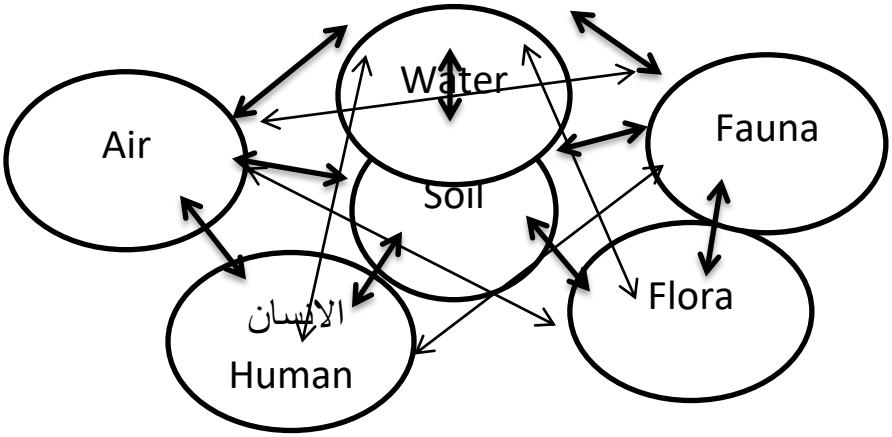
كل عنصر غذائي ضروري له وظائف معينة في النبات الا انه يمكن ذكر الوظائف العامة للعناصر الغذائية في النقاط التالية

1. بناء بروتوبلازم الخلية الذي يتكون من البروتين والدهون والكربوهيدرات وغيرها
2. تكوين معظم الانزيمات اللازمة للعمليات الحيوية والنمو وبناء الانسجة النباتية التي تدعم وتحمي الخلايا.
3. تساهم في بناء الأحماض الأمينية والنووية والبروتينات والكلوروفيل مثل النيتروجين Nوالكبريت S .
4. تنشط الأنزيمات، وتزيد تركيزها في الغشاء البلازمي، مثل عنصر البوتاسيوم الذي يساهم في مضخة البوتاسيوم K الضرورية في النقل الغشائي.
5. تساهم في تركيب الجدار الهيكلي، والنقل الغشائي مثل الكالسيوم Ca ؛
6. ضروري للتنفس الخلوي والانقسام الخلوي، كما يدخل في مكونات مركبات الطاقة مثل الفسفور P .
7. يدخل في بنية الكلوروفيل وتنشيط الإنزيمات مثل المنغنيزMn؛
8. يساهم في التنفس ويدخل في تركيب اليخضور كالحديد Fe الخ.

9. العناصر الغذائية تؤثر ايضا علي خواص عديدة في الخلايا النباتية مثل الازموزية ونفاذية الاغشية الخلوية والـ pH

علاقات العناصر الغذائية في التربة

تخضع العناصر الغذائية في الطبيعة الى علاقات متبادلة ، الماء والهواء والاحياء الكبيرة والصغيرة ومع الانسان ، ويمكن توضيحها بالشكل التالي :-



لذلك عند تقييم تربة ما من العناصر الغذائية عدم مراقبة ذلك من وجهة نظر انتاجية فقط ، وانما يتوجب مراقبة نوعية الانتاج ومواصفاته التي تلعب دور في تغذية الانسان والحيوان . كذلك يجب عدم تجاهل محتوى الهواء (الغلاف الجوي) من الغازات المختلفة NO, SO_2, CO_2 فبعضها مهم للأحياء وبعضها ذو أثر ضار على حياة الانسان والحيوان . كذلك يجب دراسة العناصر الغذائية وتأثيرها على تلوث الماء الارضي والذي قد يؤثر على نوعية ماء الري وماء الشرب .

تغذية النبات

المحاضرة الثانية

التغذية المعدنية ونمو النبات

النيتروجين(N) Nitrogen

هو أحد العناصر الضرورية الرئيسة لنمو النبات ، إذ يحتاجه النبات بكميات كبيرة وله تأثير كبير على زيادة الإنتاج لمختلف المحاصيل الزراعية. إن نقص عنصر النتروجين في التربة يؤدي إلى حصول نقص في الحاصل بالإضافة إلى رداءة نوعية المحصول. تختلف كميات النتروجين الموجودة في التربة باختلاف نوعية التربة وطبيعة تكوينها ودرجة خصوبتها ، وبصورة عامة تتراوح كمية النتروجين الكلي في التربة ما بين 0,03٪ إلى 0,1٪ في الظروف الطبيعية الاعتيادية.

مصادر نتروجين التربة

يعد الهواء الجوي المصدر الطبيعي الوحيد للنتروجين. إذ لا تحتوي صخور ومعادن التربة الزراعية على عنصر النتروجين بأي صورة من الصور. النتروجين الجزيئي N2 الذي يشكل حوالي 78% من الهواء الجوي غير صالح للاستعمال من قبل النبات بصورته الجزيئية بل يجب أن يتحول إلى صور أخرى حتى تستطيع النباتات الاستفادة منه. والطرق الرئيسة التي يتحول بها النتروجين الجزيئي إلى نتروجين صالح للاستعمال من قبل النبات وسهل الامتصاص هي:

1- التثبيت البيولوجي للنتروجين

هناك أنواع مختلفة من الكائنات الحية الدقيقة تكون قادرة على اختزال النتروجين الجوي إلى امونيا ، وهذه الكائنات الحية الدقيقة تلعب دورا مهما في دورة النتروجين في الطبيعة، وذلك عن طريق تحويل النتروجين الجزيئي إلى نتروجين عضوي وبهذا يصبح النتروجين الجوي جاهزا لكائنات حية أخرى. وتسمى هذه العملية بتثبيت النتروجين بايولوجيا. والكائنات الحية الدقيقة القادرة على تثبيت النتروجين بايولوجيا يمكن تقسيمها إلى:

آ- الكائنات ذات المعيشة الحرة في التربة Non symbiotic

هذه الكائنات تشمل عددا من أنواع البكتريا ومن أهمها Azotobacter، Beijernckia، بعض سلالات Clostridium وأنواع أخرى من البكتريا مثل Achromobacter و Pseudomonas وكذالك تقوم طائفة من فطريات التربة والطحالب الخضراء المزرقة بتثبيت النتروجين أيضا.

ولقد وجد من البحوث والدراسات بأنه على الرغم من قلة كميات النتروجين المثبتة بواسطة هذه الكائنات إلا انه وجدت زيادة في حاصل النباتات غير البقولية التي يجري تلقيح بذورها ببكتريا الازوتوباكتر نتيجة لتثبيتها للنتروجين الجوي.

ب- الكائنات ذات المعيشة التكافلية Symbiotic

أصناف من الكائنات الحية الدقيقة ذات حياة تعايشية مع النباتات الراقية. ومن خلال هذه العلاقة التعايشية تقوم هذه الكائنات بتجهيز النتروجين المثبت بوساطتها إلى النبات المضيف الذي بدوره يجهز الكاربوهيدرات لها، ومنها أصناف أل Rhizobium والـ Actinomyces . إن كمية النتروجين المثبتة بواسطة الكائنات الحية الدقيقة ذات المعيشة التكافلية أعلى بكثير من كمية النتروجين المثبت بواسطة الكائنات ذات المعيشة الحرة.

إن معدل تثبيت المحاصيل البقولية للنتروجين يبلغ أقصاه عندما يكون محتوى التربة منه واطئا وهذا لا يعني بعدم نصح الفلاح بإضافة كمية قليلة من الأسمدة النتروجينية عند زراعة المحاصيل البقولية وذلك لان وجود كمية كافية من

النتروجين لسد احتياجات البادرات الصغيرة يؤدي إلى إكمال نمو وتكوين وزيادة نشاط العقد الجذرية التي تبدأ بعد ذلك بتثبيت النتروجين الجوي وتسمى هذه الكمية الصغيرة من النتروجين التي تضاف للمحاصيل البقولية عند الزراعة بالكمية المشجعة أو الدافعة للنمو.

2- النتروجين الجوي المثبت بوساطة تفريغ الشحنات الكهربائية في الجو (البرق)

إن تفريغ الشحنات الكهربائية يؤدي إلى أكسدة النتروجين الجزيئي الجوي إلى نترات تصل إلى التربة مع المطر. وتكون الكمية المثبتة من النتروجين بهذه الطريقة في التربة قليلة جدا وتقدر ببضع كيلو غرامات على شكل نترات في الهكتار الواحد في السنة الواحدة وتحت الظروف المناخية المعتدلة . وفي الظروف الاستوائية لا تزيد الكمية المثبتة على عشرة كيلو غرامات من النتروجين بالهكتار الواحد في السنة الواحدة ولكنها اكبر من الكمية المثبتة تحت الظروف المناخية المعتدلة.

3- النتروجين الجوي المثبت بالصناعة الكيمياوية.

إن صناعة الأسمدة الكيمياوية تعتمد بصورة كبيرة على استغلال النتروجين الموجود في الجو وتحويله إلى صورة مركبات كيمياوية عن طريق التثبيت الصناعي ويمكن بعد ذلك للنبات أن يستفيد منه على شكل سماد يضاف إلى التربة ويعد تثبيت غاز النتروجين الموجود في الجو صناعيا إلى غاز الامونيا مفتاحا لصناعة الأسمدة الكيميائية.

الأقسام الرئيسية للنتروجين في التربة

1-النتروجين العضوي:

تقدر نسبته من النتروجين الكلي للتربة ب95% و50%من هذا النتروجين موجود على شكل مركبات معروفة التراكيب مثل البروتينات والأحماض الامينية والبروتينات النووية، أما أل 50% الباقية من النتروجين العضوي فتكون على شكل مركبات غير معروفة التركيب يعتقد إنها ناتجة من تفاعل الامونيا مع مواد معينة والأحماض الامينية مع مركبات الكينون وتفاعل السكريات مع الأمينات.

2-النتروجين المعدني:

وتقدر نسبة هذا القسم من النتروجين الكلي بـ 5% أو اقل ويكون على صورة امونيوم ونترات ونتريت واكاسيد النتريت والنتروجين الجزيئي. إن أكثر هذه الصور أهمية للنباتات هو الامونيوم والنترات التي توجد في التربة عن طريق تحليل النتروجين العضوي أو عن طريق إضافتها إلى التربة على شكل أسمدة كيمياوية.

معدنة النتروجين العضوي:

النتروجين عنصر متحرك وله دورة سريعة بين الغلاف الجوي والتربة والكائنات الحية الدقيقة وتتضمن هذه الدورة عوامل وعمليات متعددة ، يمر النتروجين العضوي للمادة العضوية بعمليات تعدين عديدة يتحول بعدها إلى صورة متيسرة وجاهزة للامتصاص من قبل النبات وهذه العمليات هي:

1. تكون النتروجين الاميني Aminization :

تُعد عملية تكوين النتروجين الاميني (الأمينات والأحماض الامينية) من بروتينات المادة العضوية العملية الأولى في عمليات تعدين النتروجين العضوي وتسمى هذه العملية (Proteolysis) وفيها يتم تكسير وتحويل المركبات العضوية المتعددة إلى مركبات ابسط حسب المعادلة الآتية:

Soil organic N (Protein) $\longrightarrow$ $R-NH_2 + CO_2 +$ طاقة + مواد أخرى

تحتاج هذه العملية إلى الماء والحرارة وبعض أنواع البكتريا والفطريات غير ذاتية التغذية, والطاقة الناتجة من هذه العملية تستغلها الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة التي تحتاج إلى الكربون مصدراً للطاقة في عملياتها الحيوية.

2. تكوين الامونيا أو النشدرة Ammonification:

هي عملية اختزال تتحول فيها الأمينات والأحماض الامينية الناتجة من الخطوة الأولى لتعدين النتروجين العضوي إلى أمونيا بوجود الماء والكائنات الحية غير ذاتية التغذية وحسب المعادلة الآتية:

$$R - NH_2 + H_2O \longrightarrow NH_3 + ROH + \text{طاقة}$$

والامونيا الناتجة تكون الامونيوم وحسب المعادلات الآتية:

$$2NH_3 + H_2CO_3 \longrightarrow (NH_4)_2CO_3$$

$$(NH_4)_2CO_3 \rightleftharpoons 2NH_4 + CO_3^-$$

إن الامونيوم المتكونة يمكن أن تطرأ عليها التغيرات والتحولات الآتية:

- تتحول الامونيوم إلى نتريت (NO_2) ومن ثم إلى نترات (NO_3) بعملية التأزت.
- يمكن أن يمتصها النبات مباشرةً.
- يمكن أن تستخدم بوساطة الكائنات الحية الدقيقة (Heterotraphic) في عمليات تحلل المادة العضوية الأخرى.
- يمكن أن تثبت بين طبقات بعض معادن الطين القابلة للتمدد وتصبح غير جاهزة أو صالحة للامتصاص من النبات.
- يمكن أن تتحول إلى صورة متبادلة على سطوح غرويات التربة وهي صورة جاهزة لأن يمتصها النبات.

3. التأزت Nitrification :

هي عملية أكسدة بيولوجية للامونيوم إلى نترات وتتم هذه العملية على خطوتين:

الأولى: أكسدة الامونيوم إلى نتريت (NO_2) ببكتريا ذاتية التغذية (Autotrophic) متخصصة وهي بكتريا الـ (Nitrosomonas) وحسب المعادلة الآتية:

$$2NH_4 + 3O_2 \longrightarrow 2HNO_2 + 2H_2O + 2H^+$$

والثانية: أكسدة النتريت إلى نترات (NO_3) وتتم هذه العملية ببكتريا ذاتية التغذية متخصصة هي (Nitrobacter) وحسب المعادلة الآتية:

$$2HNO_2 + O_2 \longrightarrow 2H^+ + 2NO_3^-$$

إن محصلة الخطوات التي تضمنتها عملية التأزت يمكن وضعها بالمعادلات الآتية:

$$2NH_4 + 3O_2 \longrightarrow 2HNO_2 + 2H_2O + 2H^+$$
$$2HNO_2 + O_2 \longrightarrow 2H^+ + 2NO_3^-$$

$$2NH_4 + 4O_2 \longrightarrow 2NO_3 + 2H_2O + 4H^+$$

في عملية التأزت هناك نقاط مهمة يجب ملاحظتها لأهميتها التطبيقية ومن أهم هذه النقاط هي:

- عملية التأزت تحتاج إلى أوكسجين وهذا معناه أن العملية تحدث بصورة جيدة في الأتربة ذات التهوية الجيدة ، وذلك لكون البكتريا المتخصصة لهذه العملية بكتريا هوائية.

- في عملية التأزت يتحرر الهيدروجين ، وهنا يمكن القول بأن عملية التأزت هي عملية مولدة للحموضة ، إذ أن تحرر الهيدروجين يؤدي إلى زيادة حموضة التربة.

- نظراً لاشتراك الكائنات الحية الدقيقة المهمة في هذه العملية فإن نشاط هذه الكائنات يتأثر بعوامل متعددة منها تهوية التربة – ورطوبة التربة – ودرجة حرارة التربة وعوامل أخرى مؤثرة.

فقد النتروجين من التربة

إن النتروجين المضاف إلى التربة يتعرض إلى عدة عمليات فقد ومن أهم هذه العمليات التي يفقد بها النتروجين من التربة هي:

1- الاستهلاك النباتي للنتروجين
2- تحول صور النيتروجين من صورة الى اخرى غير قابلة للاستفادة
3- يتطاير في درجات الحرارة الاعتيادية
4- الفقد بعملية التعرية
5- الفقد بعمليات الغسل
6- فقدان نتروجين التربة على شكل غازات: يمكن إن يفقد النتروجين على شكل غاز من التربة بأحد الصور الآتية:

آ-عملية ألـ Denitrification : هذه العملية عبارة عن عملية اختزال بيولوجي للنترات والنتريت إلى غازات متطايرة. وتقوم بهذه العملية الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة تحت الظروف اللاهوائية ، إذ تستعمل هذه الكائنات النترات والنتريت مصدراً للأوكسجين ومحولةً إياها إلى اوكسيد النيتروز أو غاز النتروجين.

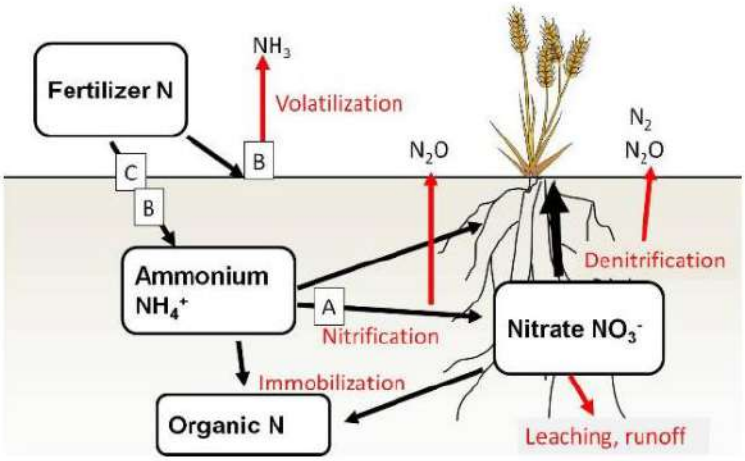
ب- يمكن ان يفقد النتروجين من التربة على شكل غازات عن طريق تفاعلات كيمياوية ويحصل هذا خاصة في الترب الحامضية الجيدة التهوية.

ج-تطاير الامونيا: يمكن أن يُفقَد النتروجين من التربة على شكل أمونيا وذلك عندما تضاف الأسمدة النتروجينية الحاوية على الأمونيوم على سطح الأتربة القاعدية كما في المعادلة الآتية:

$$NH_4^+ + H_2O + OH^- \longrightarrow NH_3 + 2H_2O$$

7- تثبيت الامونيوم في التربة.

Figure 1. Soil nitrogen reactions leading to nitrogen fertilizer losses (adapted from C. Grant)



دور النتروجين في تغذية ونمو النبات:

يمتص النبات النتروجين على صورة نترات أو امونيوم بشكلها المعدني وتُختزل هذه بدورها داخل النبات وتتحول إلى الشكل العضوي المهم في بناء الخلية النباتية. إن عنصر النتروجين هو جزء تركيبي لكثير من المواد والمركبات النباتية ، وهذه تضم الأحماض الامينية والبروتينات.

إن النترات التي يمتصها النبات تُختزل داخل أنسجته إلى أمونيا ، والأمونيا بدورها تتحد مع المواد الكاربوهيدراتية الذائبة لتُكوّن الأحماض الأمينية وهذه ترتبط بعضها ببعض بروابط أمينية لتكون البروتينات التي تعتبر أهم مكونات الخلية النباتية.

يدخل النتروجين في بناء الكلوروفيل النباتي, ولذلك فإن عنصر النتروجين يزيد من خضرة النبات ويشجع النمو الخضري بشكل كبير. وبما أن النتروجين هو أحد مكونات البروتينات والأنزيمات والكلوروفيل فإنه يدخل في كل العمليات والتفاعلات المرتبطة بالبروتوبلازم والتفاعلات الأنزيمية وعملية التركيب الضوئي.

وظائف النتروجين

1. يدخل النيتروجين في تكوين مركبات غاية في الأهمية للنبات ،المركب لاول هو الكلوروفيل الهام لعملية التمثيل الضوئي فكل ما لونه اخضر في النبات داخل في تركيبها النتروجين فهو المسؤول عن النمو الخضري في النبات ولهذا يضاف للنباتات الخضرية والثاني فى تكوين السيتوكرومات اللازمة لإتمام عمليات التأكسد الطرفي فى التنفس والتي تقوم بدور مضخة لامتصاص الانيونات من التربة اثناء الامتصاص النشط للأملاح.

2. يدخل النيتروجين فى تركيب جزئي البروتين حيث يدخل اولا فى صورة مجموعة امين بتركيب الحامض الأميني وعلية فهو يدخل فى تركيب كل المركبات التى تتكون منها الاحماض الامينية مثل الانزيمات الذى يشكل البروتين الجزء الأساسي فى بنائها .

3. كما يدخل النيتروجين في بناء الاغشية الخلوية حيث تحتوى على جزء بروتينى، كما يدخل فى بناء الاحماض النووية لوجود القواعد النيتروجينية فى تركيبها.

4. كما يدخل فى بناء المرافقات الانزيمية لأنه يدخل فى بناء الفيتامينات وهى الشق النشط فى المرافق الانزيمى .

5. كما يدخل النيتروجين فى بناء المركبات الحاملة للطاقة والمانحة لها مثل ATP .

صور امتصاص النتروجين

يمتص النبات عنصر النتروجين في صورة امونيوم NH_4^+ أو نترات NO_3^- ويضاف كسماد لكافة المحاصيل ما عدا البقوليات .

أعراض نقص النتروجين:

إن نقص عنصر النتروجين يتصف بمعدل نمو ضعيف ، إذ أن النباتات تبقى صغيرة ، والسيقان طويلة ورفيعة والأوراق صغيرة ، والقديمة منها تتساقط قبل اكتمال نضجها في معظم الأحيان. كذلك يتأثر نمو الجذور إذ تحصل إعاقة في نمو التفرعات الجذرية وأن نسبة الجذور إلى أجزاء النبات العليا تزداد. كذلك يظهر على الأوراق الاصفرار ويكون توزيع هذا الاصفرار منتظماً على كل الورقة ، وفي المرحلة الأخيرة من النقص يظهر موت موضعي لأنسجة الورقة. تبدأ أعراض النقص على الأوراق القديمة (الأوراق السفلى) أولاً حيث يبدأ الاصفرار برأس الورقة ثم العرق الوسطي وبعد ذلك يغطي معظم الورقة.

Lower Leaves Turn
Yellow and Fall Off

تغذية نبات

المحاضرة الثالثة

الفسفور: Phosphorus (P)

يعد الفسفور من العناصر الغذائية الضرورية الكبرى التي يحتاجها النبات ويُطلق عليه مفتاح الحياة لدورهِ المباشر في معظم العمليات الحيوية داخل النبات ولا يمكن لهذه العمليات أن تستمر بدونهِ ، يوجد في الترب الزراعية بنسبة ما بين 0,02 – 0,1 ٪ ، والفوسفور الذائب في محلول التربة قليل جداً اعتمادا على نوع مادة الاصل والعمليات الطبيعية التي تحصل فيها ونسجة التربة ودرجة الحرارة والمحتوى الرطوبي وكذلك عمر التربة .

اقسام الفسفور في التربة

يمكن تقسيم الفسفور في التربة الى

1. الفسفور المعدني In organic Phosphorus

يشكل المصدر الرئيسي للفوسفور في الترب الزراعية وينتج عن تحليل الصخور ، يُعَد معدن الأبتايت المعدن الرئيس الذي يحتوي على الفسفور في صفحاته ويتواجد بشكل مركبات تحتوى على الكالسيوم، الألومنيوم، الحديد وعناصر اخرى. تؤثر الخصائص الكيميائية والطبيعية للتربة على الكمية المتوفرة من هذه المركبات التي تعتبر جميعها قليلة الذوبان في الماء مما يؤثر سلبا على الكمية المتاحة لهذا العنصر وهناك اربعة انواع من الاباتيت Apatites وهي :

هيدروكسي اباتايت
فلور اباتايت
كلورو ابتايت
كاربونيت اباتايت

واشارت الدراسات ان الصور الأكثر شيوعا في التربة هما Hydroxy apatite و Fluor apatite.

في الترب الحامضية يتفاعل الفسفور مع اكاسيد الحديد والالمنيوم مكوناً مركبات : الفرسكايت Variscite السترنكايت Strengite

2. الفسفور العضوي Organic Phosphors

ويضم الفسفور العضوي العديد من المركبات أهمها :

A. انوسيتول فوسفيت Inositol phosphate (جزيئات سكرية مع فسفور) ويشكل 26-33% من الفسفور العضوي .
B. الفوسفوليبيدات Phospholipids (جزيئات دهنية مع الفسفور) ويشكل 5-14% من الفسفور العضوي .
C. نيو كليك اسيد Nucleic acids (الاحماض النووية مع الفسفور) ويشكل 10% من الفسفور العضوي

صور فسفور التربة من حيث الجاهزية

يمكن النظر الى صور الفسفور بالتربة من زاوية اخرى عند ادخال الزمن كعامل اضافي بالإضافة الى جاهزية الصور المختلفة للنبات ويمكن تقسيمها الى ثلاث اقسام :-

1- الفسفور الذائب في محلول التربة : كميته قليلة جداً من الفسفور الكلي ، هذا الفسفور مهم لأنه أول من يتحرك لسد احتياجات النبات ويوجد بهيئة أيونية هي HPO_4^{-2},$H_2PO_4^-$ وترتبط سيادة أي ايون بدرجة تفاعل التربة pH حسب المنحنى التالي .

2- الفسفور في المستودع غير المستقر ويشمل الفسفور المدمص على أسطح الغرويات (التربة والمادة العضوية) او المترسب حديثا بشكل مركبات الكالسيوم او الحديد او الألمنيوم والتي تمتلك اذابة عالية بالمقارنة مع مكبات الفسفور القليلة الذوبان (الابتايت) ويشكل هذه الصورة من الفسفور 2% من كمية الفسفور الكلي ، وهي صورة جاهزة للنبات .

3- الفسفور المستقر : وهو الفسفور الموجود في المعادن قليل الذوبان وغير جاهز للنبات لكنه يعتبر المخزون الموجود في التربة من الفسفور .والعلاقة بين اجزاء الفوسفور المختلفة يمكن ان تكون على النحو الآتي

شكل ( ) يوضح أجزاء الفسفور بالتربة وعلاقتها بتغذية النبات (Mengel and Kirkby, 1982)

الفسفور في تغذية النبات

1. هو مصدر الطاقة داخل النبات للعمليات الحيوية أي يشترك في تركيب المركبات الغنية بالطاقة ADP و ATP والتي هي عبارة عن مركبات حاملة للطاقة ومهمة في العمليات الحيوية اذ يدخل بتركيب مركبات الطاقة مثل ATP (Adenosine triphosphate) وهذه تلعب دور كبير في نقل وتخزين الطاقة وتنشيط التفاعلات المختلفة
2. يدخل في تركيب الفوسفوليبيدات phospholipids وهي الدهون المفسفرة التي تدخل في تركيب وتكوين الاغشية التي تدخل في تركيب اغشية الشعيرات الجذرية والتي تمتلك خاصية النفاذية الاختيارية فالجذر لا يسمح بمرور الذهب مثلا ولكنه يسمح بمرور النتروجين والفسفور .
3. يوجد كمكون أساسي للأحماض النووية والتي تحتوى على شق قاعدي هو القواعد النيتروجينية وسكر خماسي وحمض الفوسفوريك ,

4. الفسفور مسؤول عن تحسين كفاءة المجموع الجذري لامتصاص العناصر الغذائية وليس حجم الجذر
5. الفسفور مسؤول عن التزهير ويتواجد بنسبة عالية في البذور والثمار.
6.

تفاعلات الفسفور في الترب المختلفة

عند إمرار محلول يحتوى على أحد الأسمدة الفوسفاتية الذائبة مثل فوسفات أحادى الكالسيوم $Ca(H_2PO_4)_2$ خلال عمود من التربة فإن المحلول أثناء مروره يفقد الفوسفور الموجود به جزئياً أو كلياً . بالإضافة إلى ذلك وجد أن الاستخلاص المتكرر للتربة لهذا الجزء المفقود بالماء أو بالمحاليل الحمضية أو القلوية الضعيفة (المخففة) يؤدى إلى نزع جزء قليل فقط من الفوسفور (المفقود) . وهذا النقص فى ذوبان الفوسفات المضاف يُعرف بحجز الفوسفات Phosphate retention أو Phosphate adsorption (ويشير هذا الجزء من الفوسفور المحجوز أو المدمص إلى الفوسفور الذى يُجذب إلى أسطح معادن الطين والذى يمكن أن يُستخلص بواسطة الأحماض أو القلويات الضعيفة ويُعتبر هذا الجزء مُيسر بدرجة كبيرة بالنسبة للنبات) . بينما الفوسفور المثبت Phosphorus Fixation (يشير إلى الجزء من الفوسفور قليل الذوبان والذى لا يمكن استخلاصه بواسطة الأحماض أو القلويات المُخففة ، ولا يُعتبر سريع فى درجة تيسره للنبات) ويرجع حجز أو تثبيت الفوسفات إلى تحول فوسفات الكالسيوم الأحادية الذائبة إلى فوسفات غير ذائبة نتيجة تفاعلها مع الكالسيوم في الترب القاعدية أو مع الحديد والألومنيوم في الترب الحامضية .

ويمكن توضيح الميكانيكية التي بها يصبح الفوسفور غير ذائب كما يلى : عند إضافة حبيبات سماد السوبر فوسفات إلى التربة فإن بخار الماء الموجود بالوسط المحيط للحبيبة يتحرك ويدخل بسرعة إلى داخل الحبيبة مما يؤدى إلى ذوبان المادة الرئيسية للسماد وهى فوسفات الكالسيوم الأحادية ، ويتكون محلول داخل الحبيبة يكون مشبع بكميات مرتفعة من فوسفات الكالسيوم الأحادية والثنائية بالإضافة إلى حمض الأورثوفوسفوريك ، ويكون رقم الـ pH لهذا المحلول فى مدى 1 -1.5 أي شديد الحموضة . وعند انطلاق هذا المحلول إلى الوسط المحيط بالحبيبة يؤدى إلى إذابة مكونات حبيبات التربة الملاصقة له . وفى الترب القاعدية غالبا ما يسود الكالسيوم والمغنسيوم بها وخاصة في الترب الجيرية وعلى ذلك يتفاعل هذا المحلول مع الكالسيوم ويتكون مركبات صعبة الذوبان ، في حين يكون التفاعل مع الحديد والألومنيوم في الترب الحامضية .

أولاً: التفاعلات فى الترب القاعدية

1- تفاعلات الترسيب:

بارتفاع رقم pH التربة تزداد أيونات الفوسفات الثنائية والثلاثية ، وفى معظم الترب القاعدية يكون للكالسيوم فاعلية كبيرة ، وبالتالي تتعرض الفوسفات المضافة إلى سلسلة من التفاعلات مع أيون الكالسيوم الذائب في محلول التربة أو المتبادل على أسطح معادن الطين مكوناً مجموعة من المركبات الفوسفاتية المتفاوتة في درجة ذوبانها فوسفات الكالسيوم وبزيادة تركيز الكالسيوم وثبات تركيز

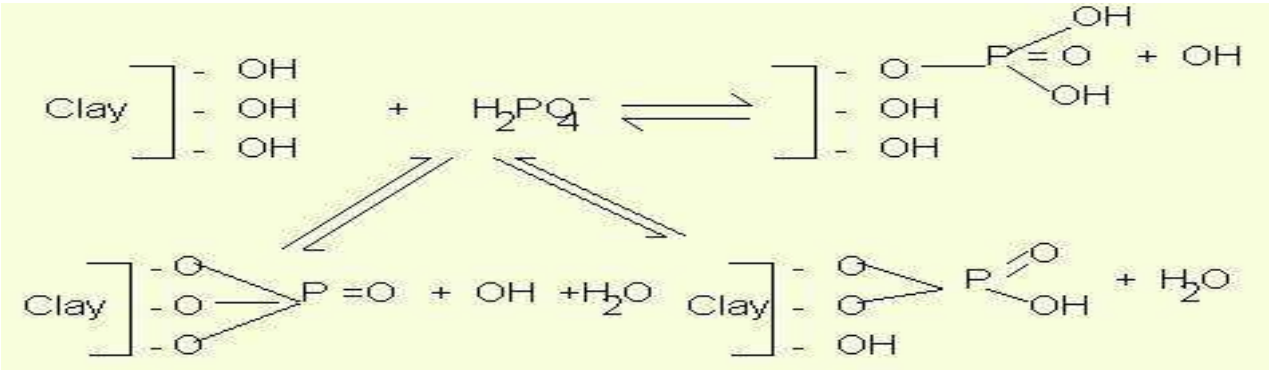
الفوسفات يتم التثبيت بسرعة وذلك بالوصول إلى نهاية سلسلة التفاعل ، ومعنى ذلك أن جزءاً كبيراً من الفوسفور المضاف سوف يُصبح في صورة غير جاهزة بالنسبة للنبات وذلك لتحوله إلى إحدى صور الفوسفور غير القابل للحركة Non - Labile - phosphorus ، وهذا التفاعل يحدث أيضاً في الترب الكلسية .

2- التفاعل مع الأكاسيد السداسية المتأدرتة :

نتيجة للسلوك الأمفوتيرى Amphoteric behavior للأكاسيد السداسية فإن أسطحها تحمل صافى شحنه كهربائية قد تكون سالبة أو متعادلة أو موجبة . وعلى هذا فإن أيونات الفوسفات الموجودة في محلول التربة تدخل في تفاعلات تبادل انيوني مع مجموعات الهيدروكسيل الموجودة على أسطح حبيبات هذه الأكاسيد . ويوجد ثلاثة تفاعلات لأكاسيد الحديد المتأثرة والتي تحدث عند قيم من الـpH أعلى أو أقل أو عند نقطة التعادل الكهربائية لهذا المركب Zero-point of charge (ZPC)

من الخطوات السابقة نجد أنه عند نقطة التعادل الكهربية لأكاسيد الحديد المتأدرته يحدث إحلال لمجموعة الهيدروكسيل بواسطة مجموعة فوسفات أحادية ، ونفس الشيء يحدث عند ارتفاع رقم الـpH وتصبح شحنة المركب سالبة . أما عند انخفاض رقم الـpH تصبح شحنة المركب موجبة ، ويحدث إحلال لجزيء الماء H2O بواسطة مجموعة الفوسفات الأحادية .

- قد يحدث تبادل انيوني بين مجموعة الفوسفات ومجموعة الهيدروكسيل الموجودة فى الهيكل البنائي لمعدن الطين . هذا بالإضافة إلى أن مثل هذا التفاعل يساعد على زيادة عدد مجاميع الهيدروكسيل المرتبطة بالمعدن مما يؤدى إلى زيادة السعة التبادلية الكاتيونية وخاصة عندما يرتفع رقم الـ pH للأرض عن 7 كما توضحها المعادلات الآتية :



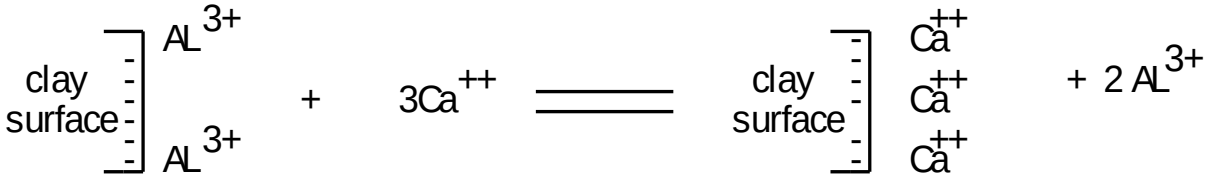
بينما الترب الغنيه بمعادن الطين من نوع 1:2 ، ونظرا لان السعه التبادليه الكاتيونيه لها مرتفعه فتكون كمية الكالسيوم المتبادلة كبيرة وبالتالي يحدث التثبيت أو الاحتفاظ بواسطة أيون الكالسيوم (فوسفات – كالسيوم - طين).

ثانياً: تفاعلات الفوسفات في الترب الحامضية

1- التثبيت بواسطة الحديد والألومنيوم:

يعتبر تثبيت الفوسفات في الترب الحامضية نتيجة مجموعة تفاعلات مختلفة إلى حدٍ كبير عن تلك الحادثة في الترب القاعدية . حيث يكون غالبية احتجاز الفوسفور أو تثبيته نتيجة تفاعله مع الحديد والألومنيوم ، ففي هذه الترب تحتوى أسطح التبادل للغرويات الأرضية المعدنية على كميات كبيرة من الألومنيوم ، وكميات أقل من الحديد والمنجنيز المتبادل . فعند إضافة الأسمدة الفوسفاتية لهذه الترب يحدث ترسيب للفوسفات فى صورة فوسفات الألومنيوم أو الحديد ، ويتم ذلك بأن يقوم أيون الكالسيوم الموجود في السماد بالتبادل مع أيون الألومنيوم وينطلق الأخير إلى محلول التربة ، ثم يحدث له تحلل مائي ويتكون هيدروكسيل العنصر وأخيراً يتحد هيدروكسيل الألومنيوم مع الفوسفات ويحدث ترسيب للفوسفات:

- التبادل الكاتيونى Caion Exchange



- التأدرت : Hydrolysis

$$AL3+ + 2\ H2O \longrightarrow AL(OH)^{2+} + 2H^{+}$$

- الترسيب : Precipitation

$$AL(OH)^{2+} + H_2PO_4^{-} \longrightarrow AL(OH)_2H_2PO_4$$

وهكذا نجد أن واحد مول من الألومنيوم المتبادل والذى حدث له تحلل مائي يُرسب واحد مول من أيونات الأورثوفوسفات . وليس من المنتظر أو المحتمل حدوث تحلل مائي لكل الألومنيوم المتبادل تحت الظروف الحقلية ، وبالتالي من المتوقع أن يكون إسهام هذه الميكانيكية فى تثبيت الفوسفات تكون أقل عن ما يشير إليه هذا التفاعل .

2 - الادمصاص الأيوني بواسطة الأكسيد:

وهنا تتفاعل الفوسفات مع مركبات الحديد والألومنيوم وتتكون معقدات مختلفة . وقد يكون التفاعل مباشراً مكوناً راسب لمكونات الحديد أو الألومنيوم كما سبق ذكره في الخطوة السابقة . أو يحدث ادمصاص للفوسفات على أسطح تلك الأكاسيد ، وتنطلق جزيئات الماء ومجموعات الهيدروكسيل .

3- الترسيب السطحي على حبيبات كربونات الكالسيوم :

في الترب القاعدية المحتوية على كربونات الكالسيوم توجد ميكانيكية أُخرى مسؤولة عن تقليل صلاحية الفوسفور ، فعند تلامس أسطح حبيبات كربونات الكالسيوم مع أيونات الفوسفات الذائبة وخاصةً عند التركيزات المنخفضة يحدث ادمصاص Adsorption لهذه الأيونات على هذه الأسطح فى طبقة سمكها جزئ واحد من الفوسفات من خلال إحلال أيون الفوسفات محل أيون الكربونات CO_3^{2-} . ومع زيادة تركيز الفوسفات المضافة إلى الأرض ، وبغض النظر عن طبيعة التفاعلات التي تحدث فإن الناتج النهائي يتكون فوسفات الكالسيوم في صورة راسب صعب الذوبان ، وثاني أُكسيد الكربون أو الهيدروكسيل.

4- الطين المُشبع بالكالسيوم :

يُعتبر الطين المُشبع بالكالسيوم مسئول عن ميكانيكية ثالثة لتثبيت الفوسفات بالترب القاعدية ، وأيضاً في الترب ذات pH حامضي ضعيف (6.5) ، حيث يقوم الكالسيوم المتبادل بعمل قنطرة تربط بين أيون الفوسفات وسطح الطين، ويمكن تمثيل هذه الرابطة كما يلى :

Clay - Ca - H_2PO_4

ومن الطبيعي أن نتوقع أنه كلما زادت كمية الطين ذات السعة التبادلية الكاتيونية CEC المرتفعة مثل معادن من نوع 1:2 ازدادت كمية الفوسفات المثبتة بهذه الطريقة .

ومن السابق نجد أن نشاط الفوسفور في محلول التربة فى الترب القاعدية ومنها الترب العراقية يكون متوقف على ثلاثة عوامل أساسية وهى :

a. نشاط أيون الكالسيوم Ca^{2+} .
b. كمية وحجم حبيبات كربونات الكالسيوم الحرة فى الأرض الزراعية .
c. كمية ونوع الطين الموجود.

حيث يقل نشاط (جاهزية) الفوسفور في الترب ذات نشاط الكالسيوم المرتفع ، والمحتوى العالي من كربونات الكالسيوم ناعمة القوام ، وكمية كبيرة من الطين المشبع بالكالسيوم. ولهذا يجب إضافة كمية أكبر من الأسمدة الفوسفاتية لمثل هذه الترب للحصول على مستوى ملائم من الفوسفور الجاهز في محلول التربة .

صور الامتصاص

يمتص الفسفور في صورة $H_2PO_4^-$ في الترب الحامضية و صورة HPO_4^{-2} في الترب القاعدية

اعراض نقص العنصر

1. ضعف نمو النبات – تقزم المجموع الخضري وضعف نمو وانتشار المجموع الجذرى والافرع رفيعه كما ان الثمار تكون ضغيره وذات بذور مشوهه.
2. من العناصر المتحركة داخل النبات مثل النتروجين ولذلك يوجد بكثرة في الأنسجة المرستيمية.وتظهر اعراض نقصه اولا على الاوراق القديمة .
3. الأوراق تأخذ لوناً اخضر قاتم وقد يظهر اللون القرمزي علي الأعناق والعروق وقد تظهر بقع قرمزية أو بنية علي نصل الورقة وهذا اللون يرجع لتراكم صبغة الأنثوسيانين.

تغية نبات

المحاضرة الرابعة

البوتاسيوم potassium

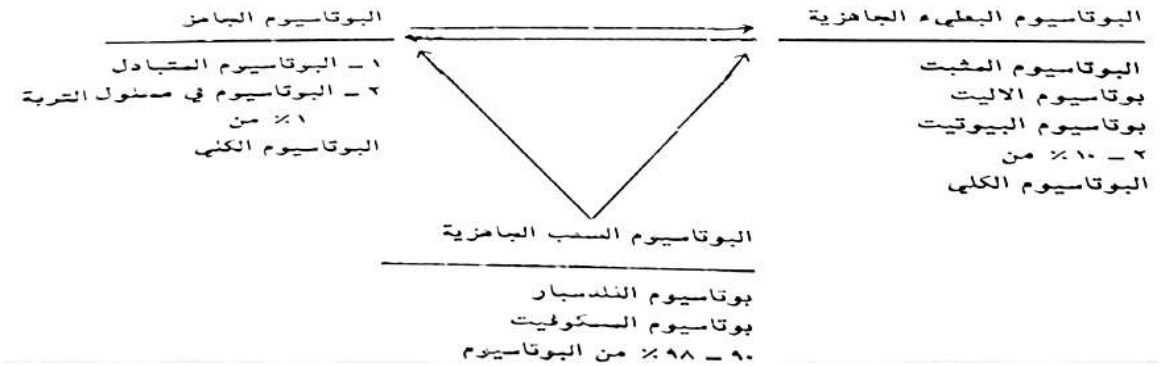
يعد البوتاسيوم احد اهم المغذيات ويمتص من قبل النباتات الراقية بكميات كبيرة واكثر من أي عنصر غذائي اخر باستثناء النيتروجين وهو من العناصر الغذائية الضرورية ، عنصر البوتاسيوم كثير الانتشار في قشرة الارض اذ تصل نسبته الى 2.6 % ولا يوجد في الطبيعة كعنصر حر بل يوجد عادة متحدا مع عناصر اخرى مثل الاوكسجين على صورة K2O اما في التربة فتصل نسبة البوتاسيوم الكلي 0.83ا % وعادة ما يكون بصورة كتيون متبادل بالاضافة الى حالته الذائبة.

صور البوتاسيوم في التربة

1 - البوتاسيوم الذائب في محلول التربة : -هو البوتاسيوم الذائب في محلول التربة,أي انه يمثل الصورة التي لاترتبط بقوى التبادل الكاتيوني وتشكل هذه الصورة نسبة قليلة من البوتاسيوم الكلي بالتربة اذ تتراوح بين 0.1-2% وهذه الكمية قليلة ولاتسد الاحتياجات المطلوبة من أي نبات مزروع أن هناك عدة عوامل توثر على هذه الكمية منها كمية البوتاسيوم المتبادل ونوع معادن الطين والمعادن الأولية وكميتها وتركيز الايونات الأخرى وشدة الغسل ,وتمتاز الصور الذائبة بأهمية خاصة لانها الصورة الجاهزة لتغذية النبات وتمثل الجزء الهام في المستودع غير المستقر

2 - البوتاسيوم المتبادل : - وهو البوتاسيوم المنجذب على سطح غرويات التربة التي تحمل الشحنة المضادة ويعتبر البوتاسيوم المتبادل الصورة الجاهزة من البوتاسيوم للنبات وان نسبة هذه الصورة تتراوح بين 1-10%من البوتاسيوم الكلي

3-البوتاسيوم غير المتبادل ويشمل كلا من البوتاسيوم المثبت fixed-exchangeable والبوتاسيوم المعدني الذي في كل المعادن الأولية والثانوية وقد صنف بعض الباحثين البوتاسيوم غير المتبادل الى الصور البطيئة التحرر والصور المتوسطة التحرر وتشكل هذه الصورة 98-90% من البوتاسيوم الكلي وبهذا فان البوتاسيوم غير المتبادل يكون في حالة توازن مع البوتاسيوم المتبادل وان الكمية الممتصة من هذه الصورة تزداد مع الوقت.حيث يتحول الى بوتاسيوم بطيء الجاهزية.



تثبيت البوتاسيوم في التربة ان عملية تثبيت البوتاسيوم هي عملية كيمياوية بين بلورات حبيبات التربة وهي عملية تحول البوتاسيوم من الصورة الجاهزة الى الصورة التي يكون فيها البوتاسيوم بطيء الجاهزية ولكنه اكثر تحررا من البوتاسيوم الصعب الجاهزية.

العوامل المؤثرة على تثبيت البوتاسيوم في التربة

1- كمية ونوع الطين : ان معادن الطين 2:1 تثبت البوتاسيوم بكميات كبيرة مقارنة بمعادن 1:1 .اذ ان عملية تثبيت البوتاسيوم بواسطة معادن الطين داخل الفجوة السداسية في طبقة التتراهيدرا السيليكا ، وخاصة معادن الطين من نوع 1:2وذلك لتقارب نصف قطر أيون البوتاسيوم (1.33 أنجستروم) مع نصف قطر هذه الفجوة (1.35 أنجستروم) . وتتم عملية التثبيت نتيجة انتقال الأيون من مواقع التبادل المشبعة إلى هذه الفجوات ، وبالتالي يرتبط هذا الأيون بقوة تمنعه من الانطلاق بسهولة إلى محلول التربة ، وبالتالي فإن معادن الطين السائدة يكون لها تأثير الكبير في عملية التثبيت . ومن هنا تختلف قدرة معادن الطين فيما بينها على تثبيت البوتاسيوم .

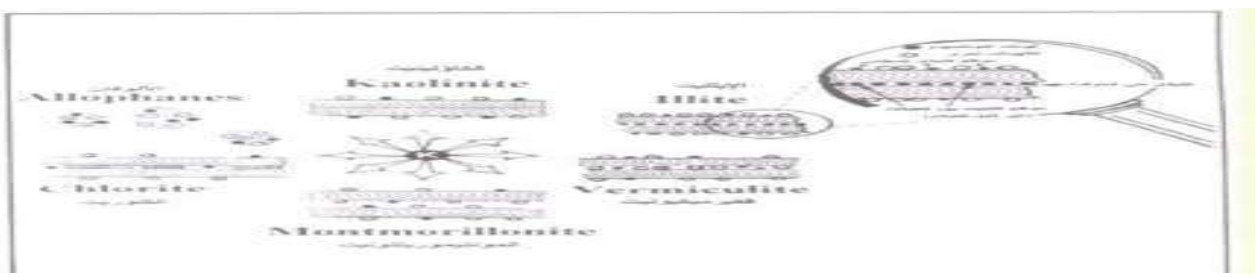
عند إضافة كميات متساوية من أسمدة البوتاسيوم (مثلاً لرفع مستويات البوتاسيوم المتبادل من 5 إلى 15 ملغم /100 غم تربة) نجد أن تركيز البوتاسيوم في محلول التربة للترب الرملية والتي تحوى كمية قليلة من الطين يرتفع بشدة، ويرجع ذلك لأن الكمية القليلة من الطين يحدث تشبع لأسطح التبادل عليها بسرعة ، بينما في الترب الثقيلة فإن تركيز البوتاسيوم في محلول التربة يكون قليل ويرجع ذلك لأن محتوى تلك التربة مرتفع من معدن الإليت ، والذى يقوم بإدمصاص البوتاسيوم المضاف بسرعة . في حين نجد أن التربة الغنية بمعدن الكاؤلينات تأخذ موقعاً متوسطاً. و يمكن تقسيم معادن الطين الموجودة في التربة حسب درجة تثبيتها للبوتاسيوم إلى ثلاث مجموعات أساسية يمكن توضيح ديناميكية تثبيت كل منها للبوتاسيوم في شكل (6-4) وهذه المجموعات :

أولاً : معادن الكاؤلينات:

وهذه المعادن من نوع 1:1 وقدرتها على التثبيت قليلة نظراً لطبيعة تركيبها البلوري وقلة كمية الشحنة السالبة على أسطحها ، وعلى ذلك تكون الكمية المنطلقة من البوتاسيوم في الترب الغنية في الكاؤلينات أقل منها من تلك التي تحتوى على نسبة عالية من المعادن من نوع 1:2. ويرجع ذلك لأن الكاؤلينات لا يثبت البوتاسيوم بين طبقاته ، لكن يمسكه بقوة على أسطحه الخارجية عند الحواف لأن مصدر الشحنة هو طبقة التتراهيدرا (خارجية) .

ثانياً: معادن الإليت والفيرميكوليت

هذه المعادن من نوع 1:2 وتتميز بقدرتها العالية على تثبيت البوتاسيوم نظراً لطبيعة تركيبها البلوري ، وعلى ذلك فهذه المعادن تدمص البوتاسيوم من محلول التربة وتثبته بين الوحدات البلورية لها ، والتثبيت يتم بطريقة طبيعية وذلك لتشابه حجم كلٍ من أيون البوتاسيوم والمسافة البينية بين الوحدات البلورية ، وأيضاً مما يزيد من عملية التثبيت عدم قابلية هذه المعادن على التمدد بالرطوبة . والبوتاسيوم المثبت لا يكون صالح للنبات في حينه لكن ينطلق ببطء مع انخفاض تركيز كلٍ من البوتاسيوم المتبادل والبوتاسيوم الذائب .



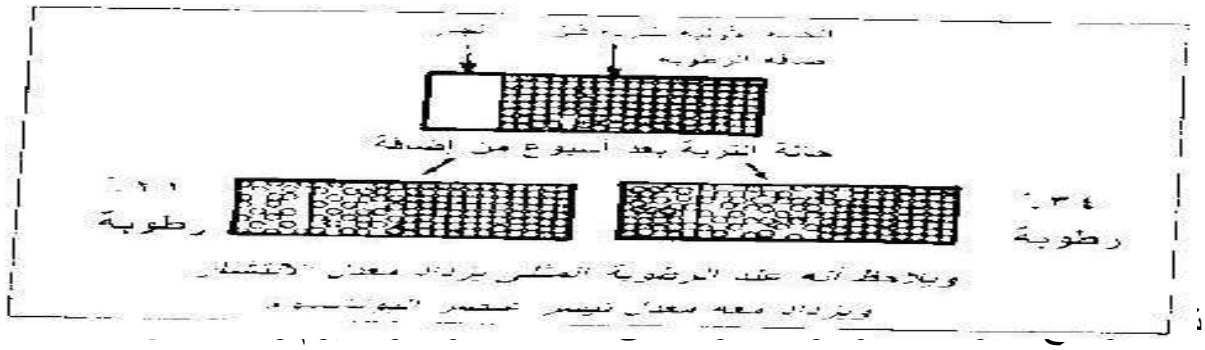
شكل تخطيطي يوضح ديناميكية تثبيت البوتاسيوم بمعادن الطين المختلفة

ثالثاً: معدن المونتموريللونايت

هذا المعدن أيضاً من نوع 2 : 1، لكنه لا يُثبت البوتاسيوم نظراً لأن قوة الربط بين المعدن وأيون البوتاسيوم منخفضة ؛ لأن مصدر الشحنة يكون طبقة الأوكتاهيدرا البعيدة عن السطح الخارجي وذلك عكس معدن الكاؤلينات . وأيضاً هذا المعدن له القدرة على التمدد والانكماش مما يساعد على حرية دخول وانطلاق أيون البوتاسيوم من مواقع التبادل المدمصة على الأسطح الداخلية بين الوحدات البلورية للمعدن . ونتيجة لأن السعة التبادلية الكاتيونية لهذا المعدن مرتفعة فمن المتوقع أن تكون كمية البوتاسيوم المتبادلة كبيرة وهى تعتبر صورة صالحة للنبات ، وبالتالي يمكن القول بان التثبيت بواسطة هذا المعدن لا يعتبر مشكلة ، بل يُعتبر البوتاسيوم المتبادل مخزون صالح للاستهلاك بواسطة النبات . علماً بأنه في حالة الجفاف الشديد يمكن أن يحدث تثبيت لجزء من البوتاسيوم الموجود على الأسطح الداخلية وسرعان ما ينطلق لمحلول التربة مع ابتلال هذه المعادن .

2 - محتوى التربة من الرطوبة

غالبية البوتاسيوم الذى يمتصه النبات ينتقل إلى الجذور من محلول التربة. ويتم الانتقال عن طريق التدفق الكتلى Mass flow ، وأيضاً عن طريق الانتشار نتيجة لحدوث تدرج في التركيز الناتج من امتصاص الجذور للبوتاسيوم. وعلى ذلك فإن الكمية التي تصل إلى المجموع الجذري تعتمد على تركيز البوتاسيوم في محلول التربة القريب والبعيد عن المجموع الجذري. وكما هو معروف بأن الانتشار يتأثر بمحتوى التربة من الرطوبة ، حيث يزداد معدل الانتشار بزيادة محتوى التربة من الرطوبة.



كما يؤثر المحتوى الرطوبي على تثبيت البوتاسيوم بواسطة معادن الطين ، حيث وجد أن التجفيف يؤدى إلى زيادة التثبيت بسبب زيادة تجمع البوتاسيوم على أسطح معادن الطين ، وتعاقب الري والتجفيف تؤدى إلى تحرر البوتاسيوم المثبت. كما لوحظ أن هناك بعض معادن الطين التي تثبت البوتاسيوم تحت ظروف الرطوبة أو الجفاف على حدٍ سواء ، ويرجع ذلك إلى عدم قدرة هذه المعادن على التمدد بالرطوبة .

3 -إضافة الكالسيوم

وجد أن إضافة الكالسيوم إلى الترب الحامضية يؤدى إلى زيادة كمية البوتاسيوم المتبادل ، حيث يقوم الكالسيوم بطرد الهيدروجين جزئياً من على أسطح التبادل ، وبالتالي يسمح بدخول البوتاسيوم ويمنع فقده عن طريق الغسيل . أما في الترب المتعادلة والقاعدية فإن إضافة الكالسيوم تؤدى إلى زيادة البوتاسيوم الذائب .

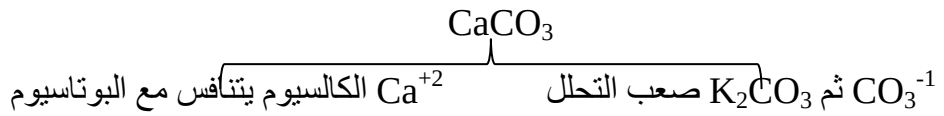
4 - تأثير أيون الأمونيوم

سبق وأن ذكرنا أن نصف قطر أيون البوتاسيوم K^+ (1.33 أنجستروم) مقارب إلى نصف قطر الفجوة السداسية في طبقة التتراهيدرا (1.35 أنجستروم) ، وبالتالي يحدث تثبيت للبوتاسيوم في هذا الموقع . أيضاً وجد أن أيون الأمونيوم NH_4^+ (1.3أنجستروم) مقارب لهذه الفجوة السداسية . ولهذا السبب فإن هناك تأثيراً متبادلاً لهذين الأيونين على تثبيت كلٍ منهما للآخر. حيث أثبتت نتائج العديد من الأبحاث أن مواقع تثبيت البوتاسيوم والأمونيوم متشابهة ، وعند إضافة الأمونيوم أولاً فإن مواقع التثبيت يتم شغلها بهذا الأيون مما يؤدى إلى جعل البوتاسيوم المضاف بعده في صورة جاهزة ، وتزداد كمية الأمونيوم المثبتة بزيادة الكمية المضافة منه ، ونتيجة لصغر حجمه تزداد قوة مسكه بين الطبقات . في حين أن إضافة البوتاسيوم أولاً فإنه يعمل على تقليل الأمونيوم المثبت . ووجد أنه في حالة إضافة كميات متساوية من الأيونين يتم تثبيت كمية أكبر من البوتاسيوم بالمقارنة بكمية الأمونيوم المثبتة في الترب العضوية والرملية يرتبط البوتاسيوم بمواقع سطحية والتي ترتبط بحالة اتزان سريع مع البوتاسيوم الذائب في محلول التربة ، وإن عدد هذه المواقع في مثل هذه الترب قليل جداً وكذلك الحال في معادن الطين من نوع 1:1 والتي تمتاز بعدم قدرتها على تثبيت البوتاسيوم . وبالتالي فإن تركيز محلول التربة من البوتاسيوم في الترب الطينية والغنية بمعادن من نوع 1:2 يكون منخفضاً بالمقارنة مع تركيز البوتاسيوم في محلول التربة للترب الرملية أو الترب الطينية الغنية بمعادن من نوع 1:1 مثل معادن الكاؤلينات ، وذلك لقلة محتوى الترب الأخيرة على مواقع ادمصاص البوتاسيوم وانعدام مواقع التثبيت. وبالتالي يمكن التوقع بأن معدل انتشار البوتاسيوم في الترب الرملية أو العضوية وحركته إلى الطبقات تحت السطحية في قطاع التربة يكون أكبر عن ما هو فى الترب المعدنية الطينية والغنية بمعادن 1:2 وذلك عند تساوى الرطوبة في كليهما.

5 - كاربونات الكالسيوم : ان اضافة كاربونات الكالسيوم للترب الحامضية سيؤدي الى زيادة مقدرة التربة على تثبيت البوتاسيوم وذلك من خلال :

أ- كاربونات الكالسيوم تتحد مع البوتاسيوم وتكون كاربونات البوتاسيوم .

ب- وجود كاربونات الكالسيوم ترفع درجة pH التربة .

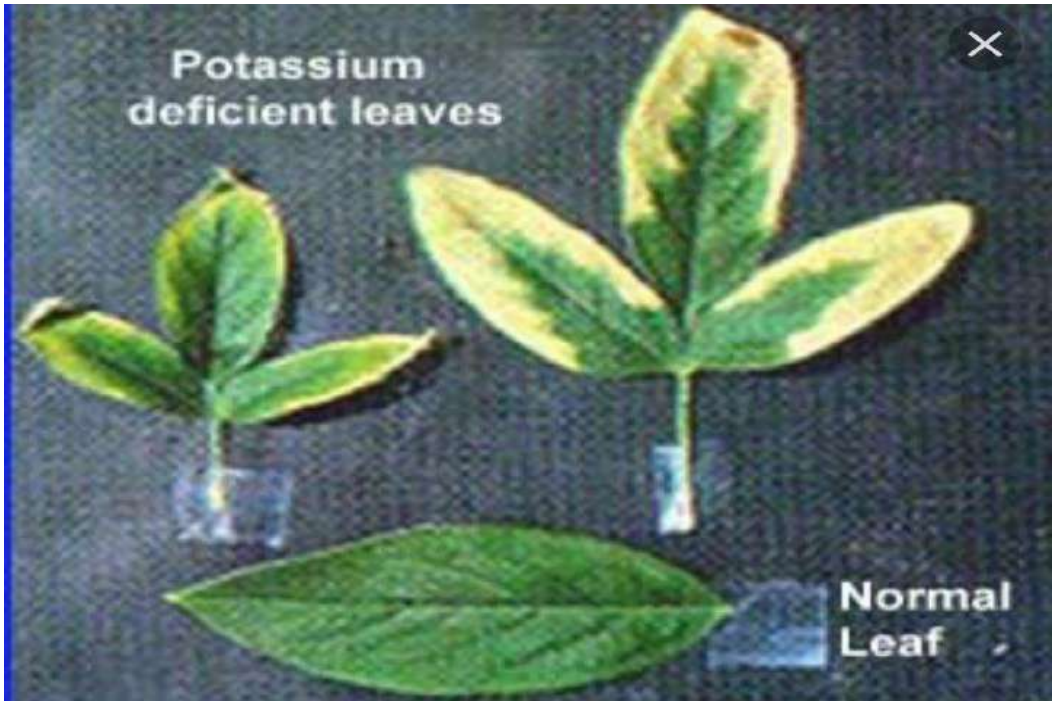


البوتاسيوم في تغذية النبات

1. لا يدخل البوتاسيوم في تركيب النبات ولكن له دور فسيولوجي فهو المسؤول عن الضغط الانتفاخي للخلايا (أي الوسط الاشد ملوحة هو الذي يسحب الماء اليه) يعني ان البوتاسيوم الموجود داخل الخلية يعمل على رفع او زيادة الملوحة وبالتالي الخلية ورفع الضغط الأسموزي للخلايا وسحب ماء اكثر
2. البوتاسيوم مسؤول عن نقل نواتج عملية التركيب الضوئي من مكان التصنيع الى مكان الخزن وهو المنظم لحركة الذائبات بدأ بالماء الحر الى الكربوهيدرات من الأوراق والى الثمار والأزهار والدرنات لذلك نقصه يؤدى حتما الى نقص المحصول وتساقط الأزهار والثمار لنقص المدد الكربوهيدراتى والهرموني الذى يساعد البوتاسيوم على نقله.
3. له دور هام في بناء السكريات والنشا .
4. منظم لعملية فتح وغلق الثغور .
5. وجود البوتاسيوم بكميات كافية يساعد اختزال النترات وتكوين البروتينات وعدم تكوين الامينات السامة
6. منشط لأنزيم ال Pyruvate Kinase ومنشطا للأنزيمات المساعدة في عملية بناء الكربوهيدرات
7. وجود البوتاسيوم بكميات كافية وملائمة يمنع حصول الرقاد في محاصيل الحبوب
8. وبصورة عامة يمكن القول ان المحاصيل الدرنية مثل البنجر السكري ، والقصب السكري ، والبطاطا لها طلب كبير على البوتاسيوم.

اعراض نقص العنصر

1. من العناصر المتحركة ويوجد بنسبة عالية في الأطراف النامية لكل من الجذر والساق والأوراق .
2. احتراق حواف الأوراق وتشتد هذه الأعراض علي الأوراق السفلية .ويظهر النبات ضعيفاً وقصيراً وأوراق أشجار الفاكهة تتلون باللون الأرجواني وتحترق حوافها والأوراق المسنة مجعدة ومكرمشة.



تغذية نبات
المحاضرة الخامسة
الكالسيوم

كالسيوم التربة ومصادره

الكالسيوم احد العناصر الضرورية للنبات ومحتوى قشرة الأرض من هذا العنصر عال يقترب من 3,64٪. إن محتوى الترب من عنصر الكالسيوم مختلف باختلاف نوعية التربة ومادة الأصل والظروف المناخية السائدة. إن مصادر كالسيوم التربة هي الصخور والمعادن الأولية والثانوية الحاوية على الكالسيوم ، يضاف إلى هذه المصادر الكالسيوم المضاف إلى التربة سماداً.

المعادن الأولية: إن المعادن الأولية تعد مصدراً مهماً لكالسيوم التربة هي:

Calcium Feldspar	$CaAl_2Si_2O_8$
Tremolite amphibole	$Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$
Actinolite	$Ca_2Fe_5Si_8O_{22}(OH)_2$
Epidote	$Ca_2(Al,Fe)_3Si_3O_{12}(OH)$

المعادن الثانوية: أهم المعادن الثانوية التي يوجد الكالسيوم فيها هي:

Dolomite	$CaCO_3,MgCO_3$
Calcite	$CaCO_3$
Gypsum	$CaSO_4.2H_2O$
Apatite	$Ca_3(PO_4)_3.(Cl,F)$

كذلك يوجد الكالسيوم في معادن الطين الثانوية وخاصة في المعدن الطيني المونتموريللونايت. عند تعرض هذه المعادن إلى عمليات التجوية يتحرر الكالسيوم منها إلى محلول التربة. والكالسيوم الموجود في محلول التربة في صورة ايون الكالسيوم تجري عليه العمليات الآتية: -

1- الفقد بماء الري أو الأمطار نتيجة عمليات الغسل وخاصة في أتربة المناطق الرطبة.

2- يمتصه النبات وجزء منه تستهلكه الكائنات الحية الدقيقة.

3- يدمص أو يكون بصورة متبادلة على سطوح معادن الطين.

4- يترسب من محلول التربة على شكل كربونات الكالسيوم وفوسفات الكالسيوم.

إن كالسيوم التربة يوجد بعدة أشكال تختلف بصفاتها وجاهزيتها للنبات وهذه الأشكال هي:

1) الكالسيوم غير الجاهز للامتصاص من لدن النبات وهو الكالسيوم الذي يوجد في المعادن الأولية، ويعد مخزناً للكالسيوم المتيسر للنبات بعد تحرره من هذه المعادن بفعل عمليات التجوية.

2) الكالسيوم المتبادل وهو الكالسيوم المدمص إلى غرويات التربة العضوية وغير العضوية. ويلعب هذا الجزء من الكالسيوم دوراً مهماً في تركيب وبناء التربة. إن وجود نسبة عالية من الكالسيوم على سطوح التبادل للتربة يؤدي إلى حدوث تجميع flocculation لحبيبات التربة. وهذا التجمع لحبيبات التربة يؤدي إلى جعلها محببة ومسامية، وهذا يؤدي إلى حصول تهوية جيدة، وتحسين قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء. يضاف إلى ذلك زيادة معدل نشاط الكائنات الحية الدقيقة المسؤولة عن كثير من العمليات الحيوية داخل التربة وبالتالي زيادة نمو النبات والحاصل. إن الكالسيوم المتبادل أو المدمص على حبيبات التربة يكون صورة جاهزة للامتصاص من لدن النبات ويعد بذلك مخزناً لكالسيوم محلول التربة في حالة استنزاف ما يحتويه محلولها من الكالسيوم.

3) كالسيوم محلول التربة وهو الكالسيوم الذائب والجاهز للامتصاص من لدن النبات، هذا الشكل للكالسيوم يكون في حالة توازن مع الكالسيوم المتبادل.

العوامل التي تؤثر في جاهزية الكالسيوم

من العوامل المهمة التي تؤثر على جاهزية الكالسيوم وتوفر الكمية الملائمة من هذا العنصر في محلول التربة بصورة ذائبة لتزويد النبات بالكمية التي يحتاجها في دورة حياته هي:

1- الكالسيوم المتبادل: تلعب السعة التبادلية الكاتيونية للتربة دوراً كبيراً في توفير الكالسيوم الذائب، إذ أن التربة ذات السعة التبادلية الكاتيونية الواطئة والمحتوية على كمية قليلة من الكالسيوم تزود النبات بكمية جيدة من الكالسيوم. ولكن عندما تكون كمية الكالسيوم في التربة أكبر من الحالة الأولى ولكن في تربة ذات سعة تبادلية كاتيونية عالية فان هذه التربة تزود النبات بكمية اقل من الكالسيوم مقارنة بالتربة الأولى وذلك لاحتياج التربة ذات السعة التبادلية الكاتيونية العالية إلى كمية أكبر من الكالسيوم لإشباعها.

2- نوعية الطين: إن معادن الطين من نوع 1:2 تحتاج إلى كمية كبيرة من الكالسيوم حتى تصل إلى درجة التشبع مثل معدن المونتموريللونايت الذي يحتاج إلى 70٪ نسبة التشبع

بعنصر الكالسيوم حتى يمكن أن يزود النبات بالكالسيوم أما معادن الطين من نوع 1:1 فتحتاج إلى نسبة تشبع 40 - 50٪ من الكالسيوم حتى تبدأ التربة بتجهيز النبات بالكالسيوم. ومن هذا يتضح بان الترب التي تسود بها معادن الطين من نوع 1:1 تكون قابليتها التجهيزية بالكالسيوم أكبر من قابلية الترب التي يسود بها معادن الطين من نوع 1:2.

3- رطوبة التربة: تزداد جاهزية الكالسيوم في التربة بوجود محتوى جيد من الرطوبة في التربة. في الترب الرطبة تقل نسبة الكالسيوم لازدياد عمليات فقد هذا العنصر بالغسيل، ويحل الألمنيوم والهيدروجين محل الكالسيوم على سطوح حبيبات التربة، وبذلك تقل كمية الكالسيوم الجاهز للنبات، وتعالج هذه الحالة بإضافة مادة الجير والجبس لمثل هذه الترب لسد النقص بعنصر الكالسيوم الذي يحتاجه النبات لإكمال دورة نموه وفعالياته الحيوية. في الترب الجافة وشبه الجافة توجد نسب عالية من الكالسيوم وذلك لقلة الأمطار وقلة الفقد عن طريق عملية غسل التربة.

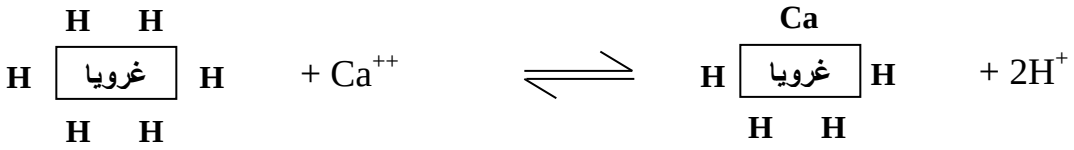
الكالسيوم واستصلاح التربة

بالنظر إلى الدور الذي يؤديه الكالسيوم في تكوين بناء التربة وتحسين صفاتها من حيث التهوية وتجمع الحبيبات وقابلية التربة على الاحتفاظ بالماء، ودرجة تفاعلها والدور الذي تؤديه في جاهزية العناصر الغذائية، فان الكالسيوم يستعمل في استصلاح الترب الحامضية والأتربة القلوية ذات المحتوى العالي من ايون الصوديوم. إن الترب الحامضية تعاني من نقص عنصر الكالسيوم بسبب زيادة معدل عملية غسل مقد التربة نتيجة سقوط الأمطار بكميات كبيرة. وان سقوط الأمطار بكميات كبيرة يؤدي إلى غسل مقد التربة من الكاتيونات القاعدية التي من ضمنها الكالسيوم بإبعاده إلى خارج محور الامتصاص لجذور النبات. وهذا يؤدي إلى انخفاض درجة تفاعل التربة نتيجة زيادة ايونات الهيدروجين والألمنيوم على سطوح التبادل للتربة وسيؤديه ايون الهيدروجين في محلول هذه الأتربة الحامضية لذلك فان الكالسيوم يضاف إلى الترب الحامضية في صورة كربونات الكالسيوم أو دولومايت من اجل:

1- سد نقص التربة بعنصر الكالسيوم أو المغنيسيوم لتجهيز النبات بالكمية التي يحتاجها من هذه العناصر لإكمال دورة حياته.

2- رفع درجة تفاعل التربة وتقليل درجة الحامضية وذلك باستبدال ايونات الهيدروجين والألمنيوم السائد في محلول التربة وسطوح التبادل بعنصر الكالسيوم كما في المعادلات الآتية:

$$CaCO3 + H2O \longrightarrow Ca+2 + HCO3 + OH-$$



3- تقليل جاهزية عدد من العناصر السامة للنبات بسبب زيادة تركيزها مثل الألمنيوم.

4- تحسين تركيب وبناء التربة.

5- زيادة نشاط طائفة من الكائنات الحية الدقيقة.

لهذا فان مادة كربونات الكالسيوم CaCO3 (الجير) (lime) تضاف بكميات كبيرة إلى ترب المناطق الرطبة (الترب الحامضية) من اجل استصلاحها للحصول على تربة جيدة ملائمة لنمو النبات لزيادة الإنتاج الزراعي. في الترب القلوية التي يسود فيها ايون الصوديوم يضاف الكالسيوم بصورة كبريتات الكالسيوم CaSO4 (الجبس) من اجل خفض درجة تفاعل هذه الترب، وذلك لكون درجة تفاعلها أعلى من 8,5 حيث تؤثر تأثيرا سلبياً في جاهزية العناصر الغذائية. الترب القلوية تعاني من رداءة بنائها وتركيبها حيث يعمل الصوديوم على تفريق حبيبات التربة وجعلها ذات بناء صلد ذات مسامية قليلة فتقل بذلك تهوية التربة ويقل معدل احتفاظها بالماء وينخفض نشاط الكائنات الحية الدقيقة فيها ويضعف نمو النبات النامي فيها، لذلك فان إضافة كبريتات الكالسيوم إلى مثل هذه الترب يؤدي إلى إحلال الكالسيوم محل الصوديوم السائد على سطوح التبادل وفي محلول التربة ويسبب ذلك خفض PH التربة وتحسين الصفات الكيمياوية والفيزيائية.

دور الكالسيوم في نمو النبات

1. يدخل في تركيب الصفيحة الوسطي للخلية مع المواد البكتينية بصورة بكتات الكالسيوم يكون مكون رئيسي للجدران الخلوية النباتية ومكون ضروري للأغشية الحيوية والحفاظ على سلامتها(سمنت الخلية) وخواصها.
2. يدخل في تركيب هيكل النسيج النباتى ، ولذلك فهو يلعب دوراً هاماً في صلابة الأنسجة النباتية وزيادة مقدرة تحملها لبعض الأمراض البكتيرية والفطرية، وكذلك زيادة المقدرة التخزينية للثمار والدرنات والأبصال. فهو مكون ضروري للأغشية الحيوية والحفاظ على سلامتها.
3. يؤدي الكالسيوم دورا كبيرا وضروريا في الاغشية الخلوية للخلية اذ يتحكم في النفاذية الاختيارية للغشاء الخلوي. فهو يكون أملاحاً لحامض الفوسفاتديك ((phosphatidic acid) الذى يدخل في

تركيب أغشية الخلايا، وهو مهم للمحافظة على نفاذيتها وفاعليتها ووجودها بحالة طبيعية والحفاظ على الفجوات والنواة والجسيمات الأخرى، مثل الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء.

4. يلعب دورا مهما في التخصيب وعقد الثمار ولهذا يلعب دورا هاما في تقليل انفصال الازهار والثمار بعد العقد.
5. يعتبر الكالسيوم منشأ لأنزيم الاميليز Amylase وبدرجة أقل لأنزيمات ATP-ases ومن المعتقد انه ينظم pH العصير الخلوي.
6. يقلل من سمية بعض العناصر غير العضوية مثل: الصوديوم والمغنسيوم التي يمكن أن تتجمع بكميات سامة، وكذلك فإن له دوراً رئيسياً في معادلة وترسيب الأحماض العضوية الزائدة الناتجة من عمليات التمثيل، وذلك في صورة (أوكزالات كالسيوم) مترسبة.
7. هام جداً في عمليات الانقسام والاستطالة الخلوية، وضروري لاستمرار نمو القمم المرستيمية الخلوية المسئولة عن النموات الحديثة.
8. في حالة نقصه يؤدى إلى التأثير على كفاءة عملية التمثيل الضوئي، حيثُ ثبت أن عنصر الكالسيوم بشكل نسبة كبيرة من تركيب البلاستيدات الخضراء والتي تقوم بعملية التمثيل الضوئي.

اعراض نقص العنصر

1. ان عنصر الكالسيوم من العناصر غير المتحركة داخل النبات ولذلك لا ينتقل من الاجزاء الناضجة الى الاجزاء النباتية النامية ، فلهذا تظهر اعراض نقصه على الاوراق الحديثة.
2. ظهور لون أخضر مصفر على الأوراق الحديثة، بينما تبقى الأوراق المسنة بلون أخضر عادى، إلا أن حوافها تكون عادة أقل اخضرارًا من مركز الورقة، ومع استمرار نقص العنصر تظهر بقع متحللة في الأوراق الحديثة وتلتف أطرافها لأسفل، وأحيانا تكون حوافها متموجة وغير منتظمة النمو، كما يكون النبات متخشبا، والنمو متقزما، والجذور قصيرة وسميكة، وذلك لارتباط الكالسيوم بالانقسام في النبات، ولنفس السبب تموت القمم النامية بالسيقان والأوراق والجذور، ويتوقف النمو.
3. احتراق حواف الأوراق وتصبح الأوراق غير منتظمة وتموت القمم النامية للسوق وتموت البذور أو تكون ضعيفة التكوين وتموت الأوراق مبتدئة بالأوراق العليا متجهة للقاعدة.
4. نقص هذا العنصر يؤدي إلي ظهور أعراض التسمم بالمغنسيوم لزيادة امتصاص النبات للعنصر الأخير.

Calcium Deficiency

by Nebula Haze & Sirius Fourside

تغذية النبات
المحاضرة السادسة
المغنيسيوم والكبريت

المغنيسيوم

مغنيسيوم التربة ومصادره

يعد عنصر المغنيسيوم من العناصر الغذائية الضرورية والأساس في خصوبة التربة وتغذية النبات، وان محتوى قشرة الأرض من هذا العنصر تقدر بحوالي 1,93٪ وكما هي الحال بالنسبة للكالسيوم فانه يوجد تباين بين محتوى الأتربة من هذا العنصر، إذ يقدر محتوى الترب الرملية من هذا العنصر بما يقارب 0,05٪ في حين يقدر محتوى الأتربة الطينية بما يقارب 0,5٪ وقد يصل بترب أخرى إلى 1,1٪. إن محتوى الصخور القاعدية من المغنيسيوم عال، في حين يكون محتوى الصخور النارية الحامضية والصخور الرسوبية واطئا. إن مصادر مغنيسيوم التربة يمكن تقسيمها إلى:

1- المعادن الأولية: من أهم المعادن الأولية الحاوية على المغنيسيوم هي البيوتايت، الهورنبلند والأولفين

[(Mg, Fe)2SiO4] ومعدن الـ Serpentine.

2- المعادن الثانوية: من أهم المعدان الثانوية التي تحتوي على المغنيسيوم وتعد مصادراً لها هي معادن الطين الكلورايت، والفورميكوليت والاليت والمونتموريللونايت إضافة إلى هذه المصادر يوجد المغنيسيوم في الترب على صورة كبريتات وكربونات المغنيسيوم، والمصدر الآخر للمغنيسيوم هو المغنيسيوم الذي يضاف إلى التربة مع الأسمدة الكيميائية.

ويحدث للمغنيسيوم المتحرر من هذه المعدان نتيجة عمليات التجوية وعمليات كيميائية أخرى داخل التربة إلى محلول التربة، ما يأتي:

1- يفقد من التربة بعمليات غسيل التربة نتيجة سقوط الأمطار الغزيرة.

2- يمتصه النبات والكائنات الحية الأخرى.

3- يدمص على سطوح حبيبات معادن الطين.

4- يترسب من محلول التربة على شكل معادن ثانوية.

إن مغنيسيوم التربة يوجد على ثلاثة أشكال بصورة متوازية وهذه الأشكال: الذائب في محلول التربة، والمتبادل على سطوح معادن الطين والمادة العضوية والشكل الثالث هو المغنيسيوم المثبت. إن كلا من المغنيسيوم الذائب والمتبادل تكون جاهزة ومتيسرة لامتصاص النبات والجزء الأكبر من مغنيسيوم التربة يوجد بشكل غير متبادل (مثبت) في المعادن الأولية والثانوية، والمغنيسيوم المتبادل يشكل تقريبا 5٪ من المغنيسيوم الكلي للتربة والذائب يكون اقل من هذا بكثير.

العوامل التي توثر على محتوى التربة من المغنيسيوم

إن العوامل التي توثر في محتوى التربة من المغنيسيوم الكلي توثر بدورها في محتوى التربة من المغنيسيوم الجاهز لامتصاص النبات له، ومن أهم هذه العوامل:

1- نوعية التربة:

إن لنوعية التربة دوراً كبيراً في محتواها من المغنيسيوم حيث وجد بان محتوى الأتربة ذات ألنسجة الخشنة في المناطق الرطبة من المغنيسيوم عادة قليل ويقدر المغنيسيوم الكلي فيها 1٪ بينما محتوى الأتربة ذات ألنسجة الناعمة في نفس المناطق من المغنيسيوم الكلي أكثر من 1٪ لقد أثبتت الدراسات بان الترب المشتقة من الصخور الرسوبية الرملية تكون فقيرة من حيث محتواها من المغنيسيوم الكلي. بصورة عامة اتضح بان المغنيسيوم الجاهز أي الذائب والمتبادل في الترب يزداد بزيادة نسبة الطين أو الطين مضافا إلى الغرين، إذ وجد بان محتوى الترب الرملية من المغنيسيوم اقل من محتوى الترب المزيجية التي بدورها يكون محتواها اقل من الترب الطينية وهذا يعود إلى اختلاف مادة الأصل من حيث محتواها من المغنيسيوم ومقدره التربة على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية الكاتيونية أي السعه التبادلية الكاتيونية.

2- المادة العضوية:

إن محتوى التربة ذات المحتوى العالي من المادة العضوية من المغنيسيوم الكلي أعلى من التربة المحتوية على نسبة منخفضة من المادة العضوية وهذا يعود إلى أن تجمع المادة العضوية على سطح التربة يزيد من حفظ التربة للمغنيسيوم في الطبقة السطحية مما يزيد من كمية المغنيسيوم الجاهز للنبات. إن قابلية الأتربة المحتوية على كميات عالية من المادة المتحللة جزئياً وغير المتحللة على تثبيت المغنيسيوم اقل من قابلية الترب الفقيرة بالمادة العضوية.

3- درجة تفاعل التربة:

إن الأتربة الحامضية تسود في المناطق الرطبة ذات الأمطار الغزيرة ومن هذا وجد بان لدرجة تفاعل التربة دوراً كبيراً في مقدرا ما تحتويه الترب من المغنيسيوم ومدى جاهزيته إذ وجد من البحوث والدراسات بان الترب الحامضية والرملية في المناطق التي تكون فيها كمية الأمطار متوسطه إلى عالية تعاني من نقص المغنيسيوم بسبب عمليات فقد الترب للمغنيسيوم من مقد التربة بوساطه عمليات الغسل بالأمطار الغزيرة.

4- تركيز الكاتيونات:

إن جاهزية المغنيسيوم لامتصاص النبات له تتأثر بتركيز الكاتيونات الأخرى في محلول التربة فمثلاً زيادة تركيز البوتاسيوم والكالسيوم في محلول التربة يقلل من عملية امتصاص المغنيسيوم لحصول عملية التضاد والتزاحم على جهات الامتصاص. والترب ذات السعة التبادلية الكاتيونية الواطئة ربما تتعرض إلى مشاكل ترتبط بالتضاد الذي يحصل بين البوتاسيوم والمغنيسيوم في ظروف المستويات العالية من البوتاسيوم فالسعة التنظيمية الواطئة لمثل هذه الترب ربما ينتج عنها وجود جزء كبير من العناصر الغذائية في محلول التربة.

دور المغنسيوم في نمو النبات

1. المغنسيوم هو احد مكونات الكلوروفيل في النباتات. حاجة النباتات للمغنيسيوم لصناعة الكلوروفيل مطلقة. حيث لا يمكن لأي مادة أخرى أن تؤدي هذا الدور مكان المغنيسيوم. نحو 1% إلى 3% من المغنيسيوم في النباتات موجود في الكلوروفيل. بالرغم من ضآلة نسبة المغنيسيوم في الكلوروفيل، إلا أن دوره في تركيب هذه المادة رئيسي. وبدونه لا تحدث عملية البناء الضوئي
2. الكلوروفيل له دور مهم في عملية التركيب الضوئي، وهي عملية تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية في النباتات. الشكل الكيميائي للطاقة الناتجة من التركيب الضوئي هو مركب معروف بأدينوزين تريفوسفات.(Adenosine Triphosphate ATP) . والمغنيسيوم مطلوب في عملية التركيب البيولوجية والعملية الأيضية للأدينوزين تريفوسفات ATP ، أثناء عملية التركيب الضوئي أو التنفس .
3. المغنسيوم ضروري لعملية انقسام الخلايا، حيث تشترك بكتات المغنسيوم مع بكتات الكالسيوم في لصق ألياف السليلوز عند بناء جدار الخلايا .
4. له دور هام كعامل لاصق للميكروسومات Microsomes التي يتم عليها تمثيل البروتين داخل الخلايا
5. هو ضروري لتنشيط عدد من هذه الأنزيمات التي تشكل محفزات عضوية في العملية الأيضية للفوسفور وينشط المغنيسيوم عدداً من الأنزيمات في النباتات أكثر من أي مغذٍ آخر. والعديد من هذه الأنزيمات تشارك في عملية الأيض للفوسفور.
6. كما تبرز أهمية المغنيسيوم في تركيب البروتين في النباتات، من خلال دوره بتنشيط الأنزيمات وعملية التركيب البيولوجية للأدينوزين تريفوسفات. ATP

7. يعمل المغنسيوم أيضا كعامل منشط للعديد من الأنزيمات الهامة في تحولات التمثيل الغذائي للمواد الكربوهيدراتية و للإنزيمات التي تشترك في تمثيل الأحماض النووية RNA ، DNA
8. وجوده ضروري لتنشيط إنزيمات دورة كالفن.
9. كما يعمل علي زيادة امتصاص وانتقال الفوسفات.وان ال Mg يكون منشط لعدد من الإنزيمات خصوصا تلك التي تعمل على المواد المفسفرة ومنها ال. ATP-ases .

أعراض نقص المغنسيوم على النبات

- عند نقص المغنسيوم في التربة نجد أن العنصر ينتقل من الأوراق المسنة إلي الأوراق الحديثة؛ لذا تظهر أعراض نقصه علي الأوراق المسنة أولا وفي الحالات الشديدة تظهر الأعراض علي الأوراق الحديثة
- ظهور اصفرار متداخل مع اللون الأخضر للورقة على هيئة شريط ، ويكون ذلك على الأوراق المسنة ، ومع تقدم الإصابة يحدث أن تجف الأنسجة وتموت . وأهم ما يميز هذه الأعراض ظهورها أولاً على طرف (قمة) الورقة ثم تنتشر على حواف وبين عروق الأوراق .
- قد يحدث التواء لحواف الأوراق إلى أعلى ، وعند استمرار النقص تتحول البقع إلى اللون الرمادى ثم إلى اللون البنى وتسقط الأوراق قبل موعدها .
- في بعض نباتات الخضر تظهر الأعراض على عدة صور منها الاصفرار على هيئة بقع بين العروق وظهور لون رخامى مع لون برتقالي خفيف و أيضاً في صورة لون أحمر أرجواني.

الكبريت

دور الكبريت في نمو النبات

1. يدخل في تكوين البروتينات وان الروابط الكبريتية تلعب دورا مهما في تحديد تركيب البروتين والأحماض الأمينية مثل ال Methionine,Cystine , Cysteine والتي تتواجد في البروتين.
2. يدخل الكبريت في تركيب ثلاثة أحماض أمينية أساسية هي : السيستين Cysteine ، والسيستاينCystine ، والميثايونينMethionine ، كما يدخل في تركيب الثيامين Thiamin (فيتامين ب)، وهو مرافق إنزيمي ضروري في عملية التنفس ، ويوجد الكبريت أيضاً في تركيب فيتامين البيوتينBiotin ، وفى المرافق الإنزيمي Coenzyme A ، ويلعب دوراً أيضاً في تلوين الثمار كما في الطماطم والتفاح. ومجموعة (-SH) تكون الجزء الوسطي النشط للأنزيمات
3. والكبريت عنصر أساسي في تركيب بعض المواد الطيارة التي تعطى الطعم والنكهة المميزتين لبعض الخضراوات ، مثل : البصل ، والثوم ، والصليبيات اذ يكون المواد الطيارة مثل زيت الخردل والثيوكبريتات في البصل والثوم .
4. له علاقة ببناء الكلوروفيل وتنشيط إنزيم إختزال النترات .
5. له دور في حماية النباتات من عديد من الفطريات المسببة للاعفان

صور الامتصاص

يمتص الكبريت في صورة امونيوم SO_4^{-2} وبعد الامتصاص تختزل الكبريتات داخل النبات الى كبريت عضوي حيث ان اكثر المركبات العضوية الرئيسية الحاوية على الكبريت يوجد الكبريت فيها بصورة مختزلة. وهذه المركبات العضوية تضم الحامض الاميني وكذلك البروتينات التي تحتوي على الاحماض الامينية

اعراض نقص العنصر

نادراً ما تظهر أعراض نقص الكبريت لتوفره في الأسمدة المختلفة ، فضلاً عن أن العنصر نفسه يستعمل في مكافحة الكثير من الأمراض الفطرية.

1. تتشابه أعراض نقص الكبريت مع أعراض نقص النتروجين ، إلا أن الأعراض تظهر على الأوراق الحديثة أولاً ، أما النتروجين فتظهر أعراض نقصه على الأوراق الكبيرة ، ويرجع ذلك إلى أن الكبريت لا ينتقل في النبات بسرعة.
2. تتميز أعراض نقص الكبريت باصفرار الأوراق الحديثة ، ويكون الاصفرار أكثر وضوحاً في العروق عنه بين العروق ، وذلك عكس الحالة في كل من أعراض نقص المغنيسيوم ، والمنغنيز ، والحديد.
3. ان محاصيل الخضراوات مثل الهانة ، والبنجر ، واللفت والبصل ذات احتياج عالي للكبريت ، ونباتات الذرة والقطن ايضا تحتاج الى كميات كبيرة من الكبريت ، اما محاصيل الحبوب فتحتاج الى كميات قليلة ، على حين ان البقوليات ذات احتياج متوسط من الكبريت

تغذية نبات
المحاضرة السابعة
العناصر الصغرى Micronutrients Elements

الحديد: Iron (Fe)

دور الحديد في نمو النبات

1. يكون الحديد في المجاميع التكميلية لبروتينات معينة خصوصا ال Cytochrome والتي لها وظيفة في نقل الاليكترونات وبعض الأنزيمات مثل ال Peroxides و dehydrogenate
2. يعتبر الحديد عنصراً أساسياً لتكوين جزئ الكلوروفيل ، رغم أنه لا يدخل في تركيبه ، ولكن كما يبدو أن الحديد يلعب دوراً هاماً في تكوين الإنزيمات المسؤولة عن تمثيل الكلوروفيل
3. يعتبر الحديد مهم في تركيب الفيرودكسين Ferredoxin الذي يعتبر حامل اليكتروني في عملية الفسفرة وتمثيل N
4. أن الحديد يدخل في تركيب العديد من الإنزيمات اللازمة في عملية التنفس ، ومن أمثلتها: الكاتاليز ، والبيروكسيديز ، وأكسيديز السيتوكروم ، والسيتوكروم ، بالإضافة إلى دخول الحديد في تركيب جزئ صبغة الهيم ، heme وهى الصبغة الضرورية في المراحل الأخيرة من التنفس.
5. يلعب دور هام في عملية اختزال النترات داخل النبات
6. يدخل الحديد بجانب الموليبديوم في تركيب انزيم Nitrogenase المسؤول عن تثبيت النتروجين

أعراض نقص

من أهم أعراض نقص هذا العنصر : اصفرار الأوراق الحديثة بينما الأوراق المسنة تبدو طبيعية وهذا يدل علي أن الحديد من العناصر الساكنة غير المتحركة في النبات.

1. اصفرار النموات الحديثة في النبات CLOROSIS
2. تحول لون الاوراق الى اللون الابيض العاجي
3. صغر حجم الاوراق
4. زيادة معدلات الهدم وسرعة التلف للثمار

الزنك: Zinc(Zn)

دور الزنك في نمو النبات

1. يعد الزنك عنصراً ضرورياً لتكوين التريبتوفان tryptophan ، وهو الحامض الأميني الذى يتكون منه إندول حامض الخليك IAA ، الذي بدوره يقوم بإنتاج هرمون الاوكسين الطبيعي داخل النبات وهو هرمون من هرمونات الشباب ويعتبر الهرمون الشبابي الثاني من حيث القوه داخل النبات بعد السيتوكينين

صور الاوكسين وادواره داخل النبات الذى في الأساس يقوم بتنشيطها العنصر (الزنك)

إندول بيورتريك أسيد	المسؤول عن إنتاج شعيرات جزريه
إندول اسيتيك اسيد	المسؤول عن زيادة التزهير في النبات
نفثالين اسيتيك اسيد	المسؤول عن تثبيت التزهير في النبات
نفثالين اسيتاميد	المسؤول عن تثبيت العقد في النبات كلوروفينوكسي اسيتيك أسيد

2. كما يدخل الزنك في تركيب كل من glyco dehydrogenases الضرورية في تمثيل البروتينات والـglycine dipeptidases، الضرورية للـglycolysis في المراحل النهائية من التنفس.

3. عامل مساعد في تفاعلات إنزيمات الأكسدة والاختزال.يعتبر الزنك منشطا لأنزيم Carbonic anhydrase .
4. كما أن الزنك ضروري لتكوين جزئ الكلوروفيل.
5. عامل مساعد في تفاعلات الاوكسينات.
6. يلعب دوراً هاماً في تكوين الأحماض النووية والبروتينات.

اعراض نقص العنصر

تظهر أعراض نقص الزنك على الأوراق الحديثة أولاً ، حيث يؤدى نقصه إلى ظهور لون مصفر بين العروق في الورقة ، وتظل العروق خضراء ، وتكون الأوراق صغيرة ، وضيقة ، ومبرقشه ومشوهة ، وغير منتظمة الشكل ، وملتوية ، ومتزاحمة على أفرع قصيرة ، فتأخذ شكلاً متورداً rosette كذلك تصبح السلاميات قصيرة ، ويبدو النبات متقزماً في حالات النقص الشديدة ولذلك علاقة بتمثيل الأوكسيد.IAA . نقص عنصر الزنك يؤدي إلى عمل تقزم في القمم النامية،وإذا قل الزنك داخل النبات يعمل تشوه في الثمار نتيجة لأن قلته تؤثر على اللون الأخضر في الأوراق، بالتالي يؤثر بشكل كبير على الثمار.

البورون: Boron (B)

دور البورون في نمو النبات

1. يعمل كمنظم للعمليات الحيوية وله دوراً أساسياً في تكوين الجدر الخلوية
2. ويعمل على تسهيل حركة وانتقال نواتج التمثيل الضوئي من الأوراق إلى المناطق الفعالة في النبات مثل انتقال السكريات في النبات حيث أن السكر ينتقل بسهولة خلال الأغشية الخلوية بعد اتحاده مع البورون مكونا معقد من بورات السكر Borate sugar complex
3. وهو ضروري لانقسام الخلايا ، وتكوين اللحاء ، وانتقال بعض الهرمونات المنشطة ،
4. كما وله دور مشجع في حيوية وإنبات حبوب اللقاح .

5. ويتحكم في سرعة إمتصاص النبات للماء كما وأن وجوده يزيد من مقاومة النبات للجفاف اذ يعمل كمنظم لمعدل الامتصاص وفقد الماء وامتصاص النتروجين.
6. وله علاقة كبيرة بالهرمونات النباتية التي تؤثر على نمو القمم النامية للسوق والجذور وله علاقة في تنظيم امتصاص الكالسيوم .

اعراض نقص البورون

يثبت البورون في الأنسجة التي يصل إليها بعد امتصاصه ، ولا يتحرك بعد ذلك ، حيث أنه عنصر غير متحرك ولهذا تظهر أعراض نقصه على الأوراق الحديثة أولاً .
وتبدأ أعراض نقص البورون في الظهور بانهيار خلايا الأنسجة المرستيمية التي تحدث فيها انقسامات نشطة ، وهى القمم النامية ومناطق الكامبيوم ، وتتأثر الحزم الوعائية بالجذور والسيقان ، ويتعطل انتقال الماء فيها ، فيحدث الذبول الذي يكون غالباً بداية لظهور نقص العنصر ويحدث موت للبرعم الطرفي للسيقان .
ويكون المحتوى الكربوهيدراتى لجذور وسيقان النبات التي تعانى نقصاً في البورون قليلاً بسبب تعطل انتقال المواد الكربوهيدراتية ، وزيادة تركيزها في الأوراق ، وفي حالات النقص الشديدة تموت القمم النامية ، وتتشوه الأوراق الحديثة ، وتظهر بقع بنية أو سوداء فلينية في أعضاء التخزين من جذور ودرنات . ويظهر عن نقصه أيضاً ظاهرة تعفن القلب في بنجر السكر والقلب البني في اللفت وتشقق ساق الكرفس

المنغنيز: Manganese (Mn)

دور المنغنيز في نمو النبات

يعتبر عنصر المنغنيز من العناصر الصغرى الهامة للعديد من العمليات الفسيولوجية للنبات فهو ضروري فى :

1. تفاعلات الاكسدة والاختزال بالنبات وخاصة اختزال النترات الى نتريت وهيدروكسيل امين مما يمنع تراكم النترات.
2. ضروري لنشاط العديد من الانزيمات التى تعمل فى عملية التنفس وانتاج الطاقة
3. هام لتمثيل البروتين والنترات وذلك من خلال تنشيط انزيم الببتيديز
4. ضروري لعمليات الفسفرة وانتاج الطاقة في الميتوكندريا ومنشط لمعظم الأنزيمات الناقلة للفوسفات.
5. يشجع عملية البناء الضوئي وتكوين المواد الكربوهيدراتية
6. يساعد في عملية انقسام البلاستيدات الخضراء.
7. ضروري لتكوين الفيتامينات مثل الكاروتين والريبوفلافين

اعراض نقص العنصر

أهم أعراض نقصه تكون مناطق صفراء بين العروق وتظهر أولاً في الأوراق الصغيرة ويعطي أعراض شبيهه بالصدأ. - النتائج تكون نقصاً في المحصول ونقصاً في جودة الحصاد (ضعف تكوين الحبوب)

النحاس: Copper(Cu)

دور النحاس في نمو النبات

1. يدخل في تركيب كثير من إنزيمات الأكسدة والاختزال مثل , ascorbic acid oxidase tyrosinase , cytochrome oxidase
2. يعمل كمستقبل اليكتروني وسطي في أكسدة المواد.
3. مهم في تكوين الاحماض الامينية والبروتين والمواد الكربوهيدراتية
4. يدخل النحاس في تركيب إنزيم التيروزينيزTyrosinase ، وهو المسئول عن تلون لب درنات البطاطس باللون الداكن في وجود الأوكسجين
5. يدخل في تركيب إنزيم أوكسيديز حامض الأسكوربيك ، ascorbic acid oxidase وهو المسئول عن اكسدة حامض الأسكوربيك.
6. يزيد من مقاومة النبات للفطريات.
7.

اعراض نقص العنصر

يصاحب نقص عنصر النحاس ظهور لون أصفر شاحب وباهت بالأوراق ، يعقبه فقدان اللون الأخضر كلية في قمة الأوراق ، وتظهر الأعراض – كاحتراق واسمرار خاصة في الأيام الحارة ، هذا .. وتكون الأوراق مرتخية ، والنمو بطيئاً ، وفى البصل يصاحب نقص العنصر بهتان لون حراشيف الأبصال.

الموليبديوم: Molybdenum (Mo)

دور الموليبديوم في نمو النبات

1. مهم في تثبيت النيتروجين الجوي بواسطة بكتيريا الرايزوبيوم و تمثيل النترات.
2. منشط لبعض الأنزيمات مثل الnitrate reductase وال nitrogenase المهم في العقد البكتيرية المحتوي على الموليبديوم.
3. هو جزء من التركيب الجزيئي لإنزيم ريبوبروتينيز riboproteinase الضروري لاختزال نيتروجين الهواء الجوي في كل من البكتريا *Azotobacter* و*Rhizobium*
4. ويلعب دوراً هاماً في تحول النترات إلي أمونيا داخل الخلية تمهيداً لعملية بناء الأحماض الأمينية والبروتينات.
5. أن نقص الموليبديوم يتبعه دائماً نقص في تركيز حامض الأسكوربيك في النبات ،

6. هو الذى يحمى الكلوربلاستيدات من أي تغير في تركيبها.
7. أن للموليبيديوم دوراً في ميتابوليزم الفوسفور في النبات

اعراض نقص العنصر

من أعراض نقصه احتراق الأوراق والتي تتشابه مع أعراض نقص كل من النحاس والزنك فتظهر بقع بنية علي الأوراق وتموت حوافها وسقوط الأزهار.
تتميز أعراض نقص الموليبيديوم بصورة عامة بظهور بقع مصفرة غير منتظمة الشكل والتوزيع وتشوه الأوراق الحديثة ، وموت البرعم الطرفي ، ولا ينمو نصل الورقة بمعدله الطبيعي ، وقد لا ينمو كلية وينمو فقط العرق الوسطي من الورقة والذي يكون على شكل يشبة السوط وتسمى هذه الحالة بالذيل السوطي ، كما يكون النمو بطيئاً ، والنباتات متقزمة ، ويصاحب ذلك نقص في كمية ونوعية المحصول ، وتتشابه أعراض نقصه مع كل من النحاس والزنك فتظهر بقع بنية علي الأوراق وتموت حوافها وسقوط الأزهار.

تغذية نبات

المحاضرة الثامنة

المكونات الاساسية للنبات

ان المواد المكونة للنبات الحي هي الماء والمعادن والمادة العضوية، ان الكميات النسبية لهذه المكونات الثلاثة قد تختلف نسبة الى مادة النبات الأخضر، الماء يشكل الجزء الأكبر منها والباقي مادة جافة.

أولا – الماء: يعتبر الماء هو الوسط العام الذي تحدث فيه جميع الأنشطة في الخلايا ومن الناحية الفسيولوجية إن كل الكائنات الحية تعتبر كائنات مائية وان خلاياها تقوم بفعالياتها فقط عند وجود الماء وعند عدم توفر الماء تعجز هذه الكائنات عن القيام بدورها أو بفعاليتها.

يحتوى التركيب الكيميائي للنبات الأخضر على80 – 95% من وزنه ماء. والنسبة المئوية للماء فى النبات تتوقف على العديد من العوامل منها نوع النبات، درجة انتفاخه، وقت أخذ العينة النباتية (تتأثر بزمن أخذها خلال اليوم)، كمية الرطوبة بالتربة، درجة الحرارة ودرجة نشاط الرياح بجانب عوامل أخرى. وعلى هذا يكون من المتوقع اختلاف الوزن الطازج لنبات معين نتيجة لتلك العوامل السابق ذكرها، وبالتالي يكون من الخطأ أن تُنسب نتائج التحليل الكيميائي للنبات إلى الوزن الطازج بل تنسب إلى المادة الجافة Dry matter والتى يتم تقديرها بوضع العينة النباتية الطازجة فى فرن على درجة حرارة 70م لمدة من 24–48 ساعة .

وظائف الماء في النباتات مبنية على طبيعة خواصه الكيميائية والفيزيائية فهو

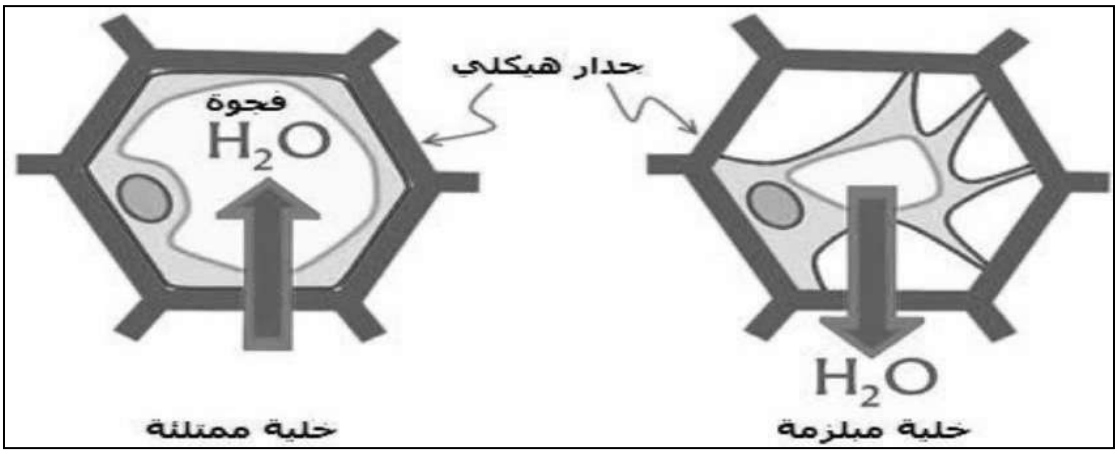
1. يعمل كمنظم لدرجة حرارة النبات– يتميز بقابلية نوعية عالية على استيعاب الحرارة فيحافظ على النباتات من الحرارة العالية وذلك بفضل قابليته على التبخر بدرجات الحرارة المختلفة.
2. مذيب جيد – الماء يذيب جيدا الكثير من المركبات ويتم في الوسط المائي التفكيك الالكتروني لهذه المركبات وتقوم النباتات باستساغة الأيونات الحاوية على العناصر الضرورية للتغذية المعدنية.
3. ان الشد السطحي العالي للماء يحدد دوره في عمليات الامتزاز المختلفة وحركة المركبات المعدنية والعضوية .

4. وسطاً ناقلاً تنتقل فيه نواتج عملية البناء الضوئي والأملاح الممتصة .

5. يمتلك الماء قابلية امرار الأشعة المرئية والأشعة الفوق بنفسجية القريبة منها من الحزمة الضوئية الضرورية للتمثيل الضوئي الا أنه يقوم بحجز معين من الاشعاعات الحرارية وهي الأشعة تحت الحمراء.

6. كمية الماء في خلايا أنسجة النبات هي الأساس في تحديد انتفاخ الخلايا وتضخمها حيث تعتبر عاملا مهما في تنشيط وتوجيه العمليات الفسيولوجية الكيميائية الحيوية المختلفة .

7. يعمل دعامة للنبات عن طريق ضغط الامتلاء



8 . وسط تتم فيه معظم تفاعلات الخلية ويتم بمشاركة الماء المباشر عدد كبير من التفاعلات الكيميائية الحيوية في تركيب أو انحلال المركبات العضوية في الأحياء النباتية

9. الماء لا يعتبر مذيبا للأملاح المعدنية الآتية من التربة ووسطا لحركة وتبادل المواد في النباتات فحسب انما جزء لا ينفصل من تركيب الخلايا النباتية.

10. ان كمية الماء في النباتات تعتمد على نوع وعمر النبات وظروف توفير الماء وعلى النتح ونسبيا على التغذية المعدنية.

المحتوى المائي لمختلف مواد وأجزاء النبات مقاسة بالنسبة المئوية للوزن الرطب

مادة النبات الخضراء الحديثة السن	95–90
الجذور الحديثة السن	93–92
الأوراق القديمة	85–75
القش (التبن) لمحاصيل الحبوب الناضجة	20–15
الحشيش المجفف للعلف	15
بذور محاصيل الحبوب	16–10
البذور الناضجة	10–7
أثمار الطماطة	93–92
البرتقال	90–86
التفاح	81–74
الموز	78–73
درنة البطاطا	80–75
جذور البنجر السكري	80–75

ثانيا – المادة الجافة

• تُمثل المادة الجافة حوالى 5 – 20% من الوزن الطازج، وتتكون المادة الجافة من شقين رئيسيين هما:

• **الجزء العضوي**

• ويمثل الجزء الاكبر من المادة الجافة ويتكون أساسا من عناصر الكاربون والأوكسجين والهيدروجين ويشكل 90 % من المادة الجافة، وهذه العناصر يستمدها النبات من الماء والهواء.

• قد يدخل في تركيب الجزء العضوي عناصر مثل النتروجين والفسفور والكبريت NPS

• كذلك بعض العناصر التي تميل إلى تكوين مركبات مخلبية مع المادة العضوية مثل المغنيسيوم في تكوين الكلوروفيل والكوبلت في تكوين فيتامين B_{12} (مهم في تكوين العقد البكتيرية على جذور النباتات البقولية).

• يمكن تقسيم الجزء العضوي إلى ما يلي

• مركبات عضوية يدخل النتروجين في تركيبها مثل:

الأحماض الامينية التي تدخل في تكوين البروتينات.

الأمينات والاميدات والقواعد النتروجينية.

القلويدات العضوية مثل (النيكوتين والمورفين والكافئين)

الانزيمات، مساعدات الانزيم، الهرمونات النباتية، الفيتامينات، الأحماض النووية

• مركبات عضوية لايدخل النتروجين في تركيبها

المواد الكاربوهيدراتية ومشتقاتها:السليلوز والهميسليلوز والسكريات الثنائية والنشا

الأحماض العضوية مثل الماليك – اللاكتيك – الستريك.

الزيوت والدهون.

• **الجزء المعدنى (الرماد Ash)** والذى يمثل حوالى 5 –10% من المادة الجافة ويمكن الحصول عليه بحرق المادة النباتية الجافة على درجة حرارة من 500– 550 مئوي أو هضم المادة النباتية الجافة بواسطة مخلوط من الأحماض ، ويفضل اخذ النبات الجاف وليس الرطب والسبب إن الوزن الرطب يكون عرضة للتغيير اليومي وكمية الرطوبة المتيسرة في التربة وشدة النتح كذلك إن الوزن الرطب يتغير بتغير نوع النبات وعمره وجزء النبات المأخوذ للتحليل (جذور– سيقان – أوراق – ثمار– بذور).

ان الجزء المعدني يشكل جزءاً صغيراً من مادة النبات إلا انه له أهمية كبيرة في:

1. تمكين النباتات الخضراء من القيام بعملية التركيب الضوئي وبناء مادته العضوية.

2. تفعيل الإنزيمات: إن النباتات تحتوي على آلاف الإنزيمات التي تعمل سوية في إن واحد أو على التعاقب طبقا لما تتلقاه من معلومات من الأحماض النووية التي تسيطر على الفعاليات الحيوية وتسيرها وان هذه الإنزيمات تكون غير فعالة في حالة غياب العناصر المعدنية خصوصا الصغرى منها.

العوامل المؤثرة في التركيب المعدني للنبات

1-العامل الوراثي

العامل الرئيس الذي يسيطر على محتوى مادة النبات من العناصر المعدنية هو العامل الوراثي ، وهذا العامل يفسر الحقيقة بان ماتحتويه مادة النبات الأخضر من النتروجين والبوتاسيوم هي أعلى بعشرة أضعاف من الفسفور والمغنسيوم والتي بدورها توجد بكميات هي أعلى بـ 100-1000 ضعف من العناصر الصغرى . أما من ناحية نوع النباتات نلاحظ إن محتوى البقوليات من عناصر النتروجين والكالسيوم والفسفور أعلى مما موجود في النجيليات ، وان الحمضيات تحتوي عادة على كميات عالية من الكالسيوم، أما محاصيل البطاطا والبنجر السكري وقصب السكر فتكون عالية المحتوى من البوتاسيوم، ويلاحظ إن السبانغ والكرفس ذو محتوى عال من الحديد، أما بالنسبة لنباتات اللهانة والقرنابيط والبصل والثوم فتكون ذو محتوى عال من الكبريت ، هناك اختلاف ملحوظ بين الفصائل النباتية بالنسبة إلى ماتحتويه من العناصر المعدنية وهذا أيضاً يعود إلى العامل الوراثي، لوحظ ان النباتات ذوات الفلقتين :

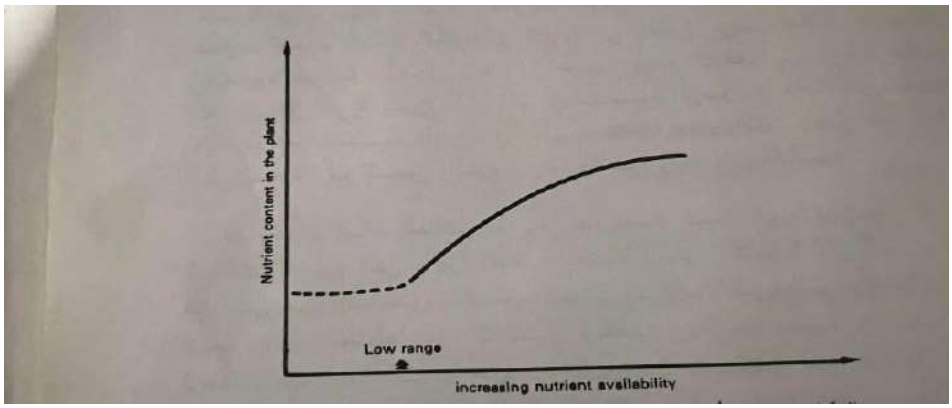
1-تحتوي على الكاتيونات الثنائية التكافؤ اكثر من الكاتيونات الاحادية التكافؤ عند مقارنتها بنباتات ذوات الفلقة الواحدة.

2-الكالسيوم يوجد بجدار الخلية بشكل رئيسي بينما يوجد بتراكيز منخفضة في السايتوبلازم.

3-زيادة امتصاص الكالسيوم في هذه النباتات لان السعة التبادلية الكاتيونية لمواد جدران الخلية هي اعتياديا اعلى مما هي عليه في ذوات الفلقة الواحدة .

2-جاهزية العنصر الغذائي في وسط النمو

تركيز اي عنصر غذائي في النبات يزداد بازدياد جاهزيته في الوسط الغذائي وهذه العلاقة موضحة بالشكل :



ان المخطط المنقط في المنحنى هو في المعدل الواطئ لجاهزية العناصر الغذائية والذي يوضح بان مايحتويه النبات من العناصر يبقى بصورة ثابتة لحد ما . النمو في المعدل الواطئ في جاهزية العناصر الغذائية يكون متوقفا بصورة تامة واي زيادة في تجهيز العناصر الغذائية تحفز النمو . النبات يحتاج الى نسبة معينة من كل عنصر غذائي في اجزائه واذا لم يجهز هذا العنصر للنبات فنمو النبات يتوقف وبعدها يموت النبات .

3-الجزء النباتي: المحتوى المعدني يختلف باختلاف اجزاء النبات فالاجزاء الخضراء مثل الاوراق والسيقان تختلف الى حد كبير في محتواها من المعادن عن الثمار والدرنات والبذور. النبات يجهز ثماره وبذوره بالمعادن والمادة العضوية على حساب اجزاء النبات الاخرى وهذا مما يؤدي الى حصول اختلافات بسيطة في محتوى الاجزاء المنتجة والخازنة في النبات من المعادن .

4-عمر النبات : النباتات الصغيرة السن واجزاء النبات الحديثة التكوين تحتوي على كميات عالية من النتروجين والفسفور والبوتاسيوم بينما في النباتات الكبيرة السن والاجزاء الاكثر نضجا يكون محتواها من الكالسيوم والمنغنيز والحيد والبورون اعلى .

من بزوغ النبات حتى مرحلة تكوين التفرعات يكون امتصاص العناصر الغذائية اكبر من بناء المادة الجافة وترتفع تراكيز N و P و K ، بعد مرحلة تكوين التفرعات يكون هناك زيادة في نمو النبات وانخفاض في تراكيز N وP وK ، في المراحل الاخيرة لنمو النبات يكون هناك بناء للمادة الجافة اكبر من معدل امتصاص العناصر .

إن تراكيز العناصر الغذائية في الأنسجة النباتية تعتمد بدرجة كبيرة على المواد الخلوية المتواجدة في جدار الخلية والسايتوبلازم وفجوة الخلية. فجدر الخلية تكون غنية بالكالسيوم وكذلك تحتوي على تركيز لابأس بها من المغنيسيوم، ولكنها ذات محتوى قليل من N و P و K. بما أن أجزاء النبات الكبير السن تكون متخنة فان جدر الخلية ذات المحتوى العالي من اللكنين تكون غنية بالكالسيوم الذي يكون بشكل عام مرتبطاً بمجاميع الكاربوكسيل ولكنها – أي جدر الخلية – تكون ذات محتوى واطئ من N و P و K. السايتوبلازم يكون غنياً بالنتروجين و p و K. فجوة الخلية توفر محل لخزن مختلف العناصر الغذائية كما إن تركيز العنصر الغذائي في فجوة الخلية يعكس الحالة الغذائية للنبات، ومثال على ذلك إذا كان تركيز K في فجوة الخلية عاليا فهذا يدل على أن النبات قد جهز بشكل جيد بالبوتاسيوم، والشيء نفسه يكون صحيحاً مع الفسفور والنترات. التراكيز الواطئة للعناصر الغذائية في فجوة الخلية تعكس التغذية الفقيرة للنبات، هذه الحقيقة الفسيولوجية هي الأساس في تحليل النبات وأنسجته كوسيلة لمعرفة الحالة الغذائية للنبات وأجزائه.

الأنسجة النباتية التي تحتوي على نسبة عالية من الماء مثل الأوراق الحديثة أيضاً تتصف بخلايا ذات فجوات كبيرة وسايتوبلازم كبير وجزء صغير يشغله جدار الخلية ، وهذه الأنسجة يلاحظ فيها تراكيز عالية من N و P وK على أساس المادة الجافة.

من الناحية العملية يكون استعمال المحتوى المعدني للنبات اعتماداً على المادة الجافة الأكثر ملاءمة عند حساب ماامتصه النبات كلياً من العناصر الغذائية أو عند استعمال تحليل

النبات لمعرفة جاهزية العناصر في التربة ، بالنسبة للعناصر الكبرى يعبر عن تركيزها كنسبة مئوية او ملغم غم $^{-1}$ ومثال على ذلك K 4% في المادة الجافة ،3ملغم P غم $^{-1}$ مادة جافة ، اما في حالة العناصر الصغرى فتستخدم وحدة الـ ppm مثال على ذلك 27 ppm منغنيز من المادة الجافة (الـ ppm هو ملغم كغم $^{-1}$ اومايكروغم غم $^{-1}$).

من الناحية الفسيولوجية يكون أكثر ملاءمة إذا رمز لتركيز العناصر الغذائية في النبات إلى الوزن الرطب بشكل ملي مول ومثال على ذلك 5 ملمول Ca كغم$^{-1}$مادة رطبة، وهذا يعطي وضوحاً أكثر لما تحتويه خلية النبات من التركيز المعدني.

تراكيز العناصر المعدنية لمختلف مواد النبات (Mengel, 1979)

العنصر	الأجزاء العليا من نبات الشوفان في مرحلة تكوين	حبوب الشوفان	قش الشوفان	اللفت في مرحلة النمو الخضري
ملغم غم$^{-1}$ مادة جافة				
N	39	17	4,5	56
P	4,4	4,3	1,2	4,9
S	3,2	2,8	3,3	9,3
Cl	15	2,7	14	12
K	43	6,4	14	46
Na	5,3	0,2	3	1,3
Ca	9,4	2,2	9	2,9
Mg	2.1	1.2	1	2
مايكروغرام غم$^{-1}$ في المادة الجافة				
Fe	74	53	85	550
Mn	130	80	50	250
Cu	7	3	2,3	7
B	6	1,1	7	35
Mo	2	1.6	1	–

تراكيز العناصر الكبرى في المجموع الخضري لنباتات الفاكهة

المحصول	الانتاجية	٪ من الوزن الجاف				
	طن هكتار$^{-1}$	نتروجين	فوسفور	بوتاسيوم	كالسيوم	مغنيسيوم
الحمضيات	26–20	2.5	0.2	1.3	3.0	0.4
العنب	20–15	2.4	0.2	1.4	1.2	0.4
الزيتون	12–8	1.7	0.5	1.2	1.5	0.3
التفاحيات	25–20	2.3	0.18	1.6	0.35	0.32
النواة الحجرية	36–18	2.8	0.18	1.8	1.7	0.5
التين	11–7	2.2	0.6	0.9	4.0	0.9

تراكيز العناصر الكبرى في المجموع الخضري لنباتات الخضر

المحصول	الانتاجية	٪ من الوزن الجاف				
	طن هكتار$^{-1}$	نتروجين	فوسفور	بوتاسيوم	كالسيوم	مغنيسيوم
الورقية	–	3–2.8	0.7–0.4	5.9–2.7	5.9–2.7	5.9–2.7
الدرنات	70–50	8–1.4	0.25–0.16	3.0–0.2	8.2–1.4	1.0–0.5
الزهرية	35–15	5–3.5	0.26–0.14	3.9–2.7	2.9–1	0.6–0.2
البصلية	70–50	1–0.2	0.8–0.2	3.3–2.3	0.2–0.1	0.02

تراكيز العناصر الصغرى في المجموع الخضري لنباتات لفاكهة

المحصول	الانتاجية	(جزء لكل مليون) من الوزن الجاف				
	طن هكتار$^{-1}$	الحديد	المنغنيز	الخارصين	النحاس	البورون
الحمضيات	26-20	120-60	200-25	100-25	15-5	100-35
العنب	20-15	160-100	200-35	100-35	15-5	100-30
الزيتون	12-8	400-120	160-35	85-25	80-40	20-10
التفاحيات	25-20	300-60	120-50	50-30	20-5	20-10
نواة حجرية	36-18	250-100	150-50	50-20	15-5	50-20
التين	11-7	100-30	50-20	20-7	40-25	20-10

تراكيز العناصر الصغرى في المجموع الخضري لنباتات الخضر

المحصول	الانتاجية	(جزء لكل مليون) من الوزن الجاف				
	طن هكتار$^{-1}$	الحديد	المنغنيز	الخارصين	النحاس	البورون
الورقية	-	290-100	200-50	80-30	15-10	90-30
الدرنات	70-50	600-100	240-40	50-10	25-5	75-25
الزهرية	35-15	300-50	200-50	200-20	30-5	60-25
البصلية	70-50	500-100	200-50	250-25	15-5	100-30

تغذية نبات

المحاضرة التاسعة

أوساط النمو النباتية

وسط نمو النبات عبارة عن المكان أو البيئة التي يتواجد فيها أو يعيش عليها النبات والتي يحصل منها على مواده الاولية البسيطة من ماء وهواء وعناصر معدنية ضرورية لنموه .

التربة كوسط للعناصر الغذائية للنبات:

تعتبر التربة المصدر المباشر للمواد المعدنية للنباتات التي تعيش على اليابسة فأغلب المغذيات تؤخذ بصورة رئيسة من التربة كما أن مصدر الهيدروجين والاوكسجين هو الماء ومصدر النيتروجين هو الغلاف الجوي ، تتكون التربة من الاطوار الرئيسية التالية :

أ- الطور الصلب: الذي يمثل الصخور والمعادن والمادة العضوية.

ب-الطور السائل: الذي يمثل محلول التربة ويشمل الماء والأملاح الذائبة فيه.

ج- الطور الغازي: يمثل هواء التربة الذي يحتل المسافات البينية بين شقوق دقائق التربة الخالية من الماء.

الاطوار الثلاثة تؤثر بصورة خاصة في تجهيز جذور النباتات بالعناصر الغذائية ، فالطور الصلب ينظر اليه كمخزن رئيسي للعناصر الغذائية ، والجزيئات غيرالعضوية للطور الصلب تحتوي على كاتيونات العناصر الغذائية مثل البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم والحديد والمنغنيز والزنك والكوبلت ، الاجزاء العضوية للطور الصلب تعتبر كمخزن مجهز رئيسي للنتروجين وبصورة اقل تعتبر كمجهز للفسفور والكبريت .

الطور السائل للتربة (محلول التربة) يكون بصورة رئيسية مسؤولا عن انتقال العناصر الغذائية من مختلف اجزاء التربة الى جذور النباتات والعناصر التي تنتقل في الطور السائل توجد بصورة رئيسية على شكل ايونات كما ان الاوكسجين وثاني اوكسيد الكربون يذوبان في محلول التربة .

الطور الغازي للتربة يحتل موقعا وسطا في تبادل الغازات بين مختلف الكائنات الحية للتربة (جذور النباتات ، البكتريا ، الفطريات) والجو ، وهذه العملية ينتج عنها تجهيز الكائنات الحية للتربة بالاوكسجين وتحرير ثاني اوكسيد الكربون الذي ينتج عن عملية التنفس في محيط التربة .

التربة وسط غير متجانس معقد التركيب ويصعب التحكم فيها بصورة كاملة كوسط عند اجراء التجارب والدراسات الدقيقة في مجال تغذية النبات خاصة وان تركيب محلول التربة الذي يمر عبر الجذور غير

معروف كميته أو تركيبه الدقيق فهو يختلف من جذر إلى آخر كما أنه عرضه للتغيير بين لحظة وأخرى ، لذلك قد يستعاظ عن التربة الطبيعية بالمزارع الغذائية.

المزرعة الغذائية :هي الوسط الغذائي غير التربة الذي ينمو فيه النبات مع امداده باحتياجاته من العناصر الغذائية الضرورية لنموه على شكل محاليل غذائية تحتوي على هذه العناصر بنسب معلومة وفي حالة اتزان.

اهداف المزارع الغذائية :

1- يمكن استخدام المزارع الغذائيه عند اجراء التجارب الزراعيه الخاصه بتغذية النبات لغرض:

أ – دراسة اعراض نقص عنصر غذائي معين على النبات وبشكل واضح دون تاثير التربه او الظروف المحيطه.

ب - دراسة مدى ضرورية عنصر غذائي معين لكل نبات.

ج – دراسة احتياج كل نبات من العناصر الغذائيه وصور امتصاص هذه العناصر.

د – دراسة تاثير صور العناصر الغذائية في نمو النبات وتاثيرها في الوسط الغذائي .

هـ - دراسة العلاقه بين العناصر الغذائيه الموجوده داخل وخارج النبات.

2 – تستخدم المزارع الغذائية لغرض الانتاج الزراعي التجاري خاصة في مجال انتاج النباتات البستنية كانتاج الزهور ومحاصيل الخضر ذات المردود العالي والسريعة النمو .

أنواع المزارع (الاوساط) الغذائية :

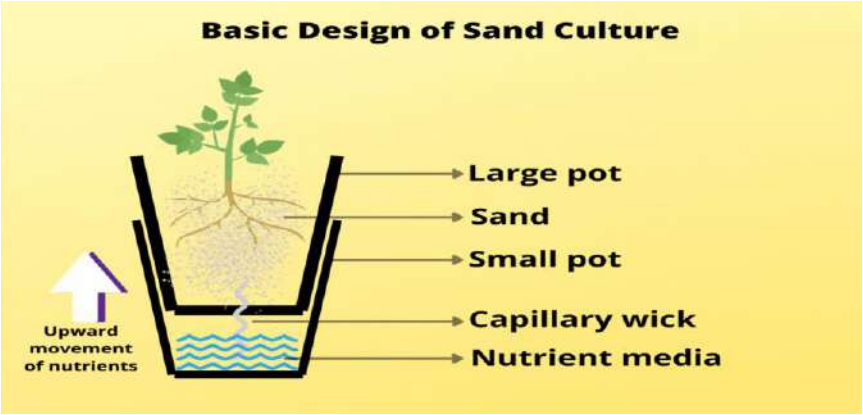
يمكن تقسيم المزارع الغذائية من حيث طبيعة وسط النمو إلى الانواع الاتية:

1. مزارع الوسط الصلب الحبيبي :culture Aggregate

وفيها يكون وسط النمو مادة صلبة خالية تقريباً من العناصر الغذائية الضرورية وعلى شكل حبيبات توضع في أوعية ويضاف لها المحلول المغذي بصورة مستمرة ويمكن تقسيم هذا النوع من المزارع إلى:

أ. المزارع الرملية: Sand culture

وسط النمو عبارة عن رمل الكوارتز النقي الذي لا يزيد قطر حبيباته عن 2 ملم حيث ان حجم الحبيبات يؤثر على مدى حفظ الحبيبات للمحلول المغذي كاغلفة حول هذه الحبيبات كذلك يؤثر قطر الحبيبات على درجة التهوية ، وهذا النوع من المزارع يوفر للنبات الدعامة الفيزيائية فقط ولايلعب أي دور في تغذيته ويستمد النبات غذاءه من المحلول المغذي المضاف. وفيها يزرع النبات كما سبق في الرمل النظيف الذي ينخل أولاً بالمنخل لإزالة ما به من حصى أو أي كتل يزيد حجمها عن 2 ملم وكذلك لإزالة ما بالرمل من شوائب كالقش أو العيدان، ثم يغسل الرمل عدة مرات بحامض الهيدروكلوريك المخفف (واحد عياري) ، ثم يصفى الحامض قبل غسلة ثم يغسل عدة مرات بالماء الاعتيادي ثم يكشف عن خلو الحامض من الرمل بواسطة ورقة عباد الشمس.



ب. مزارع الحصى :Gravel culture

وفيها يستعمل الحصى الذي يزيد قطر حبيباته عن 2 ملم ، والحصى يستخدم للتثبيت فقط ولايلعب اي دور في تغذية النبات ويكون مصدر التغذية هو المحلول المغذي الذي يضاف باستمرار الى وسط النمو .

ج. مزارع مواد التبادل :Exchange materials culture

وتتميز حبيبات هذا الوسط بأن سطوحها ذات طبيعة فعالة حيث يتم عليها تبادل الكاتيونات والانيونات، وتمتاز هذه المزارع بأن ايونات العناصر الغذائية التي توجد على سطوح الحبيبات وكذلك في المحلول والذي يمكن أن يطلق عليه (المحلول البيني) تكون في حالة اتزان، وتقسم الى :

أ- مواد راتنجية مختلفة

ب-معادن الطين الطبيعية : وتعتبر اقرب المزارع الصناعية للتربة الطبيعية ويفضل فيها الطين الغروي الذي لايزيد قطر حبيباته عن 0.2 مايكرون . وتتم ازالة الكاتيونات المدمصة بواسطة ايون الهيدروجين بعد ذلك يشبع الطين بالعناصرالراد دراستها .

ت- مخاليط مختلفة من التربة والرمل : تكون بنسب 1:1(رمل : تربة) ، 2:1(تربة : رمل)، 3:1 (تربة : رمل) ونلجأ إلى هذا النوع من المخاليط لتقليل بعض الاثار الضارة في التربة وكذلك تقليل تراكيز العناصر الثقيلة (CO ، Cd) إن وجدت.

مزايا مزارع الوسط الصلب

1. لا تحتاج إلى تهوية حيث إنها تهيئ التهوية المطلوبة.
2. لا تحتاج إلى أصص مظلمة حيث إنها تهيئ الظلام الكافي للجذور.
3. النباتات غير معرضة للتكسر حيث ان جذورها تكون مثبتة بطريقة تشبه طريقة الزراعة في الترب.

4. اقل كلفة واسهل من ناحية التطبيق إذ لا تحتاج إلى ضخ الهواء أو تبديل المحلول المغذي أو إلى دعامات اسناد النباتات.
5. قريبة لحد ما من التربة الطبيعية .

عيوب مزارع الوسط الصلب

1. صعوبة الحصول على مواد نقية لمزارع الوسط الصلب (مثل رمل الكوارتز النقي اوالطين النقي) الخالي تماماً من العناصر الغذائية أو الشوائب.
2. لا يمكن مراقبة وتتبع نمو الجذور
3. عدم امكانية الحصول على المجموع الجذري كاملا .

2. المزارع المائية Water culture :

وتسمى ايضاً بـ Hydroponic culture وأحياناً Solution culture أي من دون تربة، في هذا النوع من الاوساط يوضع النبات في الوعاء الخاص أو السندانة المحتوية على المحلول المغذي ويثبت النبات بواسطة الاسفنج أو القطن حيث تكون جذور النبات مغمورة في المحلول المغذي، وتقسم المزارع المائية إلى:

1. المزارع المائية المستقرة
2. المزارع المائية المتحركة
3. مزارع مائية بتقنية الفلم المغذي
4. مزارع مائية بتقنية الفلم المغذي مع الهواء

1.المزارع المائية المستقرة :

في هذا النوع من المزارع يحضر المحلول المغذي بشكل متوازن من حيث الكاتيونات والانيونات وذو رقم تفاعل معتدل مائل إلى الحامضية قليلاً (6 – 5.6) يتم وضع المحلول المغذي في حاويات زجاجية أو بلاستيكية معتمة لها غطاء حاوي على عدد من الثقوب لتثبيت النبات فيها وعادة تسمى هذه الحاوية Unit وتكون بأحجام متباينة اعتمادا على نوع النبات والنظام الجذري تبدأ من واحد لتر إلى 3 أو 5 لتر، يتم زراعة البادرات الرهيفة والتي يتراوح عمرها حوالي 7-10 ايام بعد الانبات. ولابد من تجديد

المحلول من مدة إلى أخرى قد تكون يومياً بين يوم وآخر أو أسبوعياً وكذلك توفير مصدر للهواء يضخ على شكل فقاعات هوائية شبيه بمضخة الاسماك.

ويعتمد تبديل المحلول المغذي على

1. نوع الدراسة المراد تحديد هدفها.
2. نوع العنصر وهو أما من العناصر المغذية الكبرى أو المغذيات الصغرى.
3. مدة النمو وطبيعة المحصول.

ان تراكيز العناصر للمغذيات الكبرى والصغرى لابد ان تكون معروفة طول مدة النمو فمثالً للحفاظ على التركيز الابتدائي للعنصر المضاف عند اضافة عنصر النتروجين بمقدارppm 200 فبعد مدة من النمو يلاحظ انخفاض تركيز العنصر إلى ppm 80 وهذا الفرق الحاصل ما بين التركيز الاول والنهائي يسمى بمطقة الانخفاض Depletion Zone وعند وصول النبات لها سوف يتأثر معدل امتصاص العنصر بدرجة كبيرة ، هذه الحالة تكون أكثر تأثيرا في المغذيات الصغرى لانها ذات احتياج منخفض من قبل النبات ، ولغرض ضبط pH المحلول المغذي نستخدم NaOH اذا كان رقم التفاعل منخفض (حامضي) أو استخدام حامض الفسفوريك لتعديل رقم التفاعل القاعدي.

ماهي العوامل المؤثرة في تسارع منطقة الانخفاض؟

1. نوع النبات
2. النظام الجذري: النباتات تختلف في طبيعة مجموعها الجذري فالنباتات التي لها نظام جذري وتدي تختلف في امتصاصها للعناصر عن النباتات التي جذورها ليفية وهذا بدوره يعمل على تسريع عملية الانخفاض
3. الظروف البيئية وتشمل ارتفاع او انخفاض درجات الحرارة ، والملوحة وغيرها

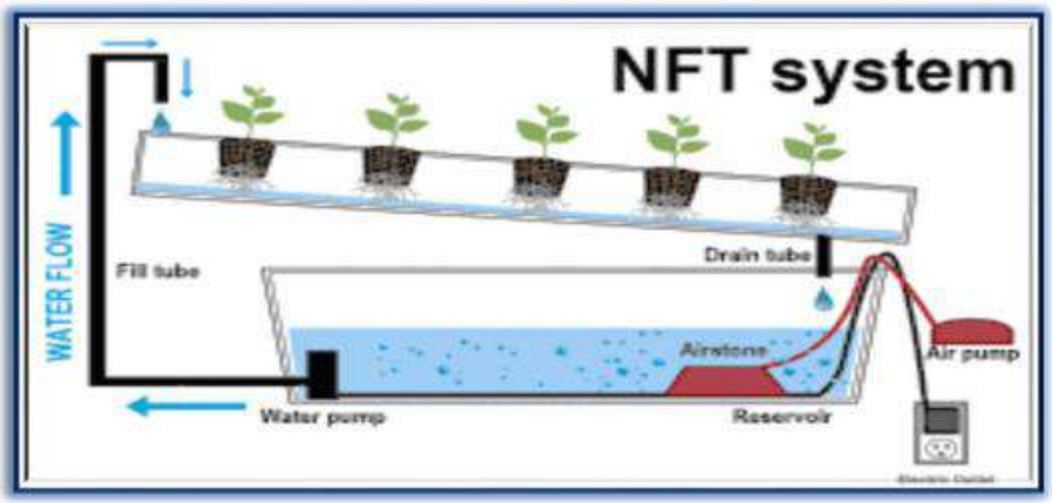
2.المزارع المائية المتحركة :

وهو نظام يتمثل بتحرك المحلول المائي المنظم (المتوازن) ويتكون من خزان يحتوي على العناصر المغذية ومضخة غاطسة ، في هذا النوع من المزارع لا تظهر منطقة الانخفاض لان المحاليل المغذية (التركيز الابتدائي) تضخ من خزان كبير إلى وحدات النمو الاصغر ثم ترجع مرة ثانية إلى الخزان الكبير، وعند حصول انخفاض في تركيز عنصر معين فيتم اضافته إلى الخزان الكبير، في هذا النوع من المزارع نحتاج إلى خزان تهوية وجهاز لقياس EC (الايصالية الكهربائية) فكلما يحدث انخفاض في تركيز العناصر المغذية هذا يعني انخفاض قيمة الـ EC فيتم اضافة العنصر، في المزارع المتطورة يوجد جهاز لقياس تركيز كل عنصر فضلاً عن وجود مصدر دائم لتوفير الاوكسجين

من مميزات هذا النظام انه عندما يمتص نبات العناصر المغذية ويقل تركيزها في المحلول سوف تضاف العناصر المغذية الناقصة اوتوماتيكياً وبالتالي يعود تركيز العنصر إلى وضعه الطبيعي، كذلك الاقتصاد في الايدي العاملة فضلاً عن تقليل كلفة شراء المحاليل المغذية والاملاح

3 .المزارع المائية NFT (تقنية الفلم المغذي) :

هو وسط من الاوساط الغذائية ذو تقنية حديثة ، في هذا النوع من المزارع استطاع الباحثون التخلص من مشاكل التهوية وذلك من خلال تنمية النباتات في انبوب بلاستيكي مائل إلى درجه معينة بحيث يكون المحلول المغذي شاغلاً مقدار ثلث قطر الانبوب البلاستيكي أما الثلثين الاخيرين فيكونان فارغين وهذا يعني انها لا تحتاج إلى مصدر للهواء، ويكون المحلول المغذي في حالة تلامس مع نهايات الجذور كما موضح في الشكل التالي:



وسمي هذا النظام بـــ NFT نسبة إلى الشد السطحي الذي يتكون بين السائل والجزء الغاطس .

يمتلك هذا النظام المزايا الاتية:

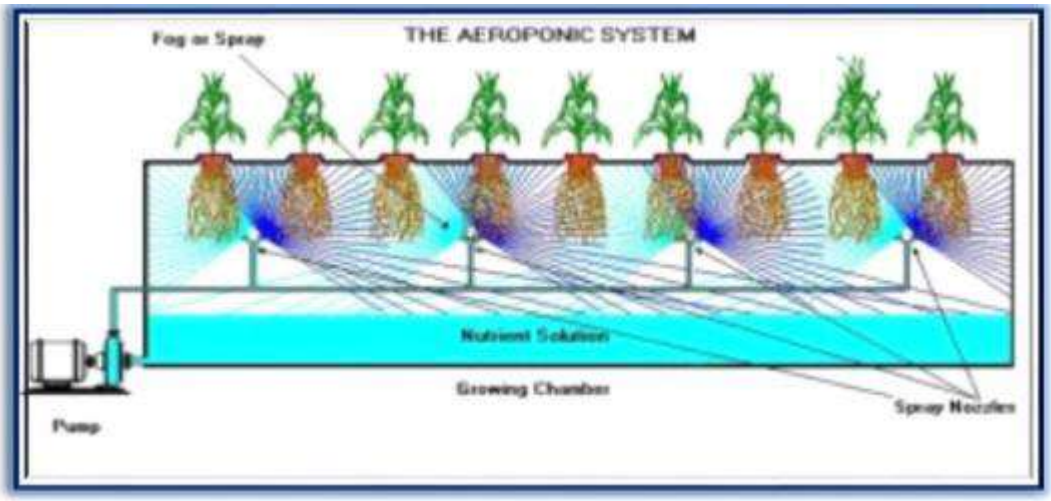
1. لا يحتاج إلى مصدر أوكسجين
2. نظام مغلق يقلل من التبخر
3. لايحتاج إلى تبديل المحلول المغذي
4. اختصار للوقت واقتصاد في الايدي العاملة
5. يقلل كمية العناصر المغذية المستخدمة
6. انتقال المحلول المغذي بحرية أكبر

4 . المزارع المائية NFT Air تقنية الفلم المغذي هوائيا :

ان هذا النظام مشابه إلى نظام NFT إلى انه يحتوي على بخاخات تحول المحلول قبل دخوله إلى الوحدة الرئيسية ويتم توقيت عدد البخاخات أو عدد مرات الرذاذ كل دقيقة أو أكثر.

تستقبل الشعيرات الجذرية المحلول المغذي على شكل قطرات صغيرة تتداخل مع الشعيرات الجذرية (تتلامس ذرات المحلول مع الشعيرات الجذرية) وتحدث عملية الامتصاص مباشرة ، اما المحلول

الفائض المتواجد على سطح الجذور سوف ينزل بفعل الجاذبية الارضية ثم يجمع ثانية في الانبوب الرئيس إلى الخزان ثم يضخ مرة أخرى كما في الشكل التالي.:



أهم مزايا الزراعة المائية

1. يمكن التحكم وبدقة كبيرة في تحديد كمية ونوعية العناصر الغذائية المراد إجراء البحوث فيها.
2. ممكن استخدام هذه التقانات في الدول التي تعاني من شحة المياه.
3. يمكن استخدامها في الدراسات التي يهمنا فيها دراسة المجموع الجذري حيث تقدم لنا وسيلة فعالة في امكانية الحصول على المجموع الجذري دون تعرضها للقطع كما يمكن ملاحظة وتتبع نموالجذور في أي وقت وفي مراحل النمو المختلفة.
4. قد توفر امكانية انتاج الكثير من المحاصيل سريعة المردود الاقتصادي دون التعرض للمسببات المرضية لاسيما المسببات الموجودة في التربة .

أهم مساوئ الزراعة المائية

1. مكلفة من الناحية الاقتصادية وتحتاج إلى خبرة معينة.
2. .قد تتعرض النباتات النامية للتكسر لعدم ثبات جذورها.
3. .يجب تهوية المحلول المغذي باستمراروذلك باستخدام مضخة كهربائية لتوفير

الاوكسجين اللازم لعملية تنفس الجذور .

4 .يجب تبديل المحلول المغذي بين فترة وأخرى بسبب :

أ- ان تركيز العناصر عرضة للتغيير بسبب امتصاص العناصر الغذائية بدرجات متفاوتة من قبل جذور النباتات .

ب - التخلص من التاثير الضار لبعض المواد التي يفرزها النبات .

ت - التغير الحاصل في رقم pH المحلول وضغطه الازموزي اذ ان الـ pH والضغط الازموزي (يفضل ان يكون الضغط الازموزي واحد ضغط جو) يجب ان يبقى ثابت طوال فترة التجربة .

5 . يجب ان تبقى درجة حرارة المحلول المغذي ثابتة لكل الاصص.

6. في حالة اضافة صورة النترات فقط كمصدر للنتروجين قد يؤدي إلى رفع درجة تفاعل المحلول (لماذا) وقد تتعرض العناصر الصغرى وهي الحديد، المنغنيز، الزنك، النحاس والبورون لعملية الترسيب وبالتالي تقل جاهزيتها.

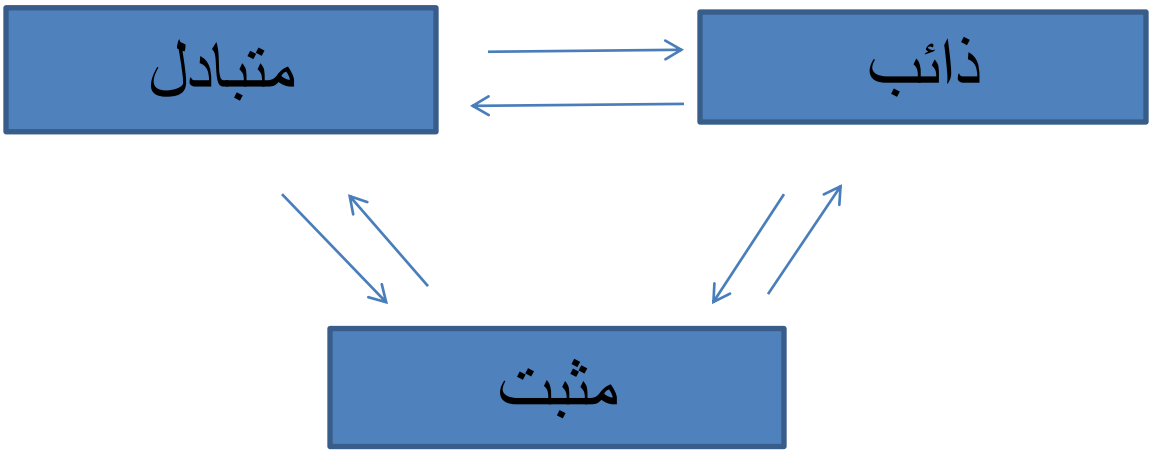
7. تحتاج إلى أصص مظلمة وذلك لجعل الوسط ملائم لنمو الجذور ولمنع نمو الطحالب التي تنافس النبات على الغذاء وكذلك حتى لاتخضر الجذور (تتحول البلاستيدات البيضاء الى كلوروبلاست) وتحصل عملية التركيب الضوئي في الجذور وبالتالي اختلال العمليات الحيوية.

تغذية نبات
المحاضرة العاشرة
امتصاص العناصر الغذائية

تمتص النباتات العناصر الغذائية عادة من خلال جذورها- ولكنها تستطيع أيضاً امتصاص كميات صغيرة منها من خلال المجموع الخضـــرى (الأوراق) عند رشها بمحلول مغذى. وتدخل العناصر الغذائية الى جذور النباتات على صورة أيونية. تسمى الأيونات التى تحمل شحنة موجبة بالكاتيونات (Cations) مثل البوتاسيوم -الكالسيوم- المغنسيوم- الأمونيوم. وأما الأيونات التى تحمل شحنة سالبة فتسمى بالأنيونات (Anions) مثل الكلوريد- النترات- الكبريتات.

يمتص معظم الماء والعناصر الغذائية من خلال المناطق الدقيقة الأمامية للجذور الشعرية والتى تسمى بالقمم النامية للجذور ونظراً لكثافة التفرعات الجذرية فانه من المتوقع وجود ملايين من هذه القمم النامية فى النظام الجذرى للنبات. وتحدد كميتها مدى فاعلية النبات للاستفادة من الماء والعناصر الغذائية الموجودة فى محلول التربة. ويعرف الماء الموجود فى التربة بما فيه من عناصر غذائية ذائبة بمحلول التربة. ويوجد محلول التربة إما بين حبيبات التربة أو مغلفا للحبيبات.
يتغير تركيب محلول التربة المتواجد فى المسامات البينية لحبيبات التربة بشكل كبير من تربة لأخرى حسب طبيعة مادة الأصل التى نشأت منها ونوع النباتات النامية. اما محلول التربة المغلف للحبيبات فهو غشاء شعرى من الماء يحيط بالدقائق الغروية للتربة وممسوك بقوة مناسبة ويستطيع النبات الاستفادة منه.

توجد العناصر الغذائية في التربة بثلاث صور وتكون في حالة اتزان بين بعضها البعض:
الصورة الذائبة الموجودة في محلول التربة Soil solution
الصورة المتبادلة او المدمصة على أسطح الحبيبات Exchangeable
الصورة المثبتة الموجودة في معادن التربة او المادة العضوية والتي تكون قابلة للانحلال.



يمتص النبات العنصر الغذائي في صورته الايونية الجاهزة – الجدول يوضح صور الامتصاص للعناصر الغذائية الكبرى والصغرى

العنصر	الصورة الممتصة	العنصر	الصورة الممتصة
N	NO_3^- , NH_4^+	Ca	Ca^{+2}
P	HPO_4^{-2} , $H_2PO_4^-$	Mg	Mg^{+2}
K	K^+	S	SO_4^{-2}
Mn	Mn^{+2}	Fe	Fe^{+2}
Cu	Cu^{+2}	Zn	Zn^{+2}
Mo	MoO_4-2	B	BO_3^{-3}

العنصر الجاهز : هو ذلك الجزء من العنصر الموجود في التربة والذي يمكن الحصول عليه من قبل جذور النبات .

وهذه الصورة يجب ان تكون ذائبة في محلول التربة الا ان مقادير هذه الصورة قد تكون قليلة جدا ولاتسد حاجة النبات ، بينما الجزء الاكبر من العنصر يكون على صورة غير ذائبة ومرتبط بالطور الصلب للتربة وذلك اما : - داخل في تركيب معادن التربة.
- مدمص على اسطح غرويات التربة المعدنية والعضوية .
- داخل في تركيب المادة العضوية

أن كمية العناصر الغذائية الذائبة فى محلول التربة قد لا تكفى حاجة النبات فى فترة زمنية معينة قبل الاضافات السمادية وبالتالى لابد وأن يكون للجزء من العناصر الغذائية الممسوك على المادة الصلبة دوراً فى إعادة التوازن الغذائى للجزء الذائب فى محلول التربة. وبناءاً على ذلك يمكن حصر خطوات حصول النباتات على العناصر الغذائية من التربة بما يلى:

اولا - انتقال العنصر من المادة الصلبة الى محلول التربة
ثانيا - إنتقال العناصر من محلول التربة الى منطقة امتصاص الجذور
ثالثا - انتقال الأيونات من منطقة امتصاص الجذر الى داخل الجذر

اولا - انتقال العنصر من المادة الصلبة الى محلول التربة
تتحول العناصر الغذائية من صورتها الصلبة سواء كانت على معدن الطين او مضافة مع السماد في صورة سماد ملحي الى الصورة السائلة بثلاث اليات
أ – الاذابة ب – التبادل ج - الخلب

أ- الذوبان : وهى تعبر عن تأثير الماء على انطلاق العنصر من الصورة الصلبة الى الصورة السائلة. وتزداد درجة الذوبان بارتفاع درجة حرارة التربة كذلك يلعب ثانى أوكسيد الكربون دوراً هاماً فى زيادة درجة ذوبان بعض الأملاح.

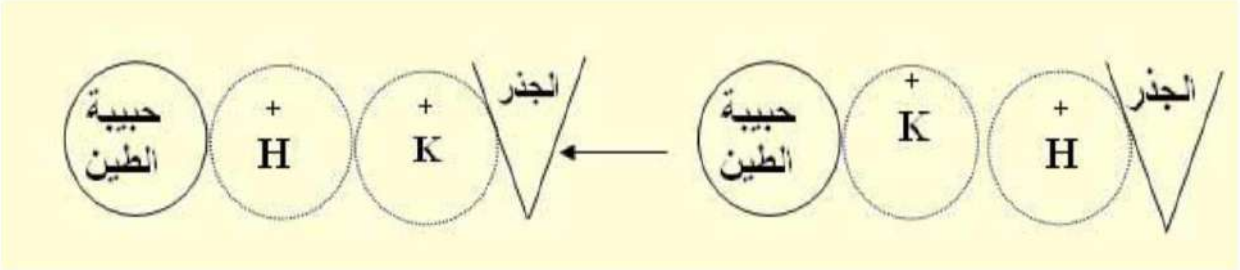
ب- التبادل الأيونى : حيث يؤدى خروج ثانى اكسيد الكربون من الجذور خلال عملية التنفس الى تكوين حمض الكربونيك ، وعند إتصال هذا الحامض مع أسطح الحبيبات الغروية للتربة يتم تبادل كاتيون الهيدروجين مع كاتيون آخر لينتقل الملح المتكون بعيداً عن الأسطح الغرويةباتجاه محلول التربة .

جـ- الخلب : وفى هذه الحالة تفرز الجذور بعض المركبات العضوية الذائبة حيث تتحرك فى اتجاه المواد الغير ذائبة المحيطة بالجذور ثم ترتبط مع العنصر بقوة أكبر من قوة ارتباطه على الجزء الصلب لتنزعه وتتحرك به مرة أخرى فى اتجاه محلول التربة.
وعموماً يعبر عن كفاءة العمليات السابقة فى تحول العنصر من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة بالقدرة الامدادية للتربة فكلما زادت القدرة الامدادية للتربة من العناصر الغذائية كلما زادت خصوبة التربة مع امكانية اضافة الجرعات السمادية على فترات متباعدة.

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

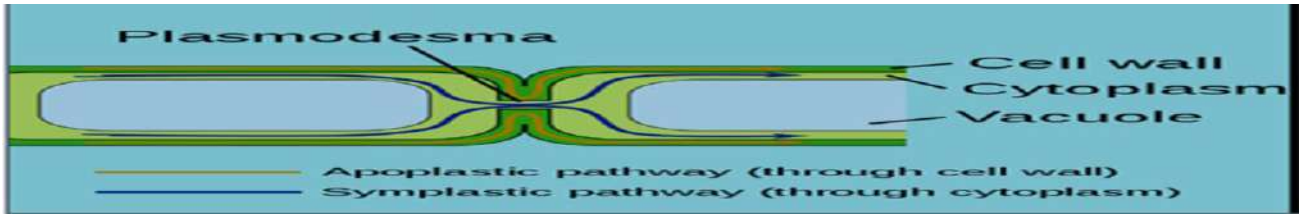
أ - الاعتراض الجذرى : حيث تنمو الجذور وتمتد حتى مواقع وجود العناصر الغذائية.
ب- الانتقال الكتلى : وفيه تنتقل الأيونات فى اتجاه الجذر ذائبة فى الماء وفى هذه الحالة ترتبط حركة الأيونات باتجاه حركة تيار الماء ويعتبر تيار النتح هو القوة الدافعة لحركة الماء بما يحمله من أيونات فى اتجاه الجذر.
جـ- الانتشار : حيث تنتقل الأيونات فى اتجاه الجذر تبعاً لتدرج التركيز فهى تنتقل من مناطق التركيز المرتفع الى مناطق التركيز المنخفض.

د - التبادل بالتلامس : 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.



ثالثا - انتقال الأيونات من منطقة امتصاص الجذر الى داخل الجذر:
بعد امتصاص الأيونات بواسطة خلايا البشرة فى الجذر تنتقل هذه الأيونات خلال خلايا نسيج الجذر فى اتجاه الداخل حتى تصل إلى الأوعية الناقلة (الشكل التالي)، وتتحرك هذه الأيونات إلى داخل الجذر بوسيلتين :
الأولى : تحرك الأيون من سيتوبلازم إلى سيتوبلازم الخلية المجاورة جهة الداخل عن طريق الخيوط البلازمودزمية التى تربط سيتوبلازم الخلايا مع بعضها البعض حتى يصل إلى الأوعية الخشبية .
الثانية : تحرك الأيون فى الفراغ الحر Free space فى جدر خلايا القشرة وفى هذه الحالة تتوقف حركة الأيون عند طبقة الإندودرمس لوجود الشرائط الكسبيرية التى تقلل من نفاذ الجدار الخلوى ، وتمنع انتقال الأيونات خلاله مما يُحتم وجود وسيلة حيوية تحمل هذا الأيون وتمر به خلال الإندودرمس لكى يستمر فى طريقه إلى أوعية الخشب . وبمجرد وصول الأيونات إلى

الأوعية الخشبية فإنها ترحل بسرعة إلى الأجزاء الهوائية مع تيار الماء الصاعد إلى أعلى حيث تدخل هذه الأيونات فى عمليات التمثيل الغذائى فى الأوراق .



إن تفاصيل العملية أو العمليات التى بواسطتها تحصل النباتات على العناصر الغذائية من التربة لاتزال موضع حوار وجدل بين الباحثين فى مجال تغذية النبات ولكنها تزداد وضوحاً وفهماً يوماً بعد الآخر. وعلى أية حال فإن امتصاص الأيونات بواسطة الجذور يمكن وصفه :

1 - بأنه سلبى أو غير نشط (غير حيوي) ويحدث هذا النوع من الامتصاص عند انتقال العناصر الغذائية من مناطق التركيز المرتفع الى مناطق التركيز المنخفض دون أن يبذل النبات أى طاقة.

2 - ان أيونات العناصر الغذائية يمكن أن تنتقل 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. وفى الحقيقة أن هذه العملية لاتزال غير مفهومة تماماً ولكنها 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.

العوامل المؤثرة في امتصاص العناصر الغذائية

عملية الامتصاص محصلة لعوامل كثيرة التعقيد والتداخل مع بعضها، وهي:

أولا: عوامل تتعلق بالعنصر الغذائي وتشمل:

1. الصورة الكيميائية للعنصر

العناصر الغذائية توجد بالتربة على صور متباينة التركيب الكيميائي بعضها في مركبات عضوية ، ومعروف أن النبات يمتص العناصر في صور معدنية بسيطة في أغلب الأحوال ولذلك فرغم وجود مقدار كبير من النيتروجين في صورة عضوية فان النبات لا يمتص من هذا المقدار الكبير إلا جزءاً صغيراً يُحدِدُهُ قابلية النيتروجين العضوي للتحول إلى صور معدنية بسيطة مثل الامونيوم أو النترات وكذلك الحال في الفوسفور الذي قد يوجد بالتربة في صور رواسب لا يستطيع النبات امتصاص شيء منها إلا بعد أن يتحول جزء منها إلى صور بسيطة ذائبة في الماء.

2.تركيز العنصـــر
وجد أن مقدارما يمتصه النبات من عنصرما يزداد بزيادة تركيز الصورة القابلة للامتصاص منه.

3. نظـام توزيـع العنصـر فـي التربـة
يتضح ذلك عند إضافة العنصر كسماد ، فإضافته نثراً علي السطح تعطي نظاماً لتوزيع العنصر مختلف كل الاختلاف عن إضافته مركزاً بجوار جذر النبات أو خلطه بالتربة إلى عمق معين ، وينعكس ذلك على المقدار الذي يمتصه النبات من العنصر خصوصاً إذا كان من العناصر التي لا تتحرك بسهولة في التربة مثل الفوسفور.

4. تركيـز ونـوع الأمـلاح فـي بيئـة النمـو
ان ارتفاع تركيز الأملاح في بيئة النمو يؤدي إلى تعطيل نمو النبات ونقص امتصاص بعض العناصر الغذائية ويختلف أثر الأملاح باختلاف أنواع الكاتيونات والأنيونات وتركيز كل منها.

ثانياً :عوامـل تتعلق بالبيئـة، وتشمل:
1. صـور وتركيـز وتـوزيـع العناصـر الغـذائيـة الأخرى: يتأثر المقدار الممتص من عنصر ما بباقي العناصر الغذائية فنقص أحد العناصر الغذائية الضرورية للنبات يؤدي إلى نقص المقدار الذي يمتصه النبات من العنصر المختبر والعوامل التي تؤثر على كفاية العناصر المغذية الأخرى لها تأثير غير مباشر على قدرة النبات على امتصاص العنصر المختبر.

2. حـموضـة التربـة
لزيادة أو نقص الهيدروجين أثر كبير على المقدار الممتص من العناصر، وجد أن امتصاص البورون يزداد بانخفاض الرقم الهيدروجيني ، بينما في الترب الحامضية يزداد امتصاص الفوسفور بمعالجة الحموضة بإضافة كربونات الكالسيوم ، أما في الترب القاعدية التأثير فالأسمدة ذات التأثير الفسيولوجي ألحامضي تزيد امتصاص الفوسفات حيث أن الفوسفور يكون متيسراً جداً في الوسط المتعادل ويحدث له ترسيب في الوسط الحامضي أو القاعدي، ويسلك عنصر المولبيدوم سلوك الفوسفور.

3. المحتوي الرطوبي بالتربة
يزداد امتصاص العناصر الغذائية بزيادة المحتوى الرطوبي للتربة والسبب يعود الى زيادة سمك الاغشية المائية التي تتكون داخل التربة والتي بدورها تؤدي الى زيادة انتشار العناصر الغذائية خلالها وعلى العكس من ذلك فان تناقص محتوى التربة الرطوبي يؤدي الى صغر مساحة المقطع العرضي للاغشية المائية والى زيادة تعرج الجذور مسببا تناقصا في معدل انتشار الايونات في الاغشية المائية مما يؤدي الى انخفاض معدل امتصاص العناصر الغذائية ،

كما وجد ان نقص الماء يحدد من نمو الجذور وهذا بالتالي يقلل من امتصاص العناصر الغذائية.

4. الظـروف الجـويـة المحيطـة بالنبـات

تؤثر درجة الحرارة والتهوية والرطوبة النسبية علي عمليات البناء في النبات وهي مرتبطة بالامتصاص الإيجابي ، كما تؤثر الظروف الجوية على عملية النتح فعندما يفقد النبات مقداراً كبيراً من الماء بعملية النتح فإن مقدار العناصر الغذائية التي تنتقل بواسطة النقل مع الماء (الانتقال الكتلي) يزداد مما يؤدي إلي زيادة كمية العناصر الغذائية التي تنتقل بهذه الطريقة.

ثالثا :عوامل تتعلق بالنبات نفسه وتشمل:

1. الصفات الوراثية للنباتات والتي تنعكس على التركيب العنصري لها
2. نوع المجموع الجذري ومدى انتشاره
3. عدد ومواقع التبادل الأيوني ومدى انتشار هذه المواقع على الجذور
4. درجة نفاذية أنسجة الجذر بجانب العمليات الفسيولوجية التي يقوم بها النبات مثل التنفس والبناء والنتح .
5. عمر النبات وسرعة نموه وقدرته على المعيشة التكافلية مع كائنات التربة الدقيقة .

تغذية نبات
المحاضرة الحادي عشر
نظريات امتصاص العناصر الغذائية

يتم انتقال الايونات والأملاح الى داخل الخلايا بواسطة الغشاء الحيوي الذي يحدد نوعية المواد وتراكيزها الداخلة للخلية ويتم هذا الانتقال عبر الغشاء الحيوي بطريقتين:

الأولى: الانتقال او الامتصاص غير النشط (السالب) Passive transport "Uptake"

والثانية: الانتقال أو الامتصاص النشط Active transport " Uptake"

الفرق بين الامتصاص غير النشط (السالب) والامتصاص النشط (الموجب

	الامتصاص غير النشط (السالب)	الامتصاص النشط (الموجب)
-1	لايحتاج الى طاقة	يحتاج الى طاقة
-2	تصل الايونات في النهاية الى حالة الاتزان الديناميكي بين خارج الخلية وداخل الخلية	لاتصل الايونات في النهاية الى حالة الاتزان الديناميكي بين خارج الخلية وداخل الخلية
-3	امتصاص الايونات غير متخصص	امتصاص الايونات يكون متخصص
-4	تبادل الايونات يحدث في الفراغ الحر	تحدث العملية في الجزء الداخلي من الخلية كالاغشية الخلوية
-5	عكسي	غير عكسي
-6	يحدث في الخلايا الحية وغير الحية	يحدث في الخلايا الحية فقط

اولا: الامتصاص السالب (غير النشط اوغير الحيوي)

يحدث الامتصاص الحر اثناء تلامس الجذور مع محلول التربة وتتميز هذه العملية بانها لا تحتاج الى طاقة وان الايونات تصل في النهاية الى حالة توازن ديناميكي بين داخل وخارج الخلية، كما ان الامتصاص غير متخصص جدا بالنسبة للايونات وان تبادل الايونات يحدث فيما يسمى بالفراغ الحر او الخارجي Free Space or Outer Space (أطلق العلماء على الجزء من الخلية التي تتحرك فيه الأيونات بواسطة الانتشار اسم الفراغ الحر Free space والذى يشغل مساحة محسوسة من نسيج الجذر حوالى 10% من حجم الجذور الحديثة، و يشمل الجدر الخلوية لخلايا طبقة البشرة وطبقة القشرة كذلك المسافات البينية بين خلايا القشرة)

يعتمد هذا النوع من الامتصاص على التدرج في الجهد الكيميائي ولا يحتاج إلى طاقة ، وغالبا ماتكون الايونات او المواد في خارج الخلية ذات تركيز مرتفع مما يسهل حركتها الى الداخل .

يحدث الامتصاص السالب بعدة طرق :

1- الانتشار: Diffusion

انتقال ايونات العناصر الغذائية من التركيز العالي الى التركيز الواطئ الى ان يتساوى تركيز هذه الايونات في محلول التربة وفي الجذر - فمثلاً عند وضع الخلية أو نسيج نباتى في محلول

ملحى نجد أن الأيونات تنتقل من المحلول حيث التركيز المرتفع إلى الفراغ الحر حيث التركيز المنخفض وذلك عن طريق الانتشار وتستمر هذه العملية حتى يتساوى التركيز داخل وخارج الفراغ الحر فيتوقف الانتشار، ان اكثر العناصر انتقالا بالانتشار هي K و P

2- الجريان الكتلي :

يحصل عند انتقال ايونات العناصر الغذائية المذابة مع حركة الماء بواسطة الحمل من التربة الى جذور النباتات ، ان اكثر العناصر انتقالا بالجريان الكتلي هي الكالسيوم Ca والمغنيسيوم Mg ، ان كمية العناصر الغذائية التي تصل الى الجذر بواسطة الجريان الكتلي تعتمد على :

أ- معدل حركة الماء اوالاستهلاك المائي من قبل النبات ، وهذا الاستهلاك المائي يعتمد على النتح ، وهذا يعني انه كلما تزداد عملية النتح سوف تزداد عملية سحب الماء من التربة وتحدث معها عملية سحب للعناصر الغذائية ايضا مع الماء الى داخل النبات .

ب- معدل تركيز العناصر الغذائية الذائبة في الماء

3- اتزان دونان Donnan Equilibirium

وفيه يحدث حالة من الاتزان على جانبى غشاء ما بدون تساوى تركيز الأيون الواحد. ويحدث ذلك عندما يسمح غشاء يفصل بين محلولين لأيون واحد من زوج من الأيونات بالمرور خلاله ولا يسمح بمرور الأيون الآخر، وهنا يتم الاتزان بفرض أن الأيونات الداخلة في النظام أحادية التكافؤ إذا كان حاصل ضرب التركيز الجزيئى Molar Concentration للكاتيونات والأنيونات على جانب من الغشاء يتساوى مع حاصل ضرب تلك الأيونات على الجانب الآخر من الغشاء.

حاصل ضرب تركيز الكاتيونات × حاصل تركيزالانيونات في الغشاء الخارجي = حاصل ضرب تركيز الكاتيونات × حاصل تركيزالانيونات في الغشاء الداخلي

$$Co \times Ao = Ci \times Ai$$

C :كاتيون A : انيون o : خارج i : داخل

4- الاعتراض الجذري و التبادل بالتلامس:

الاعتراض الجذري يكون عن طريق نمو الجذور وامتدادها حتى مواقع وجود العناصر الغذائية ، ويحصل التبادل بالتلامس عن طريق انتقال العناصر الغذائية من على أسطح التبادل (غرويات التربة) إلى سطح جذر النبات مباشرةً بدون المرور بمحلول التربة حيث يفترض أن لكل أيون مجال نشاط معين على سطح الجذر والحبيبات الغروية فإذا ما تداخل المجالان أمكن تبادل الأيونات بين الأسطح المختلفة ليحل كل منها محل الأخر وفي الغالب يكون التبادل بين أيونات الهيدروجين (H^+) الذي تفرزه الجذور والأيونات المتبادلة على أسطح غرويات التربة.

وهناك بعض الاعتراضات على هذه النظرية حيث إن حجم القمة النامية في الجذر والمسئولة عن هذه العملية صغيرة جداً. وعموماً تكون كمية العناصر المغذية التي يحصل عليها النبات بهذه الطريقة تكون صغيره بالنسبة للكمية الكلية التي يحتاجها النبات .

5- نظرية تنفس الجذور (نظرية غاز ثاني اوكسيد الكربون)

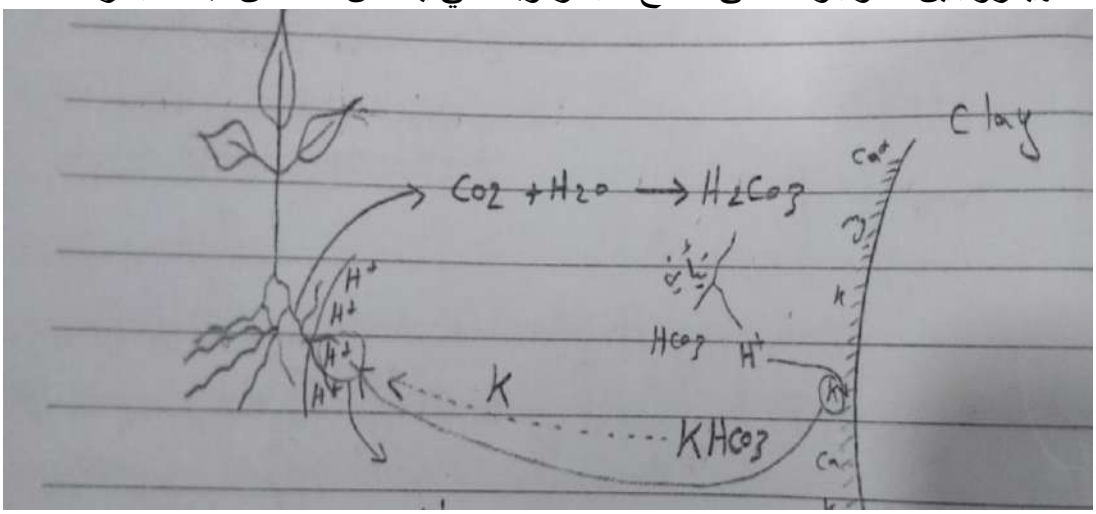
تتلخص بما يلي :

أ- تتنفس الجذور فينطلق غاز CO_2 الى خارج الجذر ويتحد مع الماء مكونا حامض الكربونيك H_2CO_3 .

ب- يزداد تركيز الحامض ويتاين الى H^+ و HCO_3^- .

ج- يحدث تبادل بين +H الموجود في المحلول مع اي كاتيون اخر متواجد على سطح الطين مثل Ca^+ او Mg^+ او K^+ اي يحل ايون الهيدروجين محل هذا الايون وليكن K^+ ويطرده الى محلول التربة فيتحد الـ K^+ مع HCO_3^- وينتج بيكاربونات البوتاسيوم $KHCO_3$.

د- تتجه جزيئات $KHCO_3$ الى سطح الجذر وتحصل عملية تبادل بين K^+ وايونات الهيدروجين الموجودة على سطح الجذر وبالتالي يمتص K^+ من قبل الجذر.



6- نظرية فرق الجهد الكهربائي

وجد ان الجذر النباتي يعمل كنظام غروي به طبقة كهربائية مزدوجة الداخلية منها سالبة ((اذ ان الجدر والاغشية الخلوية تحمل شحنات سالبة مصدرها مجاميع الكربوكسيل COOH ومجاميع الهيدروكسيل OH ومجاميع الامين NH_2 وبانحلال هذه المجاميع تفقد ايون الهيدروجين فتبقى حاملة للشحنات السالبة)) والخارجية من هذه الطبقة المزدوجة موجبة الشحنة ،وان امتصاص العناصر الغذائية من قبل النبات يتوقف على قيمة فرق الجهد الحاصل بين الطبقة الداخلية والمحلول الارضي وذلك على اساس احتمالين :

الاول : كلما زاد تركيز الهيدروجين في المحلول الارضي تتبعها قلة الكمية الممتصة من الكاتيونات وزيادة الكمية الممتصة من الانيونات .

الثاني : كلما انخفض تركيز الهيدروجين في المحلول الارضي تتبعها قلة الكمية الممتصة من الانيونات وزيادة الكمية الممتصة من الكاتيونات .

ويفسر ذلك على اساس التنافس بين الايونات ، ففي حالة الترب الحامضية (يزداد فيها تركيز ايونات الهيدروجين) يحدث تنافس بين ايونات الهيدروجين الموجودة بكثرة في المحلول الارضي وبين الكاتيونات الاخرى المماثلة له في الشحنة مثل K^+ او Ca^{+2} او Na^+ وبما ان

ايونات الهيدروجين هي انشطها لذلك تزداد الكمية الممتصة منه وتقل الكمية الممتصة من الكاتيونات الاخرى اذ ان امتصاص اي كاتيون يكون على حساب الكاتيونات الاخرى ، وفي نفس الوقت يكون تركيز ايونات OH^- قليل في الترب الحامضية بحيث لاتستطيع منافسة الايونات الاخرى المشابهة لها في الشحنة مثل Cl^- او NO^{-3} او $SO4^{-2}$ لذلك يزداد امتصاص هذه الايونات من قبل النبات ، والعكس صحيح في الترب القاعدية .

ويمكن الاستفادة من هذه النظرية في بعض ابحاث تغذية النبات كما في المثال التالي :

في حالة الترب الحامضية اذا اضيف السماد النتروجيني على صورة امونيوم NH_4^+ سوف تحدث منافسة قوية بين الهيدروجين وهذا الكاتيون ولذلك تقل استفادة النبات من الاسمدة النتروجينية ، اما اذا اضيف السماد النتروجيني على صورة نترات فلاتحدث منافسة بينها وبين ايون الـ OH^- الموجود بقلة في الترب الحامضية لذلك يزداد امتصاص النترات ووتزداد استفادة النبات من السماد النتروجيني المضاف ، لذلك نستنتج ان كفاءة الاسمدة النتراتية في الترب الحامضية هي اكبر من كفاءة الاسمدة الامونيومية والعكس صحيح في الترب القاعدية .

عندما يكون تركيز ايون الهيدروجين في محلول التربة اقل من 10^{-3} غم ايون /لتر فان الجذر النباتي سوف يكتسب شحنة كهربائية سالبة اي تركيز ايونات الهيدروجين قليل جدا (اي فرق الجهد يكون سالبا) ، وعندما يكون تركيز ايون الهيدروجين في محلول التربة اعلى من 10^{-3} غم ايون /لتر معناها ان فرق الجهد اصبح موجبا اي كل الشحنات السالبة على الغشاء بها ايونات هيدروجين ، هناك ثلاث حالات لفرق الجهد الكهربائي بين محلول التربة والنبات :

أ- تركيز ايونات الهيدروجين في المحلول = تركيز ايونات الهيدروجين على الجدار الخلوي ... في هذه الحالة فرق الجهد سوف يساوي صفر (اي الشحنة متعادلة) فلا يحصل امتصاص للايونات .

ب- تركيز ايونات الهيدروجين في المحلول أكبر من تركيز ايونات الهيدروجين على الجدار الخلوي ... في هذه الحالة فرق الجهد سوف يكون محمل بشحنة موجبة .... النبات يقوم بامتصاص الانيونات من محلول التربة لمعادلة الشحنات الموجبة على الجدار.

ج- تركيز ايونات الهيدروجين في المحلول أصغر من تركيز ايونات الهيدروجين على الجدار الخلوي ... في هذه الحالة فرق الجهد سوف يكون محمل بشحنة سالبة .... النبات يقوم بامتصاص الكاتيونات من محلول التربة لمعادلة الشحنات السالبة على الجدار.

تغذية نبات
المحاضرة الثاني عشر
امتصاص العناصر الغذائية 2- الامتصاص النشط

ثانيا : الامتصاص النشط

وهو يحدد انتقال المواد أو الايونات عكس التدرج في التركيز اي من المنطقة ذات التركيز المنخفض الى المنطقة ذات التركيز المرتفع وهذا ما يجبر الخلية على صرف الطاقة. وتعد هذه العملية من العمليات الفسيولوجية المهمة التي تجري في أغشية الخلايا النباتية وغشاء الفجوة Tonoplast وتعد الفجوة المحل المهم الذي تتجمع فيه الايونات المختلفة السالبة والموجبة وبكميات متكافئة كهربائيا. وقد أطلق على هذا النوع من النقل الأيوني بالنقل أو الامتصاص النشط Active transport ويمتاز بعدة خصائص :

1. ان العملية تتطلب صرف طاقة حيوية لدفع الايونات الى داخل الخلية.
2. ان العملية تتخصص في امتصاص بعض الايونات بكمية اكبر من الأخرى.
3. يمتاز الامتصاص النشط بحركة الجزيئات عكس تدرج التركيز (أي من التركيز الواطئ الى التركيز الأعلى). بحيث يتم تجميع الايونات في الخلية اكثر مما في خارج الخلية أي عدم الوصول في النهاية الى حالة التوازن الديناميكي بين داخل الخلية وخارجها وتكون عملية تجميع الايونات مستمرة حتى لو كان تركيز الايونات في الخلايا أكثر مما في محلول التربة بمئات المرات أو أكثر.
4. يحدث في الجزء الداخلي من الخلية النباتية المسمى inner space او symplast والذي يشمل السايتوبلازم وغشاء البلازما وغشاء الفجوة tonoplast.
5. ان عملية امتصاص العناصر تتطلب الحصول على طاقة لدفع الايونات من خارج الخلية الى داخل الخلية وهذه الطاقة تتولد بعملية التنفس نتيجة لعمليات الهدم التي تحصل داخل الخلية ، وبناءً على ذلك تبدو العلاقة بين التنفس وعملية امتصاص الايونات في الكائنات الحية الهوائية واضحة، وتعتمد جميع العمليات الحيوية التي تتطلب طاقة على مركبات ATP ويصنع ATP من خلال عملية التنفس (الفسفرة الضوئية) والفسفرة غير الهوائية ومن خلال عملية التركيب الضوئي ولهذا تظهر أهمية الضوء في عملية امتصاص الايونات .
6. بسبب كون النقل النشط عملية بايولوجية فهي تعتمد على توفير الاوكسجين وتقل في الظلام وتتأثربوجود المواد السامة او المثبطة وكذلك بارتفاع او انخفاض درجة الحرارة.

وتحاول نظريات الامتصاص النشط (الحيوي) تفسير ما عجزت عنه النظريات السابقة من إمكانية امتصاص النبات للعناصر وتراكمها في الفجوة العصارية ضد تدرج التركيز وكذلك كيفية امتصاص النبات للأنيونات السالبة الشحنة واختراقها لسطح الجذر ذات الشحنة السالبة، ومن هذه النظريات:

نظريات الامتصاص النشط

أولا: نظرية الناقل (المواد الحاملة Carrier Theory)

ثانيا: نظرية مضخة الايونات Lundegardh Theory or Cytochrome pump

اولا :نظرية الحامل او الناقل (المواد الحاملة Carrier Theory)

ان النباتات تعتمد فى حياتها على تفضيل نوع معين من الأيونات على حساب أنواع أخرى إذا ما وجد الجميع معا فى وسط نمو الجذور ويعنى هذا أن النظام الناقل للأيونات إلى داخل الكائن الحى يمكنه التمييز بين أنواع الأيونات الموجودة خارج هذا الكائن حتى ولو كانت هذه الأيونات على درجة كبيرة من التشابه ، أى أن هذا الانتقال اختيارى وفى نفس الوقت حيوى . وهنا يكون من المؤكد وجود مادة أو مواد معينة داخل جسم النبات لها القابلية لحمل أيون معين دون آخر. وتختلف الآراء حول طبيعة المواد الحاملة فيرى البعض بأنها عبارة عن مادة السيتوكروم أو مواد عضوية او كحوليات عضوية اومضادات حيوية فى حين يرى البعض الآخر أنها أحماض عضوية اومن المحتمل أن تكون المواد الحاملة هى جزيئات من الببتيدات ذات الصفة الدهنية.

الحامل يكون نوعين اما متخصص اوغيرمتخصص حيث ان الحوامل المتخصصة لايحصل بها تنافس اي لايوجد تزاحم على جهات الامتصاص ، اما غير المتخصصة والتي يمكن ان تعمل مع ايونين اوثلاثة ايونات سوف يحدث بها تزاحم فمثلا اذا كان لدينا كاتيونات Ca^{+2} وMg^{+2} وK^{+} فيكون التكافؤ العالي اسرع انتقالا الى الحامل وبما ان Ca^{+2} وMg^{+2} لهما نفس التكافؤ فالعنصر الذي تركيزه اعلى يكون اسرع انتقالا الى الحامل ، وفى كل الأحوال يجب أن تكون على المواد الحاملة مواقع لها درجة كبيرة من التخصص لربط الأيونات المختلفة مما يساعد على الامتصاص الاختيارى للأيونات .

نظرية الحامل تفترض مايلي :

1- الاغشية الخلوية تحتوي جزيئات خاصة تكون قادرة على نقل الايونات عبر الغشاء الحيوي وهذه الجزيئات تسمى (حوامل) .

2- هذه الحوامل تمتلك صفة التخصص Specificity لايون معين بمعنى انها قادرة على نقل هذا ألايون دون غيره، ولو كان الحامل متخصص لنقل أيونين فهنا يحدث تنافس بين هذين الايونين على الموقع الفعال للحامل والايون ألاكثر تركيزا في الوسط يستطيع ان ينافس الايون الاخر على مواقع الامتصاص.

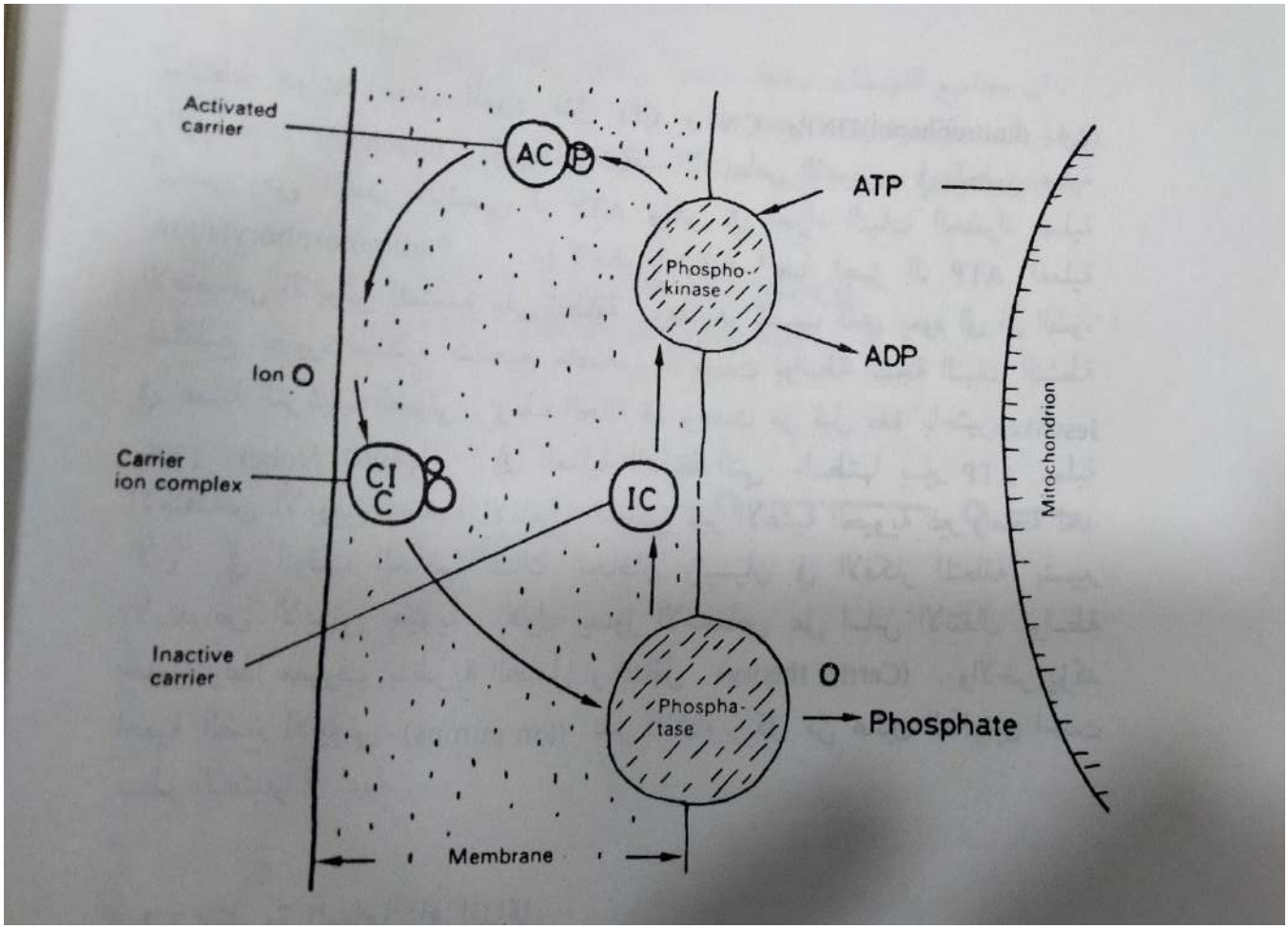
3- لكي يتمكن الحامل من الارتباط بالايون ونقله عبر الغشاء فأنه يحتاج إلى طاقة تنشيط لكي يتحول الى حامل نشط Activated carrier (AC) ويطلق على الحامل المنشط من قبل الـ ATP والمرتبط باالايون بمعقد الحامل والايون complex ion carrier وعندما يرتبط الايون بالحامل فإن شكل وتركيب الحامل يتغير ويكون قابل للانتشار عبر الغشاء الخلوي .

4- بعد مرور هذا الحامل عبر الغشاء حاملا معه الايون اللازم ادخاله يتم فصل الايون وفك الارتباط بمجموعة الفوسفات من الحامل المعقد وبالتالي يفقد صلته بالايون الذي يتحرر بدوره وينطلق إلى السايتوبالزم فيصبح هذا الحامل غير نشط Inactivated carrier (IC)

ويمكن توضيح طريقة النقل (الامتصاص) النشط للأيونات خلال الأغشية من خلال الشكل بالخطوات التالية :

1- يتقدم الحامل غير النشط (IC) الموجود قريب من السطح الداخلي للغشاء الى انزيم الـ phosphokinase .
2- يتم فسفرة الحامل غير النشط بواسطة مركب الطاقة الـ ATP القادم من المايتوكوندريا فيتحول هذا الحامل الى حامل نشط (AC) ويتحول الـ ATP الى ADP الذي بدوره يعود راجعا الى المايتوكوندريا .
3- الحامل النشط يرتبط بالايون الخاص ذات الصلة والموجود في الحدود الخارجية للغشاء ويتكون معقد من الحامل النشط والايون(CIC).
4- معقد الحامل النشط والايون(CIC) قابل للانتشار فيتحرك عبر الغشاء الى انزيم الـ phosphatase الذي محله عند الحدود الداخلية للغشاء .
5- انزيم الـ phosphatase يقوم بفصل مجموعة الفسفور من الحامل في المعقد فينفرد الأيون عن الحامل ويتجه الايون إلى داخل العصير الخلوى حيث يتم تراكمه .
6- يتحرك الحامل مرة أخرى بعد فسفرته تجاه السطح الخارجى لحمل أيون جديد وهكذا .

وتحتاج المواد الحاملة إلى طاقة لكى تقوم بعملها ويكون مصدر الطاقة هومركب ATP (Adenosine triphosphate) الذى يقوم بتزويد الحامل بعنصر الفوسفور.



ويمكن أن نختصر هذه العملية بالمعادلات التالية

1- Carrier + ATP $\xrightarrow{\textbf{Kinase}}$ Carrier* + ADP

2- Carrier* + ion $\xrightarrow{\textbf{Phosphat}}$ Carrier* - ion complexe

3- Carrier* - ion $\xrightarrow{\textbf{Phosphat}}$ Carrier + ion + phosphore

وعلى ذلك نجد أن الأيون غير حر فى تحركه خلال الغشاء بمفرده . ولكنه يتحرك بعد أن يصبح جزءاً من مكونات مواد معينة (الحامل) ، ثم يصبح أيون حر مره أخرى عند انفصاله عن الحامل عند السطح الداخلى للغشاء . ولا يمكن للأيون الرجوع مره أخرى إلى حيث كان ، نظراً لقلة نفاذية الغشاء ، وكذلك لأن الحامل فقد نشاطه وأصبح خاملاً وفقد الارتباط بالأيون .

ومن الجدير بالذكر بأن على كل مادة حاملة مواقع ربط Binding sites متخصصة لكل نوع من الأيونات ، مما يساعد على الامتصاص الاختيارى Selective transport للأيونات .

ثانيا : نظرية لوند يكارد Lundegardh Theory

وتعرف ايضا بنظرية التنفس الانيوني Anion respiration او نظرية مضخة السايتوكروم Cytochrome pump وتفترض هذه النظرية أن عملية الامتصاص تخضع للأسس التالية:

1- هناك انفصال تام بين كل من عمليتي امتصاص الأنيونات والكاتيونات

2- امتصاص الكاتيونات عملية فيزيائية طبيعية بحتة وتتم على خطوتين:

الأولى يتحرك فيها الكاتيون من خارج الخلية إلى داخل السيتوبلازم، وهنا تعتبر على أنها عملية تبادل أيونى بين الكاتيون والهيدروجين المتأين من بعض المركبات العضوية فى البروتوبلازم.

والثانية يتم فيها انتقال الكاتيون من سيتوبلازم الخلية إلى داخل الفجوة العصارية ويطلق على هذه الخطوة عملية التجمع أو التراكم Accumulation ، كذلك عملية امتصاص الكاتيون عملية عكسية بمعنى أن الكاتيون يمكن أن يتحرك بحرية خلال السايتوبلازم فى اتجاه الداخل أو الخارج نحو جدار الخلية .

3- امتصاص الأنيونات عملية كيميائية بحتة وهي عملية غير عكسية أي في اتجاه واحد من محلول التربة الى داخل الفجوة العصارية (خروج الانيونات من الفجوة العصارية غير ممكن) ، وعملية امتصاص الانيونات مرتبطة ببذل طاقة من قبل النبات يحصل عليها نتيجة الزيادة في عملية التنفس العام وهذه الطاقة يحتاج اليها النبات لكي يقاوم الشحنة السالبة للجدار الخلوي وغشاء البلازما ، تأتي هذه الطاقة عن طريق عملية هدرجة الـ ATP بواسطة أنزيمATP ase، وهذا يفسر الارتباط الشديد بين عملية التنفس والامتصاص الملحي حيث ان عمليه التنفس تطلق طاقة لاعادة تكوين الـ ATP المزود الاساسي للطاقة في عملية الامتصاص.

وتتم عملية انتقال الانيونات ضد منحدر التركيز لذلك اطلق على هذه النظرية نظرية التنفس الملحي أو الانيوني.

وافترض لونديكارد ان الانيون يلزمه حامل يحمله من وقت دخوله غشاء البلازما عبر السايتوبلازم وحتى يصل الى الفجوة العصارية وان هذا الحامل هو السايتوكروم الحاوي على الحديد في تركيبه.

ميكانيكية عملية امتصاص الانيونات حسب نظرية لوند جارد :

1- تعتمد ميكانيكية امتصاص ألانيونات بواسطة مضخة السيتوكروم على عملية التنفس التى تعتبر مصدر الامداد بالاكترونات الناتجة من تحول الهيدروجين عند السطح الداخلى إلى بروتونات الهيدروجين H^+ والاكترونات e^- ، ومصدر الهيدروجين هو الاحماض العضوية بفعل إنزيمات الديهيدروجينيز

2- ينتقل الاكترون المتكون إلى وحدة السيتوكروم ويختزل الحديديك Fe^{+3} إلى حديدوز Fe^{+2}، ثم ينتقل من وحدة إلى أخرى فى تتابع مستمر حتى يصل إلى غشاء السيتوبلازم الخارجى البلازمالما plasmalemma

3- وعندها يفقد حديد السيتوكروم الاكترون المكتسب ويتحول الى حديديك Fe^{+3} الذى يكون مستعد لاستقبال إلكترون آخر من الداخل ، أو أنيون من الخارج ويأخذ الصورة حديد – أنيون ، وينتقل هذا الانيون إلى داخل الخلية فى تتابع مماثل حتى الوصول إلى الفجوة العصارية وعندها يتم تبادل ألانيون مع إلكترون جديد

تغذية نبات
المحاضرة الثالث عشر
الجذر وامتصاص الماء

تحصل النباتات علي كل ما تحتاجه من الماء من التربة بواسطة المجموع الجذري، وتختلف النباتات من حيث طبيعة تكوين مجموعتها الجذرية كما انها تختلف في مقدرتها على التعمق والتغلغل في التربة ، فالجذور ذات النمو الجيد والكثافة النباتية الكبيرة يكون لها القدرة الكبيرة على امتصاص الماء والعناصر الغذائية .

ان استكشاف الماء والعناصر الغذائية في التربة يعتمد على الصفات الظاهرية للجذور وهي :

1- تعمق الجذور 2- تفرع الجذور 3- عدد الشعيرات الجذرية 4-صفات نهاية الجذور

وظائف الجذور :

1- امتصاص الماء والعناصر الغذائية : تفقد النباتات خلال يوم واحد كميات كبيرة من الماء تصل اضعاف وزنها وهذا الماء المفقود يعوض عن طريق امتصاص الجذور، كما تسيطر الجذور على نوع وكمية الايونات الداخلة الى النبات .

2- تثبيت النبات : تنمو الاجزاء الخضرية لبعض النباتات الى ارتفاع يصل الى اكثر من100 قدم وهذا يعرض النبات لضغط كبير من قبل الرياح وهذا الضغط ينتقل الى الساق ثم الجذر ، فالجذر مرتكز النبات وكلما كان اصلب واعمق كان النبات اقل تاثرا بالرياح .

3- تصنيع المواد : للجذر اهمية كبيرة في تصنيع المواد الغذائية لبعض النباتات فمثلا في نبات التبغ يقوم الجذر بتصنيع النيكوتين ثم ينقل بعد ذلك الى الاوراق ، كما يتم تصنيع بعض الهرمونات النباتية مثل السايتوكاينين في الجذر .

4- الخزن : تخزن جذور بعض النباتات مثل الجزر والبنجر السكري والبطاطا العديد من المواد الغذائية ذات القيمة الاقتصادية.

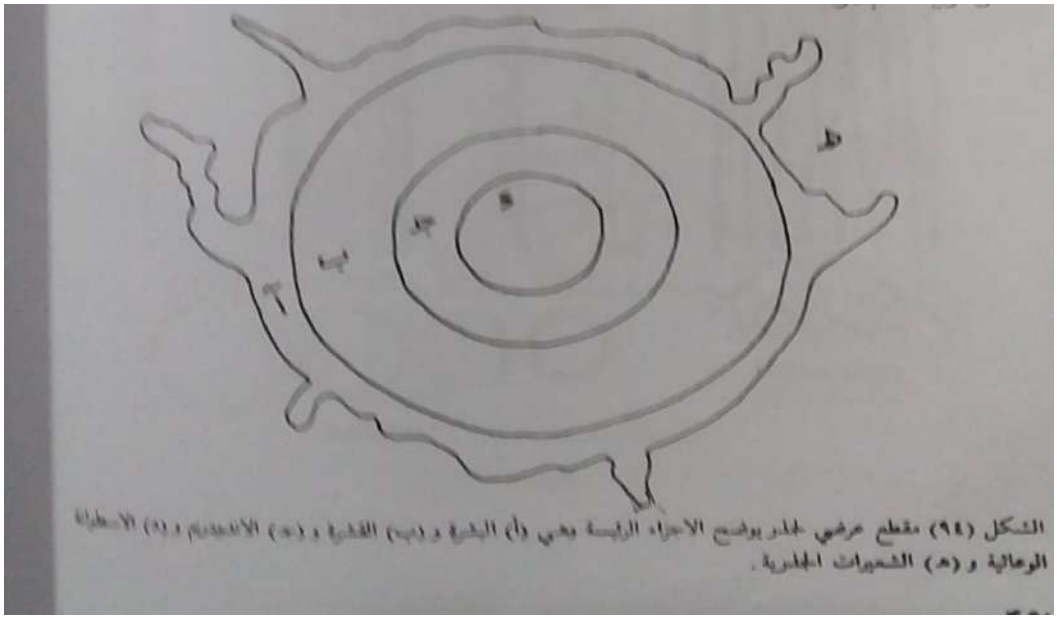
5- المساهمة في عملية تثبيت النتروجين في النباتات البقولية

6- تؤثر الفعاليات الحيوية للجذور في عدد من الصفات الكيميائية للتربة كجاهزية العناصر الغذائية ودرجة تفاعل التربة من خلال فرز ايون الهيدروجين وايون الهيدروكسيل ، كما تؤثر في بعض الصفات الفيزيائية للتربة كتهوية التربة والمسامية وسرعة نفوذ الماء.

7- تعد كمادة عضوية للتربة بعد حصاد النبات وتحللها في التربة.

تركيب الجذر Root Structure

ان الجذر النموذجي الحديث التكوين يتكون من ثلاث مناطق مركزية هي البشرة والقشرة والاسطوانة الوعائية الموجودة في مركز المقطع العرضي والشكل يوضح هذه المناطق :



البشرة :

تتكون من خلايا طولية متراصة بعضها مع البعض الاخر وهي الطبقة الخارجية للجذر التي عن طريقها يدخل الماء والعناصر الغذائية الى الجذر واصل البشرة هو اما من القشرة او القلنسوة ، والبشرة الناضجة حديثة التكوين تقوم بتكوين الشعيرات الجذرية root hair التي تشارك في عملية امتصاص الماء والعناصر الغذائية . ان تقدم الجذر بالعمر يؤدي الى جعل خلايا البشرة الخارجية اقل نفاذية للماء والعناصر الغذائية .

القشرة :

تتكون من الخلايا البرانكيمية التي تتراص بشكل يترك فراغات بينية كبيرة مجهزة الجذر بفراغات هوائية . وتعد القشرة المخزن الرئيسي للجذر في خزن النشا وكذلك تعمل كوسيط لنقل الماء والعناصر الغذائية من البشرة الى الانسجة الوعائية ، كذلك وجد ان الطبقة الاكثر عمقا في القشرة والتي تسمى الاندوديرم endodermis هي التي تنظم حركة الماد المارة من القشرة الى الاسطوانة الوعائية والاندوديرم تتكون من خلايا ذات جدر رقيقة تحتوي على اشرطة كاسبر casparian strips الغير نفاذة وبهذا فانها تؤثر في انتقال الماء والعناصر الغذائية الى الاسطوانة الوعائية .

الاسطوانه الوعائية :

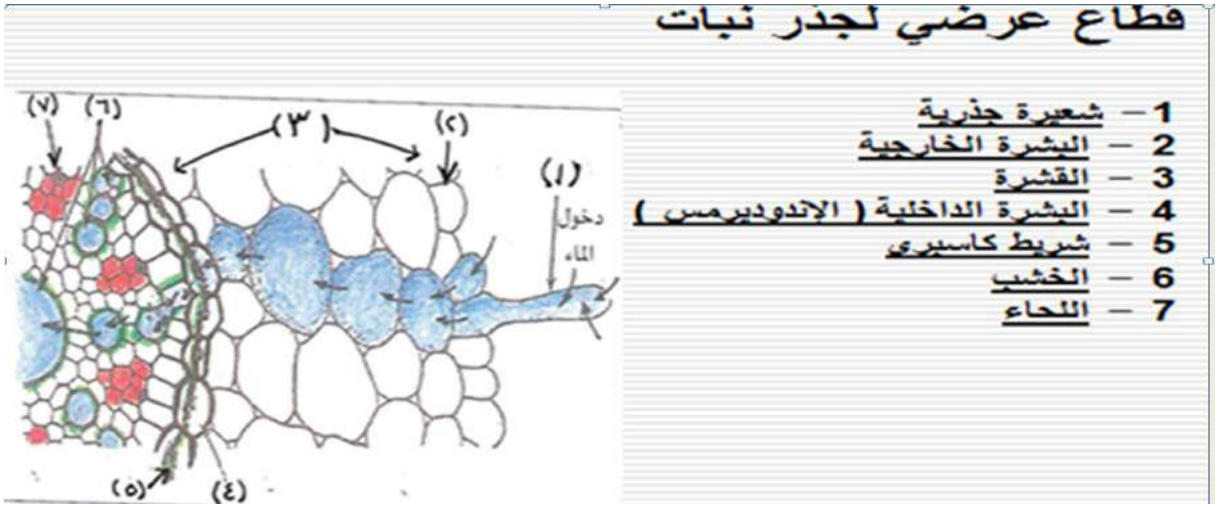
تحتوي الاسطوانه الوعائية على طبقة من الخلايا المرستيمية تدعى بالدائرة المحيطية والتي ينتج عنها معظم التفرعات الجذرية اي الجذور الجانبية Lateral roots ، وداخل الاسطوانة الوعائية وقرب الدائرة المحيطية توجد انابيب اللحاء ويوجد قرب مركز الجذر انابيب الخشب . انابيب الخشب تنقل الماء والعناصر الغذائية التي تمتص من قبل الجذر الى الساق ومن ثم توزع الى جزاء النبات الاخرى ، وانابيب اللحاء تعمل كناقل للمواد المصنعة وموزعة لها داخل النبات والشكل يوضح اجزاء المقطع الطولي للجذر.

عدد مكونات طبقات الجذر من الخارج الى الداخل:

1- البشرة الخارجية	5- اللحاء
2- القشرة	6- الخشب
3- الأسطوانة الوعائية	7- النخاع

جدول المصطلحات الجذرية ووظائفها العملية

	الوظائف العملية	المصطلح
1	امتدادات سيتوبلازمية من خلايا طبقة البشرة في الجذور وتشكل سطح الامتصاص الرئيسي في النبات	الشعيرات الجذرية
2	صف واحد من الخلايا البرانشيمية المفلطحة المتلاصقة لها جدر رقيقة غير مغلفة بمادة الكيوتين	البشرة الخارجية
3	عدة صفوف من الخلايا البرانشيمية ذات الجدر الرقيقة مما يسهل انتقال الماء والاملاح خلالها	القشرة
4	اخر صف من القشرة يسمي البشرة الداخلية الجزء الاوسط من جدرانها الافقية والقطرية مغلظة بالسوبرين – الطبقة التي تتحكم في مسار الماء والذائبات من القشرة الي الاسطوانة الوعائية في الجذر	البشرة الداخلية (الإندوديرمس)
5	الدائرة المحيطة التي تمثل الغلاف الخارجي للاسطوانة الوعائية صف واحد من الخلايا البرانشيمية ذات الجدر الرقيقة تقع الى الداخل من الاندوديرمس مباشرة	البريسيكل
6	انسجة وعائية تلي القشرة وتتكون من اعمدة من الخشب واللحاء	الحزم الوعائية
7	نسيج يتالف من انابيب غربالية وخلايا مرافقة وخلايا برانشيمية والياف	نسيج اللحاء



وظيفة الشعيرة الجذرية

تشكل الشعيرات الجذرية سطح الامتصاص الرئيسي في النبات.... ماهي الصفات التي تمتلكها الشعيرات الجذرية للقيام بهذه الوظيفة ؟

- جدرها رقيقة تسمح بنفاذ الماء و الأملاح من خلالها .
- عددها الكبير و امتدادها خارج الجذر يزيد من مساحة سطح الامتصاص .
- تركيز المحلول داخل فجوتها العصارية أكبر من تركيز محلول التربة مما يساعد على انتقال الماء إليها من التربة بالخاصية الازموزية .
- تفرز الشعيرة الجذرية مادة لزجة تساعدها على التغلغل والانزلاق بين حبيبات التربة والالتصاق بهذه الحبيبات مما يساعد على تثبيت النبات، كما أن هذه المادة اللزجة محبة للماء فتعمل كأغشية مائية تسهل من عملية الامتصاص.

قشرة الجذر ووظيفتها

تتكون من عدة صفوف من الخلايا البرانشيمية ذات الجدر الرقيقة مما يسهل انتقال الماء و الأملاح خلالها ، كما أنها خازنة للمواد الغذائية عالية الطاقة .

آخر صف من القشرة يسمى البشرة الداخلية أو الإندوديرمس، و تتميز خلايا الإندوديرمس بأن الجزءالأوسط من كل جدرانها الأفقية و القطرية مغلفة بشريط من مادة السوبرين غير المنفذة للماء و يسمى شريط كاسبر.

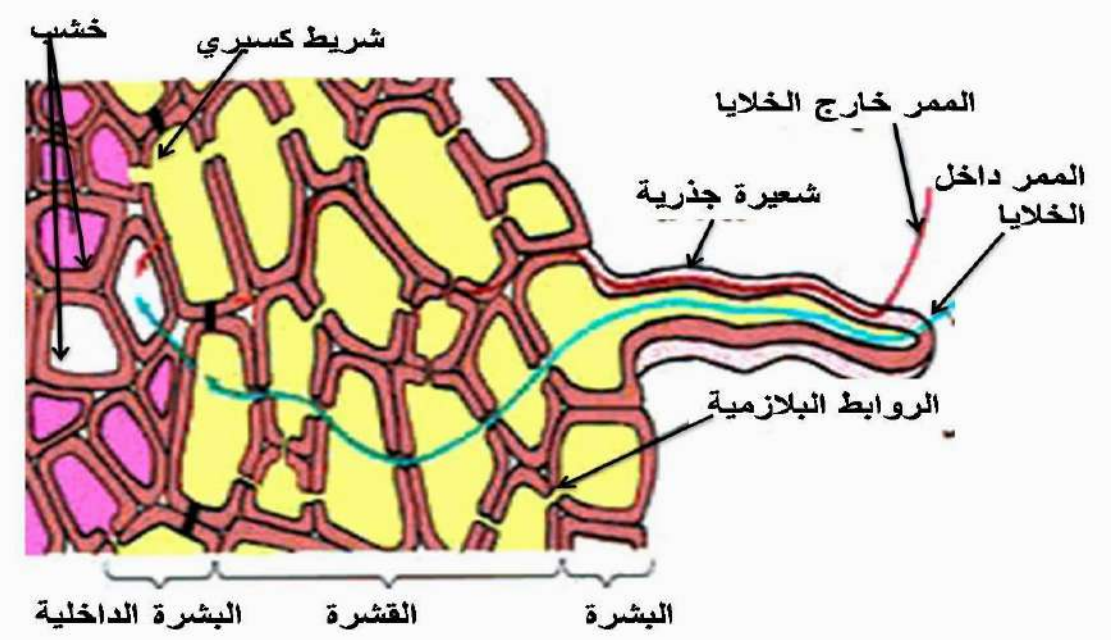
تمتلئ خلايا الإندوديرمس بجزيئات النشا ذات الطاقة لتساعدها على عملية النقل النشط للماء و الأملاح المذابة فيه ، طبقة الاندوديرمس في جذر النبات تتحكم في مسار الماء والذائبات.

في نباتات ذوات الفلقتين يتكون الجذر الرئيسي اولا ثم تتكون الجذور الجانبية .

في نباتات ذوات الفلقة الواحدة تتكون الجذور الجانبية من جذير البذرة وبعدها يتكون نظام جذري كثيف بجذور رهيفة .

مسار تحرك الماء خلال الجذر:

يمتص الماء بواسطة الشعيرات الجذرية وخلايا البشرة الأخرى القريبة من منطقة الشعيرات الجذرية ثم يتحرك الماء من هذه الخلايا من خلال التدرج الازموزي الى خلايا أنسجة القشرة ثم الى الاندودرمس ثم الى البريسايكل وفي النهاية الى الخشب ، ويتصل نسيج خشب الجذر مباشرة بنسيج الخشب في الساق ولذلك يتحرك الماء من الجذر الى الساق.



ان حركة الماء من التربة الى الجذر تحصل بواسطة القوى الناتجة عن الاختلافات الحاصلة في الجهد المائي بين التربة والجذر . ومن اجل ان يدخل الماء الى الجذر فان الاخير يجب ان يكون بحالة اتصال بالتربة وان يكون جهده المائي اقل من الجهد المائي للتربة ، وعلى الجذر المحافظة على هذا لاختلاف بالجهد من اجل استمرار امتصاص الماء من قبل الجذر .

ان الجذر يعمل كنظام ازموزي ، حيث ان الاملاح تتجمع في عصير اللحاء بحيث ان الجهد الازموزي لهذا العصير يزيد على الجهد الازموزي للمحيط الخارجي وبذلك ينتقل الماء الى اوعية الخشب ، ومن هذا يتضح ان تدفق الماء الى اوعية الخشب يعتمد على الاختلافات في الجهد الازموزي وكذلك على نفاذية الجذور للماء . الماء الذي يدخل الى الجذر يجب ان يمر عبر البشرة والقشرة الخارجية والاندوديرم (القشرة الداخلية) ومن ثم الدائرة المحيطة قبل ان يصل الى الخشب , وهناك ثلاث مسالك يسلكها الماء عبر هذه الانسجة ليصل الى الخشب وهي :

1- الانتقال الفجوي

ويشمل هذا المسلك دخول الماء الى فجوة خلية البشرة بعد ان يقوم بعبور البلازما وغلاف فجوة الخلية (tonoplast) وبعد ذلك يدخل الى فجوة خلية القشرة مرورا باغشية خلوية وهكذا يكون الانتقال من فجوة الى اخرى الى ان يصل الى الدائرة المحيطة وبعدها الى اوعية الخشب.

2- الفراغ الحر Free- space pathway

ويشمل هذا المسلك مرورالماء من خلايا جدار البشرة وجدار القشرة وعندما يصل الى القشرة الداخلية التي تفصل القشرة الخارجية عن الاسطوانة المركزية تكون الجدران الخلوية الداخلية التماسية او العرضية للقشرة الداخلية غنية بمادة اللكنين والدهون مولدة شريط كاسبر Casparian strip الذي يولد مقاومة كبيرة ضد انتقال الماء لكونها قد عدت غير نفاذة للماء والعناصر الغذائية وبذلك لاينتقل الماء الى الاسطوانة المركزية عبر هذا الطريق , ولذلك يغير الماء مسارة ويجب ان يمر عبر البلازملما التي تحاذي خلايا شريط كاسبر حتى يصل الى البروتوبلازم وبعد ذلك يصل الى اوعية الخشب .

3- الانتقال بالسايتوبلازم

في هذا المسلك يدخل الماء الى بروتوبلازم خلايا البشرة والقشرة وبعد ذلك ينتقل من خلية الى اخرى عبر الخيوط البلازمية ,وفي القشرة الداخلية يترك الماء الممر السايتوبلازمي ويصل بعد ذلك الى الاوعية .

القوى المسؤولة عن انتقال الماء من التربة الى اجزاء الجذروعبرالمسالك الثلاثة السابقة هي :

أ- القوى الشعرية : وتتولد هذه القوى نتيجة لوجود المسامات والقنوات الضيقة في مادة جدار الخلية ، ويكون جزء من الماء في الفراغ الحر مقيدا بقوى الشد الحبيبي .

ب- قوى التنافذ : يمكن ان ينتقل الماء من الفراغ الحر الى السايتوبلازم عن طريق التنافذ لان الاغشية الحيوية التي تفصل الفراغ الحر عن السايتوبلازم تكون شبه نفاذة مما يؤدي الى توليد قوى التنافذ والتي تسمح بنفوذ الماء عبر هذه الاغشية .

ت- قوى الازموزية : نتيجة لوجود المواد الذائبة في الخلية مثل الاحماض العضوية والسكريات والعناصر المعدنية تؤثر في انتقال الماء من خلية الى اخرى نتيجة لتولد جهد ازموزي مختلف بين خلية واخرى اوبين التربة وخلايا الجذر.

اما اي الطرق اهم في انتقال الماء فقد توصل عديد من الباحثين الى ان طريق الانتقال بالسايتوبلازم هو الطريق المهم لانتقال الماء والايونات المعدنية عبر نسيج القشرة للجذر وذلك لاسباب متعددة منها عدم وجود شريط كاسبر في طريق الانتقال السايتوبلازمي والموجود في طريق الفراغ الحرفضلا عن ذلك فان القوى المتولدة في هذا المسلك ضد حركة الماء وكذلك نفاذية الاغشية الخلوية لاتعيق بشكل كبير انتقال الماء ، ولكن هذا يجب ان لايولد اهمالا لمسلك الماء في الفراغ الحر وفجوة الخلية .

حركة الماء في الساق:

يتحرك الماء الى الأعلى مع بعض المواد الذائبة وتركيز منخفض من السكريات والممر الرئيسي هو الخشب وتختلف سرعة صعود الماء الى الأعلى باختلاف النبات وفصل النمو والظروف البيئية المحيطة.

ان الخشب في الساق يعد الخط الرئيس لانتقال الماء في النبات ، والخلايا الرئيسية للخشب المسؤولة عن انتقال الماء هي الخلايا الوعائية والخلايا الرغامية والخلايا الليفية .

حركة الماء في الساق تعتمد على القوى الناتجة من تبخر الماء من على سطح الخلايا البرنكيمية للورقة ، وهذا التبخر يؤدي الى خفض الجهد المائي لهذه الخلايا مسببا حركة الماء من الخشب الى هذه الخلايا السطحية ، وبمعنى اخر هذا التبخر يؤدي الى خفض الجهد المائي لقمة الخشب حيث ينخفض الى اقل من الصفر مما يؤدي الى سحب الماء الى اعلى الساق .

ان استمرار الماء بالحركة في الساق الى الورقة يحتاج الى عمود متصل من الماء ، وهذا العمود المتصل من الماء ينقطع وذلك اما عن طريق ذوبان الغازات في الماء داخل العمود مكونا فقاعات بواسطة الرياح التي تولد فراغات ، وكذلك قد يحصل تكون للفقاعات عند تعاقب حالة الانجماد والسيولة للماء داخل الاوعية الناقلة .

حركة الماء في الاوراق

تمثل الأوراق المرحلة النهائية لحركة الماء في النبات ، إذ يتصل نصل كل ورقة بالساق في عقدة الساق وفي العقدة يبرز النسيج الناقل الذى يغذى الورقة بالماء ويتوزع النسيج الناقل في كل ورقة باختلاف النبات ، ففي أوراق معظم النباتات ذات الفلقة الواحدة تكون العروق موازية للعرق الرئيسي وتتفرع من هذه العروق فروع صغيرة ليصل الماء الى كل منطقة في الورقة ، وفي نباتات ذات الفلقتين يختلف توزيع العروق في أوراقها فبعضها ذات عروق راحية حيث تتصل العروق الثانوية في الورقة بالعرق الرئيسي عند قاعدة الورقة. وفي البعض الآخر تكون العروق ريشية حيث يمتد العرق الوسطى الى حافة الورقة وتتصل بها الأفرع من الجانبين.

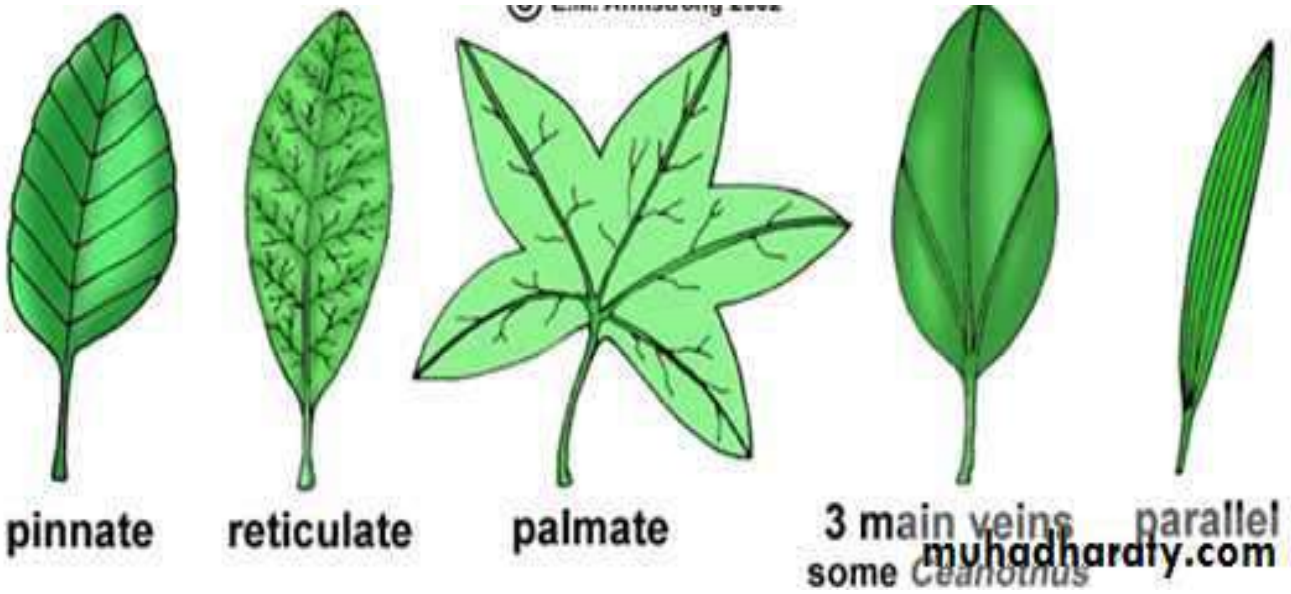
هناك طريقتان لانتقال الماء في الاوراق هما العمودي (vertical) والجانبي (lateral) الحركة العمودية تكون من نهاية الحزم الوعائية الى البشرة ، بينما الحركة الجانبية تكون في داخل خلايا النسيج الاوسط الى خلايا الجدار الخاصة بالتبخر المتاخمة للثغور . ويمكن ان

يتداخل هذان الطريقان لنقل الماء في الورقة وفقدانه من الثغور . والسؤال الذي يطرح هل ان انتقال الماء الجانبي هو :

حركة انتشار من فجوة خلية الى فجوة خلية اخرى عبر خلايا الاغشية والجدر والقوة المسؤولة عن هذه الحركة هي التدرج في الجهد المائي ، ام هو :

جريان كتلي حول الخلايا دون المرور بالفجوة والقوة المسؤولة ايضا التدرج بالجهد المائي .

واكد عدد من الباحثين امثال (Levitt–1956)ان حركة الماء حول الخلايا وليس الانتشار (معدل انتشار الماء قليل جدا بحيث انه لايدعم انتشار الماء من الثغور) هو السؤول عن حركة الماء .



العوامل التي تؤثر على امتصاص الجذور للماء:

العوامل الخارجيه:

(1) الرطوبة : كلما زاد المحتوى الرطوبي زاد نمو الجذور وليس التعمق وكلما قل المحتوى الرطوبي زاد تعمق الجذور الى ان يصل المحتوى الرطوبي للتربة الى حد الجفاف فيسبب توقف العمليات الحيوية ثم موت الجذر.

(2) تركيز محلول التربة:

(3) التهوية: تواجد غازالاوكسجين ضروري لنمو الجذر وفعالياته الحيوية وان سيادة الظروف اللاهوائية في التربة تكون ذات تاثير ضار بسبب تكون المركبات السامة (الاثلين ومواد اخرى)

(4) العناصر الغذائية

(5) تركيز ثاني أكسيد الكربون:

(6) درجة حرارة التربة

2- العوامل الداخلية (عوامل خاصة بالجذور) مثل:

1- تعمق وانتشار الجذور.

2- نفاذية الجذور للماء.

3- النشاط الأيضي للجذور.

4- علاقة المجموع الجذري بالمجموع الخضري

5 - عمر الجذور

6 - نواتج التحولات الغذائيه فى الجذور

تغذية نبات

المحاضرة الرابع عشر

نقص العناصر الغذائية

ان نقص عنصر غذائي او اكثر يؤدي الى حصول نمو غير طبيعي للنبات بسبب اختلال العمليات الحيوية في النبات مما يؤدي الى تراكم بعض المركبات العضوية الوسطية ونقص في البعض الاخر وهذا بدوره يضع النبات تحت ظروف تُميز بظهور اعراض النقص التي لها علاقة وثيقة بنقص عنصر معين من العناصر الغذائية وكل سمة من سمات اعراض النقص لابد ان يكون لها علاقة بالوظائف التي يقوم بها هذا العنصر ، وهناك بعض العناصر تقوم باكثر من وظيفة حيوية داخل النبات وهذا مما يزيد من صعوبة تفسير السبب الفسيولوجي لظهور اعراض معينة للنقص. وعند وصول نقص العنصر الى حد معين تبدا علامات النقص بالظهور على اجزاء النبات، ويقال عن النبات انه يعاني من اعراض نقص عنصر غذائي معين اذا انخفض تركيز هذا العنصر داخل النسيج النباتي بحيث لايؤدي الى النمو المثالي.

تستعمل طريقة تحليل الانسجة للكشف عن نقص العنصر قبل ظهور اعراضه على النبات. ويعتمد في تحديد مستوى العنصر في النباتات بواسطة تحليل الانسجة على الحد الحرج او التركيز الحرج critical concentration الذي يمثل تركيز العنصر الغذائي في النسيج النباتي الذي يكون مباشرة تحت المستوى الذي يعطي النمو المثالي للنبات واذا قل التركيز عن هذا المستوى قل الحاصل وانخفضت جودته .

ان للعناصر الغذائية داخل النبات مستويات معينة تفسر محتوى النبات من العنصر الغذائي ويمكن وضع هذه المستويات بالتسلسل التالي ، الشكل يوضح العلاقة بين تراكيز العناصر الغذائية في النبات ونمو النبات :

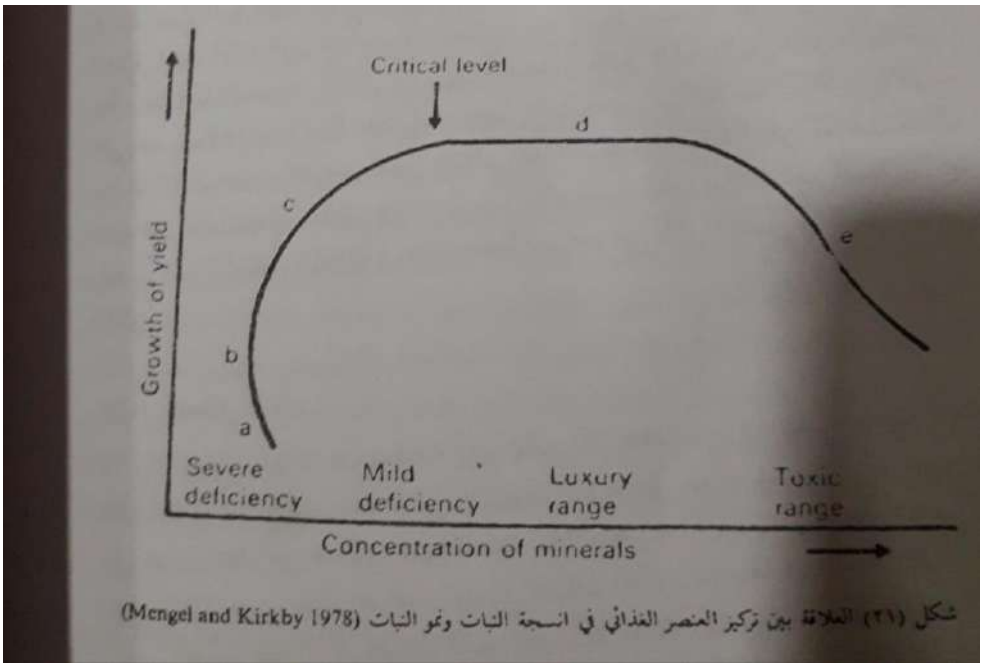
1- النقص الشديد Severe deficiency

2- النقص المتوسط Mild deficiency

3- المستوى الحرج Critical level

4- مستوى الافراط Luxury level

5- مستوى السمية Toxic level



شكل (٢١) العلاقة بين تركيز العنصر الغذائي في انسجة النبات ونمو النبات (Mengel and Kirkby 1978)

يلاحظ من خلال الشكل السابق انه عند مستويات النقص الشديد والنقص المتوسط للعنصر الغذائي يكون محتوى النبات من العنصر الغذائي واطئا مما يؤدي الى جعل معدل النمو واطئا اومتوقفا ، وبزيادة كمية العنصر الجاهزة في التربة مع توفر الظروف الملائمة الاخرى للنمو يزداد معدل نمو النبات وكذلك يزداد محتوى النبات من العنصر الغذائي حتى الحد الحرج او المستوى الحرج الذي هو النسبة المئوية للعنصر الغذائي في النبات التي عندها يحصل اعلى معدل للنمو واذا قلت النسبة عن هذا المستوى قل الحاصل ، واذا ازدادت نسبة العنصر الغذائي في النبات عن الحد الحرج فان ذلك ليس له تاثير معنوي على الحاصل (مستوى الافراط او مايعرف بالاستهلاك الترفي Luxury consumption) ، وقد تُوصل هذه الزيادة النبات الىُ مستوى السمية مما يكون لها تاثير سلبي مضر في نمو النبات والحاصل .

ويمكن تقسيم خط النمو بصورة عامة الى ثلاثة مناطق وهي- 1 :منطقة نقص العنصر حيث يزداد النمو بشدة مع زيادة العنصر- 2 .المنطقة الانتقالية التي يزداد فيها النمو بدرجة قليلة مع زيادة العنصر- 3 .منطقة الاكتفاء التي لا يتأثر النمو فيها مع زيادة تركيز العنصر في محيط الجذور.

هناك بعض الصعوبات التي تواجه تشخيص نقص العناصر الغذائية على النباتات يمكن ايجازها بما يلي :

1- تختلف اعراض نقص عنصر غذائي معين باختلاف الانواع النباتية فلكل مجموعة نباتية اعراض نقص قد تختلف عن الاعراض التي تظهر في نباتات اخرى عند نقص نفس العنصر .

2- اشتراك اكثر من عنصر غذائي في نفس اعراض النقص فمثلا يظهر الاصفرار على النبات بسبب نقص عنصر النتروجين كما يظهر الاصفرار ايضا بسبب نقص عنصر الكبريت او الحديد .

3- قد يكون بطأ النمو العام للنبات كنتيجة للظروف البئية مثل انخفاض او ارتفاع درجة الحرارة كما ان كمية

الرطوبة في التربة(نقص ماء التربة الى حد الجفاف اوزيادته الى حد تغدق التربة) قد تتداخل مع اعراض النقص للعناصر الغذائية وهذا يسبب صعوبة تشخيص اعراض النقص .

4-إن النمو غير الطبيعي او ألاعراض التي تظهر على النبات قد تكون بسبب الاصابة المرضية او الحشرات وليست بسبب نقص عنصر غذائي ، ومما يزيد صعوبة التشخيص هو ان هذه الاعراض الناتجة عن مرض معين او اصابة حشرية قد تكون مشابهة لاعراض نقص احد العناصر الغذائية ، مثال ذلك تشابه اعراض نقص عنصر البورون على نبات الجت مع اعراض الاصابة بحشرة Leaf hopper

5- هنالك عدد من المحاصيل تبدأ بفقدان الحاصل قبل ظهور أعراض النقص وتدعى هذه الفقرة(بالنقص المخفي . Hidden Hunger) حيث أن النقص المخفي ممكن أن يقلل الإنتاجية والنوعية بدون ملاحظة ظهور أي أعراض نقص للعنصر على النبات .

اسباب ظهور اعراض نقص العناصر الغذائية او السمية على النبات

قد يرجع ظهور أعراض النقص أو السمية بعنصر غذائي معين إلى واحد او اكثر من الاسباب الاتية:

1. انخفاض تركيز العنصر الغذائي الجاهز في وسط نمو النبات.
2. الاستنفاذ الدائم والمستمر للعنصر من التربة دون أن يعوض باضافة الاسمدة الكيميائية وبالكميات المناسبة.
3. غسل العنصر (Leaching) أو ترسيبه بحيث يصعب على جذور النبات من الوصول اليه وامتصاصه.
4. وجود عوامل كثيره تعود إلى التربة نفسها مثل :

a) وجود طبقة صماء وسيادة ظروف غدقة مما يؤدي إلى نقص الاوكسجين وزيادة تركيز غاز ثاني أوكسيد الكاربون مما يؤدي إلى فقد النتروجين بعملية نزع النتروجين Denitrification، كما تعمل هذه الظروف على إضعاف قدرة الجذور على تكوين مركب الطاقة الـ ATP والذي يعد ضروريا لعملية الامتصاص الحيوي للعنصر وانتقاله.

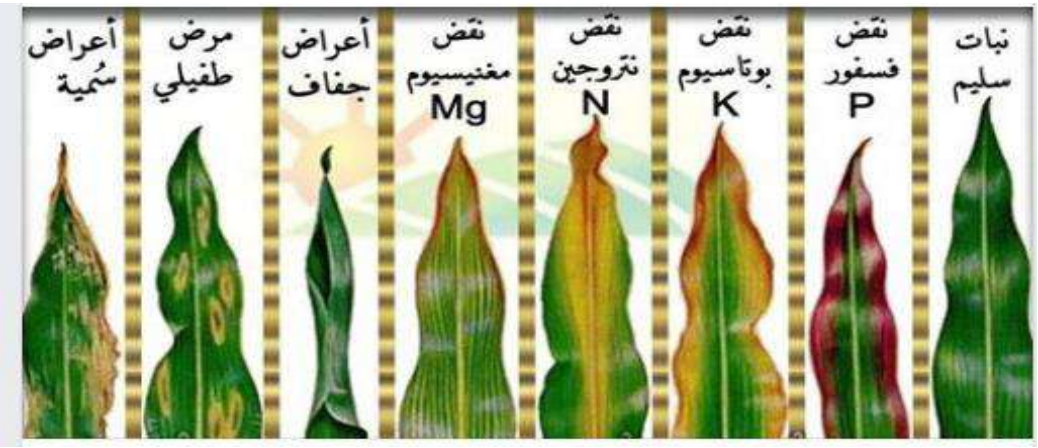
b) تغير درجة تفاعل التربة pH بشكل غير ملائم يلعب دورا مهماً في زيادة جاهزية العناصر الغذائية أو السمية بعنصري الالمنيوم والمنغنيز تحت الظروف الحامضية أو تقليل جاهزية العناصر الغذائية الصغرى تحت الظروف القاعدية باستثناء عنصر المولبيديوم الذي تزداد جاهزيته بارتفاع الـ pH.

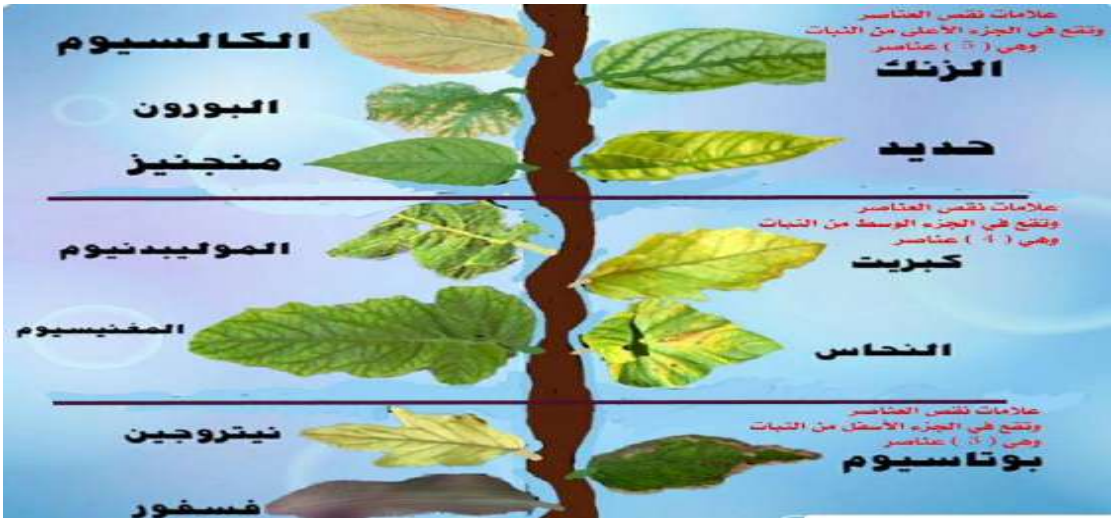
c) اختلاف القدرة الامدادية للتربة والتي تتوقف بدورها على عوامل عديدة مثل نسجه التربة Texture وبنائها Structureومحتواها من الطين والدبال وحرارة التربة ورطوبتها ودرجة تفاعلها ونوع النبات النامي فيها، فمثال تعمل حرارة التربة على زيادة حركة الايونات وامتصاصها في حين ان رطوبة التربة ضرورية جدا لإذابة وتواجد **أيونات**

العناصر الغذائية وزيادة التلامس بين هذه الايونات وجذور النبات كما في حالة عملية التبادل بالتماس Contact exchange.

5. التضاد Antagonism أي المنافسة والتداخل Interaction بين أيونات العناصر الغذائية اثناء امتصاصها من أوساط نمو النبات.
6. استخدام أسمدة فقيرة بالعناصر الغذائية.
7. تواجد العناصر الغذائية داخل النبات بنسب غير مناسبة قد يسبب ظهور نقص لبعض العناصر فمثالً زيادة تركيز الفسفور داخل النبات يسبب ظهور النقص بالعناصر الغذائية الصغرى خصوصا عناصر الحديد ، المنغنيز ، النحاس والزنك.
8. استخدام مخلفات المدن السائلة أو الصلبة يعمل على تقليل امتصاص بعض العناصر أو يسبب السمية بعناصر الرصاص الكادميوم والزرنيخ
9. أن استخدام مادة اللايم يؤدي إلى ظهور اعراض النقص وخاصة للعناصر الغذائية الصغرى
10. ان الترب الجافة يقل فيها امتصاص العناصر الغذائية اذ لوحظ حصول نقص في امتصاص معظم العناصر الغذائية وخاصة عنصري الكالسيوم والبورون مع زيادة جفاف التربة والذي يعزى إلى انخفاض معدل النتح مما يؤثر سلباً على نقل العناصر الغذائية وصعودها إلى أعلى النبات
11. إجراءات التسميد الخاطئة فمثالً زيادة إضافة النترات يؤدي إلى نقص عنصر الفسفور وبالعكس، وزيادة إضافة الامونيوم تقلل من امتصاص الـ Ca^{+2} وبالعكس، زيادة إضافة الكلور تقلل من امتصاص النترات وبالعكس، وغيرها من الامثلة والتي ترجع إما لظاهرة التضاد Antagonism مباشرة أو لتأثيرها على pH التربة أو لتكوينها مركبات معقدة مع أيونات العناصر الغذائية الاخرى
12. اختلاف النباتات في احتياجاتها من العناصر الغذائية يجعلها لان تكون أكثر عرضة وأكثر حساسية عن غيرها من النباتات والمزروعة معها في نفس الزمان والمكان، فمثالً محاصيل البطاطا وقصب السكر والبنجر السكري تكون احتياجاتها عالية من البوتاسيوم ، كما ان نباتات اللهانة، والقرنبيط، والشلغم، والكلم، والفجل، والبصل، والثوم والكراث تكون احتياجاتها عالية من الكبريت.
13. علاقة نقص العنصر بتطور مراحل نمو النبات فقد يكون العنصر متوفرا بكمية كافية وفي صورة جاهزة للامتصاص ومع ذلك تظهر أعراض نقصه على النبات نتيجة ضعف المجموع الجذري للنبات في بداية حياته واذا ما تطور نمو الجذور وزادت كفاءتها في امتصاص العناصر فسرعان ما تختفي مظاهر النقص، كذلك قد يظهر نقص المغنيسيوم في مرحلة التفرعات على النجيليات والتي تتلاشى مع تقدم العمر وغيرها.

14 . المنافسة بين الاحياء الدقيقة والنبات على امتصاص العناصر الغذائية قد تكون سبباً في ظهور أعراض نقص العناصر الغذائية على النبات.





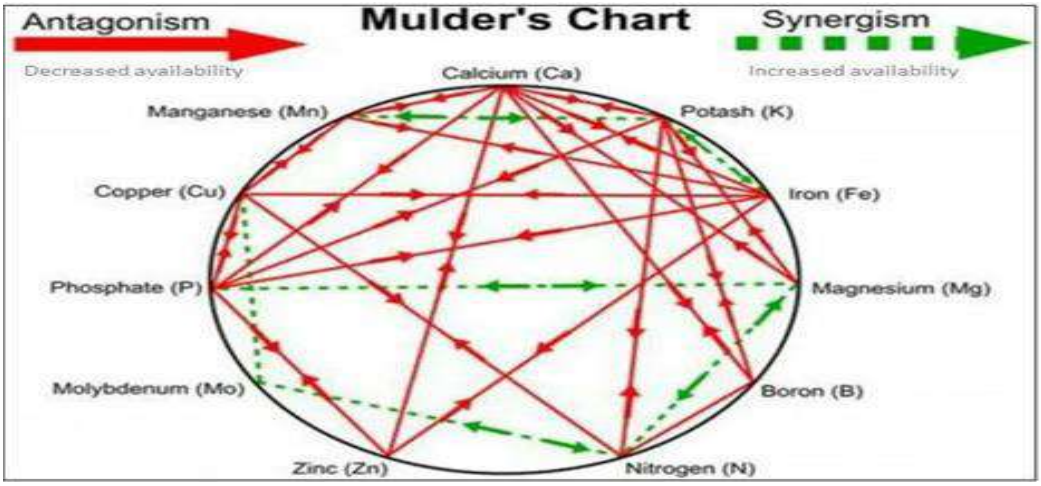
صورة توضح (اعراض نقص العناصر الغذائية في النبات) المتحركة وغير المتحركة

التأثيرات المتبادلة بين العناصر Interaction effect between elements

ان كفاءة استخدام العنصر الغذائي تتحدد بكمية العناصر الاخرى الجاهزة للنبات وهذا ما يعرف بالتأثيرات المتبادلة بين العناصر ، ويختلف مدى التفاعل تبعا لنوع العنصر ونوع النبات حيث يوجد تنافس بين الايونات مع بعضها البعض عند امتصاصها بواسطة جذور النبات وقد تؤدى زيادة تركيز احد الايونات في وسط النمو الى تقليل امتصاص ايون او ايونات اخرى من وسط النمو ويسمى هذا بالتاثير السلبي او التضاد Antagonism وهو التاثير الذي يكون فيه امتصاص العنصر الغذائي قد قُيد او حُصر بعنصر غذائي اخر ، فى حين قد يؤدى زيادة تركيز الايون الى زيادة امتصاص ايونات اخرى ويسمى هذا بالتاثير الايجابي او التاثير بالتنشيط Synergism وهو عكس التاثير بالتضاد حيث ان امتصاص عنصر غذائي يحفز بعنصر غذائي اخر .

مخطط مولدر Mulders Chart

الشكل التخطيطي التالي يسمى مولدر جارت (Mulders Chart) و هو يوضح التضاد والتنشيط بين العناصر، وفيه نجد- اللون الأحمر يعبر عن التضاد واللون الأخضر يعبر عن التنشيط



.

لتوضيح الشكل السابق (مخطط مولدر)

1. اتجاه السهم الأحمر من عنصر معناه أن زيادة هذا العنصر يؤدي الى نقص العنصر المتجه اليه السهم و يجعله غير جاهز للامتصاص (تأثير تضاد). وأن اتجاه السهم الأخضر من عنصر معناه أن زيادة هذا العنصر يؤدي

الى زيادة امتصاص العنصر المتجه اليه السهم (تأثير تنشيطي) و بناءا على ذلك : ما الذي سيحدث عند زيادة كل من الكالسيوم والفسفور ؟

- نجد أن زيادة الكالسيوم Ca تؤدي لنقص امتصاص المغيسيوم Mg والفوسفات والزنك والبورون والمنغنيز والحديد والبوتاسيوم.
- أما زيادة الفوسفور تؤدي الي نقص امتصاص النحاس والكالسيوم والبوتاسيوم والحديد والزنك .

2. المخطط لا يحدد الكميات أو مقدار الإضافة – لكن يوضح احتمالات ظهور أعراض نقص أي عنصر – كما أنه يوضح خطأ المزارع في التسميد لو بالغ في تسميد عنصر معين – كما يوضح القصور في تسميد عنصر معين.

التأثيرات المتبادلة بين العناصر

النتروجين (N) ينشط او يحفز امتصاص المغنسيوم ولكن يثبط او يضاد Antagonist النحاس والبوتاسيوم والبورون.

الفوسفور (P) ينشط امتصاص المغنسيوم ولكن يضاد الكالسيوم والبوتاسيوم والزنك والنحاس والمنغنيز.

البوتاسيوم (K) ينشط المنغنيز والحديد ولكن يثبط المغنسيوم والبورون.

الكالسيوم (Ca) لا يحفز شيئا ولكن يضاد الكثير من العناصر مثل : المغنسيوم والبوتاسيوم والمنغنيز والحديد والبورون والزنك.

الزنك (Zn) يضاد الحديد

الحديد (Fe) يضاد الفوسفور

المنغنيز (Mn) يضاد الحديد

البورون (B) لا يضاد أي عنصر ولكنه لا يسلم من تضاد بعض العناصر الكبرى له مثل النتروجين والبوتاسيوم والكالسيوم.

النحاس(Cu) يضاد الحديد والمنغنيز.

المولبيديوم (MO) يحفز النتروجين ويضاد النحاس

لذلك يفضل وقبل القيام باي عملية تسميد اجراء تحليل سريع للتربة يوضح موقف العناصر الغذائية فيها وما هو العنصر الذي تزيد كميته كي يراعى ذلك عند اضافة الاسمدة والمغذيات الى النباتات القائمة سواء محاصيل حقل او خضر او اشجار فاكهة للوصول الى التسميد المتوازن الذى ننادى به جميعا بالإضافة الى نقطة هامة جدا الا وهى الناحية الاقتصادية سواء من ناحية اسعار الأسمدة وكمية المحصول الناتج والمقابل لسعر السماد كأحد مدخلات الانتاج.

جدول الحدود الحرجة للعناصر الكبرى في التربة

جزء بالمليون	منخفض	جيد	عالي
النترات	اقل من 10	20-10	+20
الفوسفور (اولسن)	اقل من 10	20-10	+20
البوتاسيوم	اقل من 150	250-150	+250
الكالسيوم	اقل من 1000	2000-1000	+2000
المغنيسيوم	اقل من 50	150-50	+150
الكبريت (كبريتات)	اقل من 2	15-2	+15

جدول الحدود الحرجة للعناصر الصغرى في التربة

جزء بالمليون	منخفض	جيد	عالي
بورون	اقل من 0.5	2-0.5	أكثر من 2
خارصين	اقل من 1	1	أكثر من 1
نحاس	اقل من 0.5	0.5	أكثر من 0.5
منغنيز	اقل من 2	2	أكثر من 2
الحديد	اقل من 4	4	أكثر من 4
المولبيدنيوم	اقل من 0.1	0.1	أكثر من 0.1

تغذية نبات

المحاضرة الخامس عشر

التغذية الورقية Foliar Nutrition

هي عبارة عن امداد النبات باحتياجاته من العناصر الغذائية (الكبرى والصغرى) عن طريق المجموع الخضري بشكل محاليل مخففة وان امتصاص العناصر الغذائية بواسطة الاوراق يكون أكثر كفاءة وسرعة من الامتصاص عن طريق الجذور.

التسميد الورقي أو التغذية الورقية أو الرش الورقي هو إضافة السماد رشاً على المجموع الخضري، وتتم التغذية الورقية برش الأجزاء الخضرية من النباتات بمحاليل مخففة لتلك المغذيات ولعدة مرات وتعد من الأساليب المهمة والناجحة لمعالجة نقص المغذيات ولاسيما الصغرى منها.

إن رش السماد على الأوراق يعمل على تجنب التفاعلات التي تحدث في التربة والتي تؤدي الى التقليل من جاهزية العناصر وخاصة الصغرى إضافة الى الاقتصاد في كمية السماد المستعمل وتوزيعه بصورة أفضل.

وللعناصر الغذائية المرشوشة على المجموع الخضري للنبات دور مهم في تجهيز النباتات بحاجاتها من العناصر الصغرى والكبرى إذ تعد الورقة مركزاً للتفاعلات كعملية التركيب الضوئي والنتح وعلاقة ذلك بامتصاص العناصر المعدنية وانتقالها وتوزيعها في النبات، فالنباتات تمتص العناصر الغذائية إما عن طريق الجذور أو عن طريق الأوراق و يمكن عن طريق التغذية الورقية تلبية 85% من حاجة النبات للعناصر الغذائية، ويستعمل التسميد الورقي لتلافي مشاكل التربة حيث تتعرض الأسمدة المضافة الى التربة الى عمليات فقد بالتطاير أو التثبيت أوالغسل في التربة الخفيفة.

ان ممارسة رش محاليل العناصر الغذائية على المجموع الخضري ازدادت في السنوات الأخيرة لأهميته في تجهيز النبات ببعض حاجاته من هذه العناصر.

التغذية الورقية بالعناصر الصغرى

إن معظم ترب المناطق الجافة (وهي الترب السائدة في الوطن العربي) تميل الى القاعدية إذ يتراوح الـ pH لها بين (8,5-7,5) حسب محتواها من الكلس مما يجعل المغذيات الصغرى كالحديد والنحاس والخارصين والمنغنيز والبورون تترسب بشكل مركبات معقدة غير ذائبة في محلول التربة وتصبح غير جاهزة للنبات لذلك يكون رش هذه العناصر على هيئة أملاح غير عضوية هي أحسن الطرق لمعالجة حالة النقص، وبما أن

العناصر الصغرى يحتاجها النبات بكميات قليلة فأن إضافتها بالرش لمرة واحدة أو مرتين بصورة صحيحة وبالوقت المناسب تكون طريقة مناسبة وسليمة لتلبية احتياجات النبات.

تؤدي التغذية الورقية بالعناصر الصغرى دوراً مهماً في سد حاجات النبات من هذه العناصر في الظروف التي يصعب على النبات الحصول عليها عن طريق الجذور عند إضافتها الى التربة ، فقد أشارت معظم مصادر التغذية الى الدور المهم للتغذية الورقية والى ضرورة الاهتمام بتوفير حاجة النبات من العناصر الغذائية الصغرى لما لها من مردود جيد على صفات النمو الخضرية وعلى المكونات الكيميائية الفعالة طبياً في النبات.

المغذيات الصغرى لا تقل أهمية عن المغذيات الكبرى في زيادة الإنتاج وتحسين النوعية ويجب الاهتمام بإضافة العناصر السمادية الصغرى للنباتات لدورها في رفع الكفاءة الخضرية والكيميائية لها ولا يتوقف تأثير العناصر الغذائية الصغرى في نمو وتطور النبات بل يمتد تأثيرها الى مختلف التفاعلات الحيوية التي تحدث داخل النبات ومن ثم تؤثر في حاصل النبات من مكوناته الكيميائية من البروتينات والكربوهيدرات والفيتامينات ، وللتغذية الورقية بالعناصر الصغرى المكونة من الحديد والخارصين والمنغنيز والنحاس والبورون والمولبيديوم أهمية كبيرة للنبات لتأثيرها في مسار عدد كبير من العمليات الحيوية المختلفة داخل النبات.

نقص العناصر الصغرى الضرورية له تأثيرات سلبية في النمو الخضري وفي مسار العمليات الحيوية للنباتات ، وعليه فقد أصبح من الضروري إضافة هذه العناصر على شكل محاليل مخففة يتم رشها على المجموع الخضري بمواعيد وبتراكيز محددة تلافياً لتثبيتها أو فقدها عند إضافتها للتربة.

إن إضافة العناصر الغذائية الصغرى بالرش تكون مفيدة بصورة خاصة تحت الظروف التي يكون فيها عدم وجود أملاح ذائبة في محلول التربة لهذه العناصر وهذه الحالة موجودة مع المعادن الثقيلة كالحديد والخارصين لكن زيادة تركيز العناصر في الوسط الغذائي يحفز امتصاص هذه العناصر مما ينعكس على تركيزها في أنسجة النبات المختلفة، وتحتاج أشجار الحمضيات للعناصر المعدنية الضرورية لنموها الخضري والثمري وأن التسميد هو أحد العمليات المهمة لنمو الحمضيات وأن هناك عدداً كبيراً من العناصر الغذائية ظهر نقصها في مزارع الحمضيات المختلفة وتبين أن الأشجار تزيل كميات كبيرة نسبياً من العناصر الغذائية الموجودة في التربة.

ويعتبر سماد كبريتات الحديدوز ($FeSO_4 .7H_2O$) من أكثر أسمدة الحديد انتشارا واستعمالاً في تغذية النبات ودرجة ذوبانه أعلى من بقية الأسمدة الحديدية وأكثر جاهزية للامتصاص من قبل النبات، ويحتوي هذا السماد على 20% حديد ، وكبريتات النحاس

($CuSO_4.5H_2O$) ويحتوي على 24% نحاس أما كبريتات الخارصين ($ZnSO_4.7H_2O$) فتعد من أهم الأسمدة الحاوية على الخارصين والتي تضاف بطريقة الرش وتحتوي على 33% خارصين، وكبريتات المنغنيز($MnSO_4.5H_2O$) المحتوي على 28% منغنيز. أما حامض البوريك (H_3BO_3) فيعتبر من أسمدة البورون ذات القابلية العالية على الذوبان ويحتوي على 17% بورون.

وتستخدم التغذية الورقية العناصر الغذائية الصغرى التي يتطلبها النبات بكميات صغيرة نسبياً، لذا فالرش الورقي يمنع أو يعالج المشكلة بكميات صغيرة نسبياً تمتص عن طريق الأوراق.

كما تستخدم التغذية الورقية لمعالجة بعض الأمراض فقد عرف التأثير المنشط للرش بأملاح الحديد لمقاومة المرض الفسيولوجي الاصفرار (Chlorosis) منذ عام 1844.

التسميد الورقي أكثر تأثيراً في الترب التي تكون جاهزية العناصر الغذائية فيها منخفضة والترب السطحية الجافة Dry Top Soil وعندما يكون نشاط الجذور خلال مرحلة الإنتاجية منخفضاً أو قليلاً.

أن التغذية الورقية يمكن أن تكون أكثر كفاءة من الإضافة الى التربة بـ 8 مرات، وهذه الكفاءة ليست محققة في العمليات الزراعية الواقعية الأخرى كلها.

الكميات المضافة من العناصر عن طريق الرش الورقي هي أقل بكثير من الكميات المضافة الى التربة وتظهر نتائجها بسرعة لذلك يمكن معالجة نقص عنصر ما خلال موسم النمو.

هناك علاقة قوية بين تركيز المغذيات على سطح الورقة ونسبة امتصاصها من قبل جدار الخلية وأن التراكيز العالية من المغذيات تسبب ضرراً أو جرحاً للورقة مما يؤدي الى تقليل امتصاص المغذي.

إن نسبة امتصاص العناصر الغذائية من قبل الأوراق تعتمد بقوة على الصفات الكيميائية للكاتيون، والتكافؤ العالي للكاتيون يجعل قابليته بطيئة للتحرك الى داخل الخلية.

أهمية التغذية الورقية :

1) تجنب المشاكل التي قد تحدث في التربة ، اذ قد تتعرض العناصر المعدنية عند اضافتها إلى التربة إلى الفقد بالغسل أوالتطاير أوالتثبيت والحجز وبالتالي انخفاض جاهزية العناصر.
2) الحد أو التقليل من التلوث البيئي مثل غسل النترات إلى مياه البزل أو قنوات الري من خلال خفض كميات الاسمدة المضافة.
3) التسميد الورقي له نتائج أسرع من التسميد الارضي في معالجة نقص العناصر المغذية والتي تتطلب معالجة سريعة والتي يتعذر معها اضافة الاسمدة إلى التربة مباشرة.
4) إصابة الجذور بإضرار مثل الامراض الفطرية والنيماتودا والتي تعرقل دور الجذور في امتصاص المغذيات، أو عند وجود ظروف غدقة أو انخفاض درجات الحرارة أو الجفاف.
5) في الغالب تكون التغذية الورقية ناجحة على أشجار الفاكهة ذات النظام الجذري المتعمق مثل العنب.
6) الاقتصاد في التكاليف من خلال تقليل كميات الاسمدة المضافة كما يمكن خلطها مع المبيدات مما يوفر الوقت والجهد والمال.
7) إيصال المغذيات إلى داخل النبات لتجنب الاثر التضادي للعناصر المغذية في التربة.
8) التقليل من الاصابات بالآفات الزراعية وهذا ما أكده العالمان فو كس وكروس فيما أسمياه معامل التوزيع .Coefficient Distribution

$$\text{معامل التوزيع} = \frac{\text{تركيز العنصر في الأوراق}}{\text{تركيز العنصر في الجذور}} \qquad \text{D.C}$$

إذ لوحظ انه كلما كان معامل التوزيع واحد أو أكثر كانت النباتات أكثر مقاومة للإصابات المرضية.

الشروط التي يجب ان تتوفر في محلول الرش

1- يجب ان يكون سريع الامتصاص.
2- ان يكون انتقاله داخل لحاء النبات سريع .
3- ان يكون سريع الانتشار.
4- السماد يبقى ذائب و يعمل ترطيب على سطح الورقة اطول فترة ممكنة.
5- يجب ان يكون توافق في الخلط ين السماد والمبيد.
6- خالي من اي مواد ضارة مثل العناصر الثقيلة كالنيكل والرصاص .

النقاط التي يجب مراعاتها عند القيام بعملية الرش :

1- إجراء الرش في الصباح الباكر أو بعد انكسار درجه الحرارة وعقب تطاير الندى وتجنب الاشعة المباشرة للشمس لان امتصاص العناصر الغذائية يتم عن طريق الثغور فبالتالي يجب الرش في الوقت المناسب من النهار حتى تكون الثغور مفتوحة إلى أقصى قدرممكن وذلك للحصول على أعلى استفادة من هذه العناصر ولهذا يفضل الرش فى الساعات الاولى من النهار أى فى الصباح الباكر بعد تطاير الندى ولا يفضل الرش خلال الظهيرة أو بعد الغروب حيث تكون الثغور مغلقة بدرجة كبيرة.
2- تركيز الرش على النموات الحديثة : يجب اختيار مرحلة النمو المناسبة للرش وذلك عندما تصبح الاوراق قادرة على امتصاص المحلول الغذائي فكفاءة الرش تزداد بزيادة نسبة المجموع الخضري خاصة الاوراق الحديثة الناضجة و تركيز الرش على النموات الحديثة و يكون الرش للنباتات من أعلى الى اسفل .
3- - يجب أن لا تكون التربة شديدة الجفاف : يجب عدم رش النباتات وهى في حالة عطش أو تحت ظروف نقص للماء condition stress Water ولهذا يفضل الرش بعد الري بفترة قصيرة .
4- يجب إضافة مادة ناشرة إلى محلول الرش لزيادة سطح التلامس بين المحلول وسطح ألورقة وبالتالى زيادة فرصة امتصاص العناصر الغذائية بواسطة الثغور وخاصة فى الاوراق الملساء مثل البرتقال والمانجو ، ويفضل استخدام المواد الناشرة حتى يلتصق المحلول بسطح الورقة ويسهل امتصاصها له وفي حال عدم توفر هذه المواد يمكن استخدام الصابون السائل (2سم^3/ لترمحلول رش) .
5- يجب أن يكون محلول الرش في صورة رذاذ دقيق بحيث لاتتجمع قطرات محلول الرش على سطح الورقة ويفقد جزء من العنصر المرشوش ، في حالة وجود اتربة او غبار على اسطح الاوراق يتم رش المجموع الخضري بالماء

الصافي قبل عملية التسميد الورقي بما فيها الاسطح السفلية للاوراق وذلك لرفع كفاءة الامتصاص كما يجب ضمان ان يصل الرش للسطح السفلي للورقة لانه أكثر قدرة على الامتصاص لاحتوائه على قدر اكبر من الثغور.

6- عند الخلط بين محلول الرش والمبيدات يجب أن لا يكون لذلك تأثير على كفاءة مركبات التغذية أو المبيدات .

7- تجنب الرش وقت سقوط المطر أو هبوب الرياح والحرارة العالية حتى لا تسبب أضرار للنباتات .

8- يراعى الالتزام بالتركيزات المحددة الموجودة على عبوات الاسمدة الورقية وعدم زيادة تركيزمحلول الرش وخاصة فى حالة التسميد بالعناصر الكبرى حتى لا تسبب احتراق الاوراق .

9- يتأثرامتصاص العناصر بدرجة حموضة محلول الرش، فانخفاض محلول الرش عن pH 7 يزيد من معدل امتصاص العناصر، اضافة الاسمدة ذات التأثير الحامضي الخفيف بحيث يكون محلول الرش ذو pH من 5.5- 6 وهو الامثل لامتصاص معظم العناصر .

10- يراعى عدم التسميد بالرش قبل مرور 3 أيام من أخر معاملة بالمبيدات سواء أضيفت هذه المبيدات إلى التربة أو رشا على النباتات .

11- يراعى تكرار عملية الرش حسب احتياجات النبات وظهور أعراض نقص العناصر على النبات.

عيوب التسميد الورقي

1- بقايا المواد المرشوشة تشجع نمو العناكب
2- كما قد يحدث أضرار أو حروق للنبات
3- قد يؤدي إلى تساقط ألاوراق

آلية الامتصاص عن طريق الأوراق:

إن عملية الامتصاص للمغذيات خلال الأوراق مشابهة الى عملية الامتصاص الجارية في الجذور، إذ أن الخطوة الرئيسية للامتصاص تتضمن الانتقال خلال غشاء البلازما وحصول الامتصاص والذي يكون فعالاً وان معدل الامتصاص يعتمد على الحالة الفسيولوجية للأوراق ، ان عملية الامتصاص تحتاج الى طاقة وأن مصدر هذه الطاقة هي عملية الفسفرة الضوئية، امتصاص العناصر الغذائية عبر الأوراق يحدث بطريقتين:

1. إما أن يتم الامتصاص بواسطة أنابيب سايتوبلازمية موجودة تحت طبقة الكيوتكل لخلايا البشرة للأوراق، ثم عن طريق السايتوبلازم ومنه الى أجزاء النبات الأخرى.
2. أو أن يتم انتقال العناصر من خلال الثغور أو المسافات البينية بين خلايا الورقة حتى وصولها الى الأوعية الناقلة ثم الى أجزاء النباتات المختلفة.

كيف تخترق المواد الغذائية الانسجة النباتية للورقة : الورقة هي الجزء الرئيسي الذي تحصل فيه عملية التركيب الضوئي التي يعتمد عليها النبات بتجهيز الغذاء، تتكون الورقة النموذجية لنبات ذوات الفلقتين من جزئيين رئيسيين هما

1 - نصل الورقة blade - السويقة petiole

بينما تتكون ورقة ذوات الفلقة الواحدة من

1-النصل 2 - الغمد Sheath

ورقة ذوات الفلقتين تتألف من الاجزاء التالية :

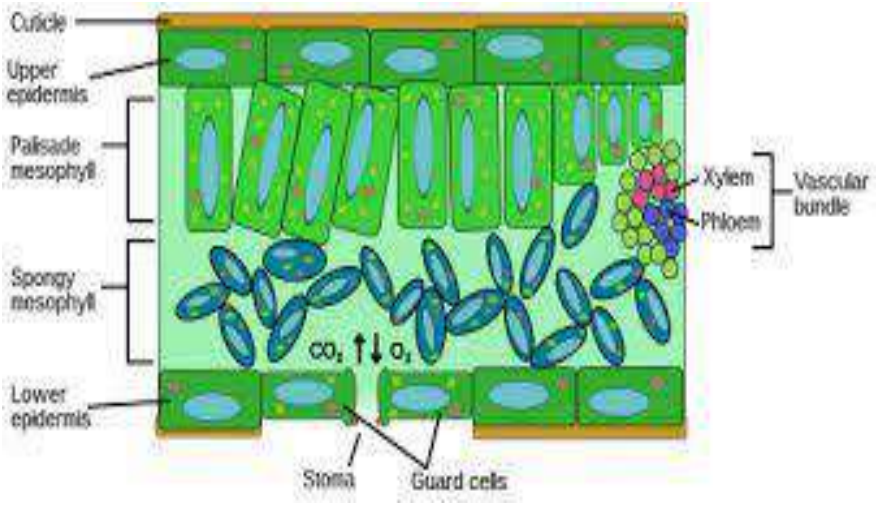
اولا: البشرة epiderm : وهي طبقة من خلايا متراصة في اعلى واسفل الورقة لحماية الانسجة الداخلية وتغطيها طبقة من الكيوتكل والتي تكون اسمك في الجهة العلوية المواجهة للشمس كما تحتوي البشرة على ثغور وشعيرات صغيرة

ثانيا :- النسيج الوسطي : tissue mesophyll هو النسيج الذي يملا الفراغ بين البشرتين العليا والسفلى عدا الحيز الذي تشغله العروق وخلاياه برنكيمية، ويحتوي على بلاستيدات خضراء وتوجد فيه الانسجة التالية :

أ- الطبقة العمادية: Palisade layer وتقع تحت البشرة مباشرة وتتألف من طبقة او اكثر من خلايا اسطوانية متعامدة مع البشرة وتفتقر للمسافات البينية وهي غنية بالبلاستيدات الخضراء.
ب- الطبقة الاسفنجية :Spongy layer وتتألف من عدة طبقات غير منتظمة تحوي عددا من البلاستيدات الخضراء ولكن اقل من النسيج العمادي وتتميز بكثرة المسافات البينية فيها والمفيدة في عملية تبادل الغازات .

ت-الحزم الوعائية العروق : Veins vascular bundles وتوجد متشابكة على شكل عروق وتتكون الحزمة الوعائية من خشب من جهة البشرة العليا ولحاء من جهة البشرة السفلى ولايوجد بينهما كامبيوم وتمتد انسجة الخشب لمسافة اطول من اللحاء وتحاط الحزم بطبقة من خلايا برنكيمية او كولنكيمية متراصة مع بعضها

او اكثر مكونة قوس غلاف الحزمة او غمد الحزمة ويقوم الخشب بنقل العصارة النباتية من الساق الى النسيج المتوسط .



تخترق المغذيات ألانسجة النباتية من خلال :

1- البشرة. تستطيع الكاتيونات الموجبة الشحنة من الادمصاص والتحرك من جزء الى أخر نتيجة انجذابها من قبل الشحنات السالبة في الورقة وارتفاع تركيزها في الخارج وانخفاضها في داخل الورقة (أي من التركيز العالي الى التركيز الواطئ) ونتيجة الاختلاف في التركيز فسوف تنتقل من خلية الى أخرى و أن قدرة الكاتيونات على اختراق الغشاء أكثر بـ 1000 مرة من قدرة الانيونات.

2-الثغور: وتعتبر أهم منفذ والتي تتحكم في تبادل الغاز والنتح. من المعروف أن هذه الفتحات تختلف بين ألانواع النباتية المختلفة ، من حيثُ حجمها وشكلها في المحاصيل وألاشجار ذات ألاوراق العريضة والرفيعة، ومعظم الثغور تكون موجودة على السطح السفلي للورقة.

3- الشعيرات المعروفة باسم 'trichomes' وهي مسار آخر يمكن للمواد الغذائية من خلاله أن تخترق النبات عبر أجهزة تشبه الشعر تعرف باسم 'trichomes'، والتي هي امتداد البشرة.

العوامل المؤثرة في عملية الامتصاص للمغذيات من خلال الأوراق:

اولا : العوامل المتعلقة بالنبات:

1- **عمر الورقة وسطحها الخارجي:** يؤثر عمر الورقة بشكل كبير في عملية الامتصاص للمغذيات، كلما تقدم عمر الورقة الفسيولوجي يقل امتصاصها

للمغذيات حيث توجد عدد من الأوجه المورفولوجية في الأوراق الحديثة أكثر مما هي عليه في الأوراق القديمة مما يؤدي الى تحسين الامتصاص للمغذيات، إن ما يزيد على 65% من اليوريا المضافة على الجزء الخضري لأشجار الموز امتصت خلال 25 دقيقة وأن أغلب الامتصاص حصل خلال السطح السفلي للأوراق الفتية، إن فعالية السطح السفلي للأوراق في عملية الامتصاص للمغذيات عالية ولهذا يجب إيصال المحلول المغذي أثناء عملية الرش الى السطح السفلي للورقة لأهمية هذا الجزء في عملية الامتصاص وذلك لوقوع النسب الأغلب من الثغور في الورقة في هذا الجزء. إن عملية الامتصاص لليوريا خلال السطح السفلي للأوراق الفتية لأشجار التفاح خلال مدة ساعتين حققت زيادة في الامتصاص أعلى بنسبة 85% مقارنة مع الامتصاص الحاصل خلال السطح السفلي للأوراق القديمة، وهذا يشير الى قابلية السطح السفلي للأوراق الفتية على امتصاص اليوريا المضافة كإضافات ورقية مقارنة مع الأوراق القديمة والسطح العلوي للأوراق.

2- **مستوى تغذية النبات:** إن معدل امتصاص الفسفور من قبل النباتات التي تعاني نقصاً في الفوسفور كان ضعف الفوسفور الممتص من قبل النباتات التي جهزت جيداً بالفسفور من خلال الجذور.

ثانياً: العوامل المتعلقة بمحلول الرش:

1- تركيز محلول الرش:

إضافة المقادير العالية للمغذيات خلال التغذية الورقية والتي تكون محاليلها ذات تراكيز عالية قد تؤدي الى أضرار بالنسيج النباتي من خلال إحداث الحروق والتي تنتج من خلال التجفيف الحاصل للنسيج النباتي بوساطة محاليل الأملاح، ومقدار التأثير الناجم من هذه العملية يعتمد على حجم أو مقدار الضرر ومرحلة النمو للنبات، إذ إن الأضرار الطفيفة في المراحل المبكرة للنمو ممكن للنبات أن يتجاوزها لكن الأضرار في الأوراق خلال مرحلة التزهير تؤدي الى تقليل الحاصل. إن التراكيز الملائمة لعملية الرش تتعلق بعدد من العوامل وهي نوع المغذيات ، نوع المصدر السمادي، نوع النبات، عمر النبات الفسيولوجي. إن من محددات عملية التغذية الورقية هي عدم القدرة على إضافة مقادير عالية من النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم بسبب احتمالية حصول حروق وتشوهات للنبات، لذلك فأن استعمال الإضافات المنتظمة بمقادير مناسبة خلال التغذية الورقية يضمن الحصول على نمو نباتي جيد.

2- درجة التفاعل لمحلول الرش:

تعد درجة التفاعل لمحلول الرش أحد أهم العوامل المؤثرة في عملية الامتصاص لهذا المحلول، إن درجة التفاعل الملائمة لامتصاص المغذيات بالنسبة للمحاليل الحاوية على عناصر N,P,K تكون بين (5-6).

3- زاوية التماس والشد السطحي:

إن الطبقة الشمعية السطحية للورقة متكونة من صفائح من الشمع ممزوجة مع مواد بكتينية والتي تكون نفاذة للماء، إن اضافة مواد ناشرة مع محلول الرش تجعل عملية الرش أكثر كفاءة وذلك بسبب الطبيعة الشمعية للأوراق. إن إضافة بعض المواد الناشرة والتي تعمل على تقليل الشد السطحي للمحلول وتسهيل عملية الترطيب لسطح الورقة بشكل جيد مما يضمن امتصاص أفضل للمحلول المرشوش .

ثالثا :عوامل متعلقة بالظروف البيئية:

1- تأثير درجة الحرارة والرياح:

إن تأثير درجة الحرارة في امتصاص العناصر الغذائية يكون باتجاهين:

الأول زيادة في تمدد نسيج الورقة الخارجي مما يزيد من المقدار الممتص من المغذيات.

والثاني يتمثل في تأثير ارتفاع درجات الحرارة على جفاف المحلول على سطح الأوراق بسرعة مما يؤدي الى زيادة التركيز الملحي على السطح والذي يؤدي الى احتراق الأوراق وتأثر عملية الامتصاص، إن درجات الحرارة العالية تعمل على انخفاض في عملية الامتصاص والسبب في ذلك يرجع الى أنه في درجات الحرارة العالية تكون الثغور في النبات مغلقة.

تجرى عملية الرش عندما تكون سرعة الرياح أقل ما يمكن ويعود السبب في ذلك الى أن الرياح تسبب انجراف الرذاذ الذي يرش على النباتات ومن ثم عدم حصول العملية بصورة صحيحة، كما أن الظروف الجوية الرطبة تعزز عملية الامتصاص.

2- موعد الرش:

إن من بين أهم العوامل المؤثرة في التغذية الورقية إجراء الرش في الموعد الملائم ويكون ذلك في المساء أو في الصباح الباكر عندما تكون درجات الحرارة مناسبة والرياح

أقل سرعة، وكذلك وجود قطرات الندى في الصباح والتي تعمل على تسهيل عملية الامتصاص.

3- شدة الإضاءة:

لوحظ إن زيادة شدة الإضاءة من 1600 لوكس الى 2400 لوكس أدى الى تحسين الامتصاص لليوريا في نباتات الحنطة من خلال الأوراق.

مستخلصات الأعشاب البحرية

إن من طرق زيادة الإنتاجية في النباتات البستنية هو استخدام التقنيات الحديثة في التغذية والتي تتضمن استخدام مستخلصات الأعشاب البحرية (sed weed extracts) كأسمدة ورقية والتي أنتشر استخدامها كمواد مشجعة لنمو النبات كبدائل طبيعية تتميز بعدم سميتها وغير ملوثة ورخيصة التكاليف وليس لها مضار صحية وهذا ما يعد من الأهمية في الوقت الحاضر، وقد أشارت الدراسات والتقارير العلمية الى أن استخدام مستخلصات الأعشاب البحرية رشاً على المجموع الخضري قد أدى الى زيادة الحاصل في محاصيل خضر عديدة ، فقد ازداد الحاصل التسويقي عند الرش لمرتين بنسبة أكثر من 36% في البطاطا، وفي الجزر بنسبة تزيد على 23% وكانت الزيادة بنسبة 31% في الطماطم و 12% في الفلفل وتراوحت نسبة الزيادة بين 15-17 % في البصل.