الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمة لخضر الوادي

كلية علوم الطبيعة والحياه

ميدان علوم الطبيعة والحياه

شعبة العلوم البيولوجية

تخصص التنوع الحيوي وفيزيولوجيا النبات

مطبوعة دروس مادة تغذية النبات

موجهة للطلبة السنة أولى ماستر تخصص التنوع الحيوي وفيزيولوجيا النبات

من اعداد وجمع الدكتور غمام عماره الجيلاني

الموسم الدراسي 2022- 2023

الفهرس

فهرس مشروع التكوين

فهرس المطبوعة

مدخل الى علم تغذية النبات 1 - 4

الفصل الأول : أوساط نمو النبات 5 - 26

الفصل الثاني : مكونات النبات 27 - 33

الفصل الثالث : العناصر الغذائية للنبات 34 - 53

الفصل الرابع : التغذية ونمو النبات 54 - 68

الفصل الخامس : آليات انتقال وامتصاص العناصر الغذائية والعوامل المؤثرة 69 - 86

الفصل السادس : العلاقات المائية 87 - 94

الفصل السابع : وضائف واعراض نقص العناصر الغذائية عند النبات 95 - 124

الفصل الثامن : الملوحة وتغذية النبات 125 - 136

المراجع

Semestre *:* S1

Enseignant responsable de l'UE : Dr. GHEMAM AMARA Djilani

Matière : Nutrition des plantes

Enseignant responsable de la matière: Dr. GHEMAM AMARA Djilani

Objectifs de l'enseignement (*Décrire ce que l'étudiant est censé avoir acquis comme compétences après le succès à cette matière – maximum 3 lignes).*Connaître les éléménts majeurs, les éléments mineurs et les oligo-éléménts.

Connaissances préalables recommandées (*descriptif succinct des connaissances requises pour pouvoir suivre cet enseignement – Maximum 2 lignes).*

Contenu de la matière :

1) Introduction, milieux nutritifs, les différents types de sol, les milieux aqueux
2) La composition organique et inorganique des plantes
3) Les aspects biologiques de la nutrition des plantes
4) Les mécanismes d'absorption des sels et des éléments minéraux
5) Les facteurs influençant l'absorption des sels et des éléments minéraux
6) Rôle des éléments minéraux dans la nutrition des plantes (les éléments majeurs, les éléments mineurs et les oligo-éléments)
7) Etats de carence des éléments minéraux et traitement de carences
8) Effets de la salinité sur la nutrition des plantes

مدخل لعلم تغذية النبات

علم تغذية النبات هو أحد فروع العلوم الزراعية التطبيقية الذي يختص بدراسة الأراضي وخصائصها والتفاعلات الكيميائية وعلاقتها بالنباتات النامية عليها من اجل تحسين إنتاجية النبات كما ونوعا وتهدف الى دراسة:

- كيفية حصول النبات على العناصر الغذائية وآليات امتصاصها
- الفرضيات والفرضيات المتعلقة بالامتصاص.
- تشخيص اعراض النقص والسمية.
- الوظائف الفيزيولوجية للعناصر الغذائية ودورها في النبات.
- مقاومة الامراض عن طريق تغذية النبات.
- طرق تحضير الأسمدة واستعمالها (الأوساط الغذائية).

هي مجموعة الظواهر والوسائل البيولوجية التي تضمن استمرار حياة النبات وفعاليته باستعمال مصادر البيئة التي تعيش فيها.

لذا تقتذي دراسة تغذية النبات المعرفة التامة بالعلوم البيولوجية والأرض (فيزيولوجيا النبات. كيمياء حيوية. علم النبات. كيمياء وفيزياء....)

اهتم الانسان منذ القدم بمحاولة حل مشاكل الزراعة والنهوض والتقدم بالفن الزراعي من اجل تغطية الاحتياجات الغذائية والكساء.

الحضارات العريقة (واد الرافدين - وادي نيل والرومانية والاغريقية وفي الهند والصين) الخبرة الكافية في استخدام الأسمدة واتباع الدورة الزراعية والاخذ بمبادئ الري والمحافظة على خصوبة التربة

- كما كانت في بابل الحدائق المعلقة

ولقد تأخر تطور علم التغذية النبات بسبب الاعتقادات خاصة ما كان سائد في نظرية ارسطو التي تعتقد ان المادة تتكون من التراب والهواء الماء والنار والتي دامت أكثر من 2000 سنة حتى بداية القرن السادس العشر وهي بداية العلم التجريبي.

ان شرف إرساء فكرة اجراء التحاليل والتجارب الكمية في علم تغذية النبات ترجع الى العالم الفيزيائي فان هالمنت van Helmontفي تجربة من تجارب اعتقد ان الماء هو مصدر مادة النبات.

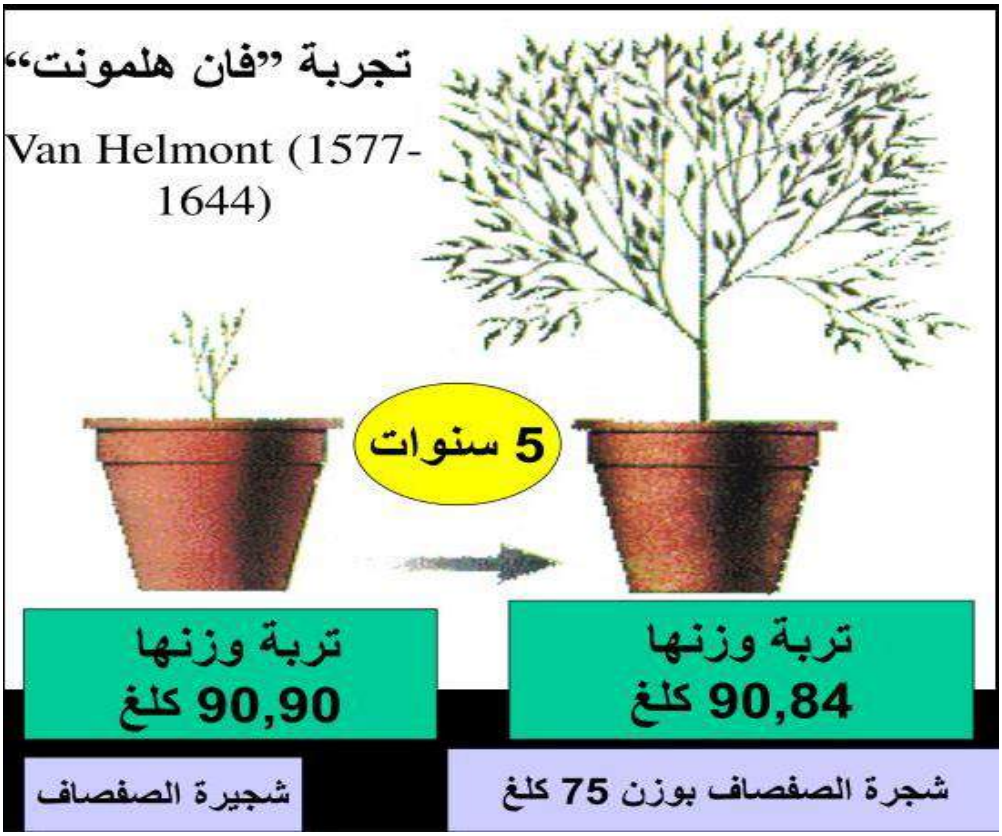
حيث قام بتجربته المشهورة في الزراعة فرع نبات الصفصاف في اناء يحوي تربة جافة وسقيه بالماء فقط لمدة 5 سنوات ثم قارن بين زيادة النبات في الوزن الكبير (2,5 kg- kg85) ونقص وزن التربة الضئيل (kg98,8-kg100) ونستنتج بان الزيادة في وزن النبات ناتجة عن الماء فقط.

وهو ما يوافق ما كان سائدا في نظرية ارسطو التي تعتقد بان المادة تتكون من التراب والهواء والماء والنار.

(الاستنتاج غير موفق لعدم احتساب (CO_2) من الجو والمعادن من التربة ولكنه أسس قاعدة لان تغذية النبات تختلف عن تغذية الحيوان

كما لاحظ علماء آخرون التأثير المحرض للمواد المضافة للتربة فقد تواصل الباحث DIGBY دي جبي سنة 1660 الى ان إضافة ملح البارود للتربة القاحلة تجعلها تعطي محاصيل هائلة ووفيرة.

وبتقدم علم الكيمياء ومعرفة المواد والعناصر الكيميائية واهتم العلماء بتحديد ومعرفة التركيب الكيميائي للنبات ووجد انه يتألف أساسا من (O.H.C) فاذا اعتبرنا ان (H.O) من الماء فمن اين الكربون؟ وهو ما قاد الى نظرية تفكك الدبال في التربة رغم انه تم اثبات ان المصدر الكربون من الجو الا انه استمرت نظرية تحلل الدبال



ـ كما يعتبر الباحث بوسين يول (1807-1887) مؤسس علم الزراعة الحديثة وتلك بدراسة مكونات الرماد النباتي وعلاقته بمحتوى التربة او التسميد ـ كما اثبت ان البقوليات تثبت الازوت الجوي.

ـ وتوصل ليبيغ في ابحاثه الى ان جميع عناصر محلول التربة تمتص من طرف الجذور ووضع النظرية المعدنية للأسمدة 1840

ـ بين قيمة واهمية النيتروجين للنبات وان مصدره الهواء وليس التربة.

ـ وأوصى بمعالجة العظام بحمض الكبريت لجعل فوسفاط العظام أكثر جاهزية للنبات.

ـ كما وضع قانون الحد الأدنى (العامل المحدد) الذي ينص على ان هناك او عدم توفر أحد العناصر المذابة فان النمو يتوقف على مدى توفر ذلك العنصر.

ـ ويعتبر الباحث ثيودور دي ساسور اول من وجد ان رماد النبات يزيد من نمو النباتات الأخرى.

كما احظي النصف الثاني من القرن التاسع عشر بتجارب لعديد من العلماء حققت تطور المعرفة في تغذية النبات أمثال

- ساكس1860 اول من حضر محلول مغذي من خلال دراسته تغيرات التي تحدث على الجزء الصلب للتربة وتوصل الى ان تغيرات تركيبية عناصر التربة توفر الغذاء الكامل للنبات.

- تلته اعمال كنوب 1886 حضر محلول مغذي وحسن طرائق الزراعة في المحاليل المغذية

- وقد اثبت ورنين WORONIN ان عقد البقوليات تحتوي على بكتيريا تثبت الازوت.

- وفي سنة 1930 برزت أهمية محلول التربة كمصدر للعناصر المعدنية القابلة للامتصاص من طرف النبات.

الفصل الأول

أوساط النمو للنبات

أوساط النمو النباتية :

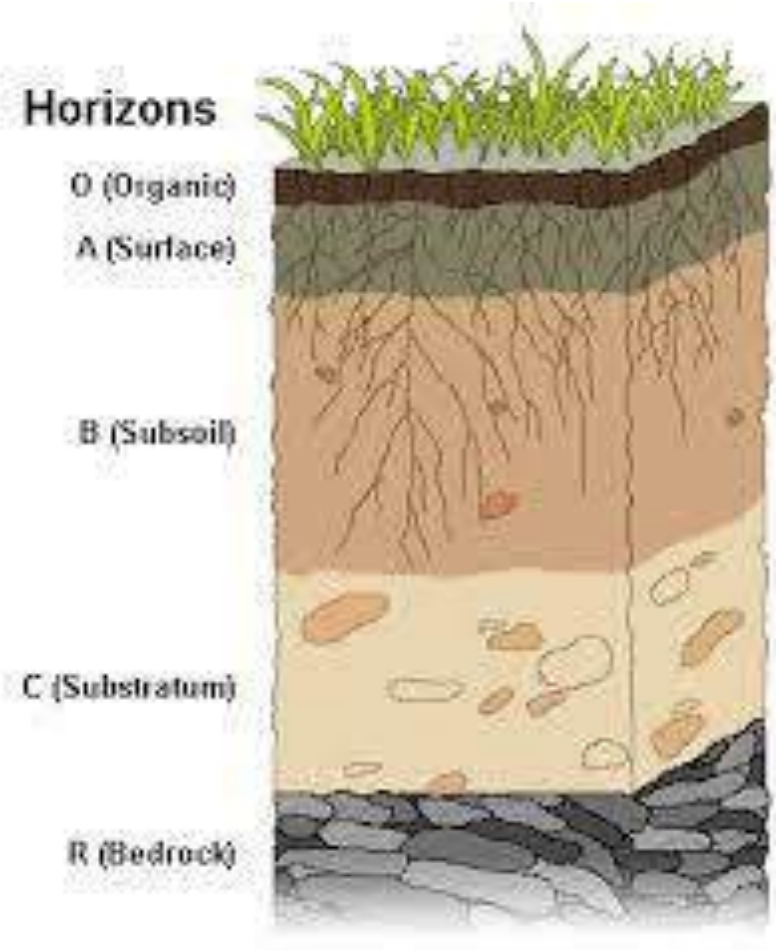
وسط النمو النباتي :

يقصد بوسط النمو المكان او البيئة التي يتواجد فيها النبات ويتزود منه بالمواد الغذائية البسيطة والهواء والماء الضرورية لنموه تتمثل في

1- التربة :

هي الوسط الطبيعي لنمو النباتات وتثبتها بالجذور حيث تستمد ما تحتاجه لنموها من ماء وغذاء .

وهي الطبقة السطحية من القشرة الارضية الناتجة عن تفتت الصخرة الام مشكلة وسط حيوي غير متجانس معقد التركيب مكون من عناصر معدنية، عناصر عضوية؛ محلول التربة و هواء التربة. الوثيقة 2



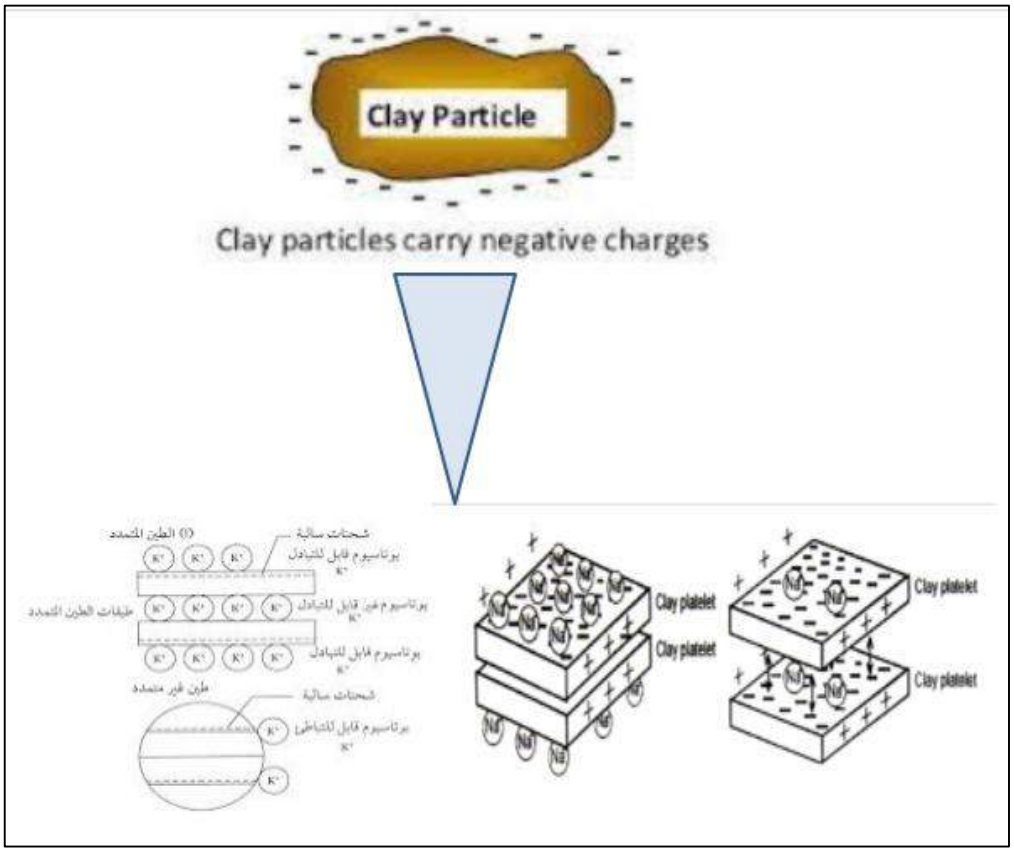
الوثيقة 2: صورة توضح التربة وافقها

1-1 الطور الصلب :

يشكل هذا الجزء اكثر من 50 % من حجم التربة و 75% من وزنها، يشكل هيكل التربة وهو عبارة عن الحبيبات المعدنية الصلبة الناشئة من تعرية الصخر الام اضافة الى المادة العضوية المتحللة الى دبال والكائنات الحية الترابية .

- يكوّن الجزء المعدني النسبة الأكبر من وزن الجزء الصلب تصل الى 90% وذلك بالمقارنة مع الجزء العضوي .. ينتج الجزء المعدني عن عمليات التجوية الطبيعية والكيميائية والحيوية) الواقعة على الصخور والرواسب التي تتكون منها الأرض لهذا فهو يعكس صفات الصخور الأصلية التي نشأت منها التربة. ينقسم الجزء المعدني من ناحية الحجم إلى ثلاثة أقسام مرتبةٍ تبعاً لقطر الحبيبات من الأكبر إلى: رملٍ وسلتٍ وطين. يعتبر الرمل والسلت من الناحية المعدنية جسيمات صغيرة من الصخور، نتجت عن عمليات التجوية الفيزيائية (بمعنى عدم تغير تركيبها الكيميائي(. أما عن معادن الطين فهي تتبع مجموعة السيليكات الورقية والتي تتشكل من تكسر المعادن الأخرى (كيميائياً) - تتكون من 92 عنصر كيميائي **الجدول 1 يوضح اهمها** -.

يمتلك الطين شحنة سالبة على عكس الرمل والسلت الخاملين كيميائياً، مما يعطيه الدور الكبير في ادمصاص* المغذيات المفيدة للنبات خاصة بنيته الوريقية الوثيقة رقم 3.



الوثيقة 3 بنية حبيبة الطين وشحنتها السالبة وادمصاص العناصر

يؤثر اختلاف نسب الرمل والسلت والطين الى تنوع الترب وخصائصها. حيث تصنف الترب على حسب سمكها الحبيبات (التحليل الحبيبي الميكانيكي) والطبيعة المعدنية الكيميائية كما هي موضحة في **الجدول 2** .

جدول (1)التركيب الكيميائى لطبقة الليزوسفير Lithosphere كنسبة مئوية بالوزن

العنصر	%	العنصر	%
الأكسجين	46.7	الكالسيوم	3.7
السليكون	27.7	الصوديوم	2.8
الألومنيوم	8.1	البوتاسيوم	2.6
الحديد	5.1	الماغنسيوم	2.1
باقى العناصر وتمثل 1.2%			

جدول (2). التقاسيم الخاصة بمجاميع الحبيبات الأولية

مجاميع الحبيبات الأولية	التقسيم الأمريكي		التقسيم الدولي	
	القسم	قطر الحبيبات مم	القسم	قطر الحبيبات مم
الرمل	رمل خشن جداً	2 – 1	رمل خشن	2 – 0.2
	رمل خشن	1 – 0.5		
	رمل متوسط	0.5 – 0.25	رمل ناعم	0.2 – 0.02
	رمل ناعم	0.25 – 0.1		
	رمل ناعم جداً	0.1 – 0.05		
السلت	سلت خشن	0.05 – 0.02	سلت	0.02 – 0.002
	سلت ناعم	0.02 – 0.002		
الطين	طين	أقل من 0.002	طين	أقل من 0.002

أما الجزء العضوي فيشمل الكائنات الحية التي تعيش في التربة والبقايا الحيوانية والنباتية التي تتحلل مشكلة الدبال الذي له سعة تبادلية كبيرة تصل الى 400 ميليموز/ كغ وهو يتكون من احماض الهيوميك والفولفيك .... . يختلف محتوى التربة من المادة العضوية حسب المناطق وطرق الزراعة والخدمة التربة. تراوح نسبتها في الطبقة الزراعية السطحية(0.5- 5)% ورغم قلة نسبتها الا ان لها اهمية كبيرة في خواص التربة فهي تزود النبات بالعناصر الغذائية ، تقلل من انضغاط التربة ، تعمل على تدفئة التربة ، تحسن بناء التربة ، ترفع من السعة التبادلية ن تساهم في تحرير العناصر الغذائية من الجزء المعدني وتنظم درجة الحموضة وتعمل كمخزن للعناصر الغذائية ..... .

2- الجزء السائل :

يشمل الماء الذي يملأ فراغات التربة ، بما يحويه من مواد قابلة للذوبان (عضوية كانت أم غير عضوية) فيما يسمى بمحلول التربة، يعتبر هذا المحلول مصدراً رئيسيا للعناصر الغذائية الضرورية التي تمتصها الجذور كما يسهل الطور السائل عمليات التحلل الحيوي والكيميائي في التربة. يشكل هذا الطور 2 – 50% من حجم التربة

يتواجد الماء في أكثر من حالة وهى الصلبة والسائلة والغازية – إلا أن الحالة السائلة هي أكثر حالات الماء تواجداً في التربة وذات أهمية في عملية الري. الوثيقة 4

1-ماء الجاذبية الارضية او الماء الحر

وهو عبارة عن الماء الزائد عن السعة الحقلية والذي لا تستطيع حبيبات التربة الاحتفاظ به ضد قوى الجاذبية ويسمى أحيانا الماء الحر بمعنى انه غير ممسوك بحبيبات التربة. يمتص من طرف النبات ويتحرك هذا الماء إلى الاسفل بتأثير الجاذبية الأرضية. هذا الماء الفراغات وهو ممسوك بقوى شد تعادل من صفر إلى 0,1 ضغط جوى.

2- الماء الشعري

هو الماء الموجود في التربة ويملأ المسام الدقيقة ويغلف الحبيبات بعد نهاية التسرب في صورة أغشية رقيقة حيث يمسك بقوة الشد السطحي- هذا الماء يمسك على سطح حبيبات التربة بقوة شد تعادل من 0,1 إلى 31 ضغط جوى. ويزداد محتوى التربة من هذا الماء بزيادة الحبيبات الدقيقة ذات السطح النوعي العالي. جزء من هذا الماء يعتبر ميسراً لاستهلاك النبات وهو ما يقع بين قوة شد 0,1 و 15 ضغط جوى.

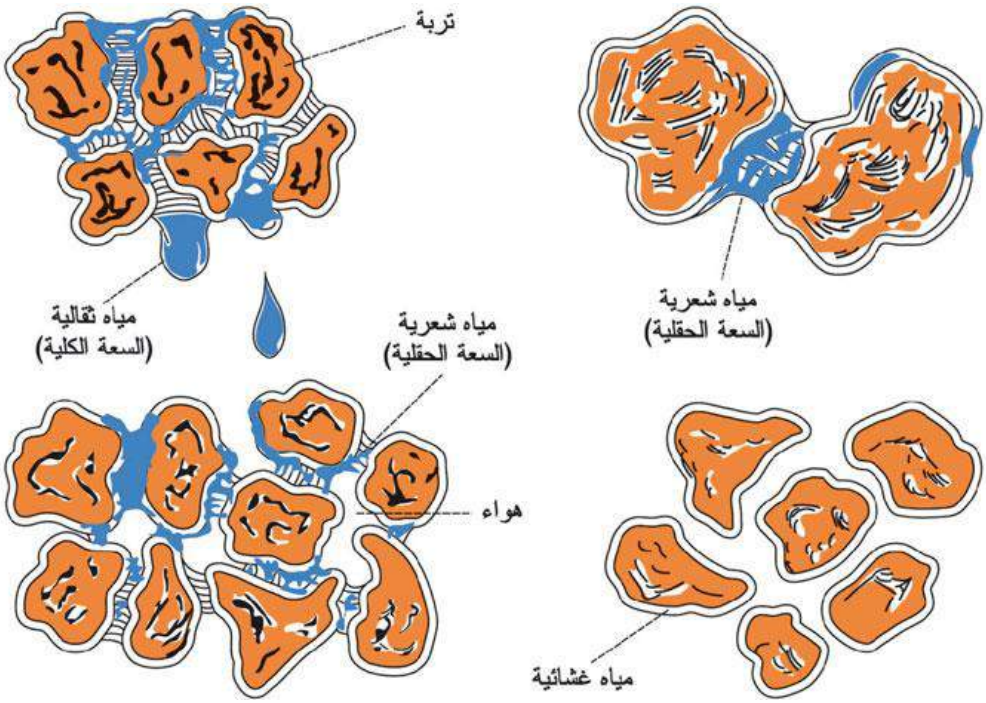
3- الماء الهيجروسكوبى (الغشائى)

هو عبارة عن الماء الموجود في صورة أغشية مائية رقيقة حول حبيبات التربة وفى حالة اتزان مع الهواء الجوى. ترتبط جزيئات الماء الهيجروسكوبي بحبيبات التربة بقوة شد تعادل 31 – 10000

ضـغط جوى – وعلى هذا فانه غير ميسـر لامتصـاص النبات. كمية الماء الهيجروسـكوبي تزداد مع زيـادة نسـبة الحبيبات الدقيقة في التربة . أي انه اقل في حالة الترب الرملية عن الترب الطينية-هذا النوع من الماء يتحرك ببطء في التربة وفى صورة بخار ماء.

4- بخار الماء

يوجد بخار الماء في مسـام التربة ويخضـع في حركته لقوانين الانتشـار تبعا للتدرج في جهد الضـغط البخاري. بصـفة عامة فان النبات لا يسـتفيد من هذا النوع من الماء- إلا أن بعض النباتات وتحت ظروف خاصة يمكنها الاستفادة منه.



الوثيقة 4 صور الماء رفي التربة

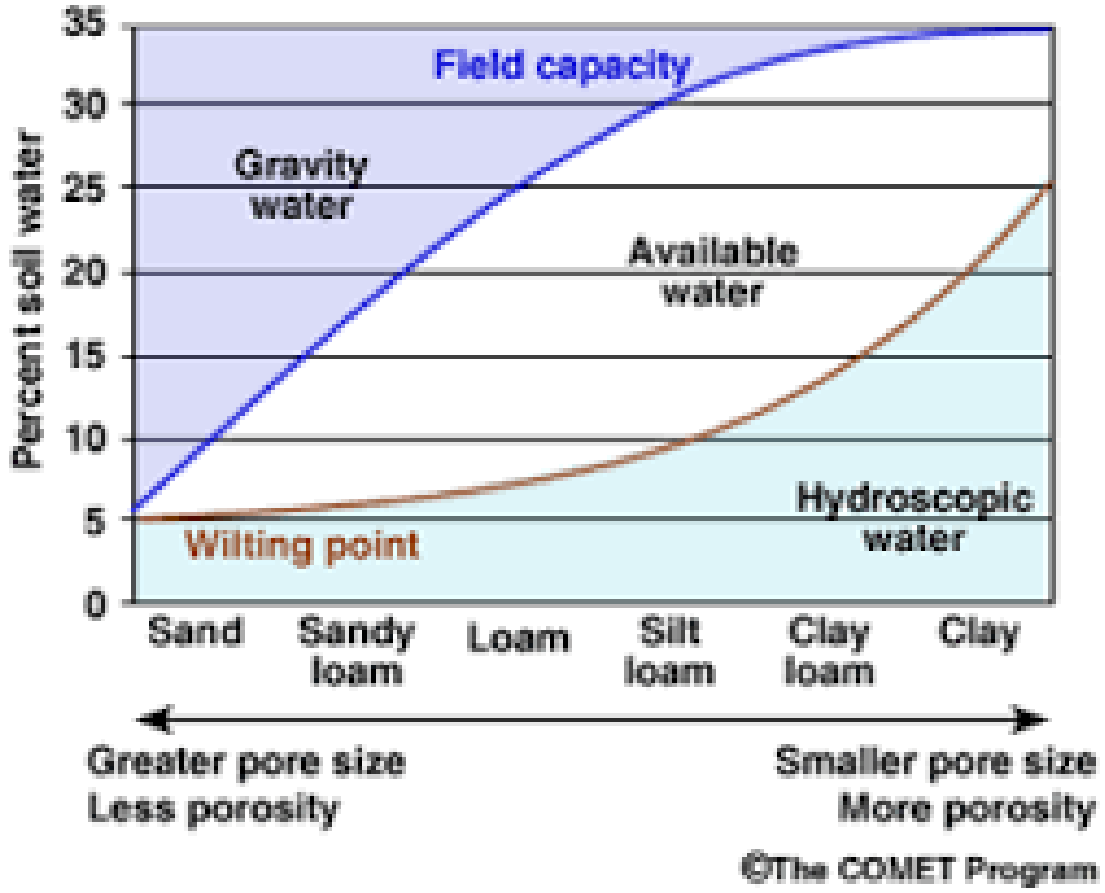
- الماء الميسر

هو عبارة عن كمية الرطوبة الموجودة في التربة والمحصـورة بين السـعة الحقلية كحد أعلى ونقطة الذبول الدائم كحد أدنى. والماء الميسـر هو الماء القابل للاسـتفادة بواسـطة النبات ولذا يجب العمل على توفيره باسـتمرار في منطقة انتشـار الجذور. ويجب عدم ترك المحتوى الرطوبى للتربة ليقل

حتى نقطة الذبول الدائم حيث أن جذور النباتات تبذل جهد عالي للحصـــول على هذا الماء . وقد تم تحديد نسبة 50-70% من الماء الميسر كحد ادني تتحمله النباتات. هذا الجزء يسمى الماء سريع التيســر. يتأثر الماء الميســر بعوامل عديدة منها خواص التربة ومعدل اســتهلاك النبات والعوامل النباتية والمناخية المختلفة. بصفة عامة قوام التربة وبناء التربة ومحتواها من المادة العضوية وعمق قطاع التربة ومدى تجانسه لها تأثير واضح على كمية الماء الميسر بالتربة

3- الماء غير الميسر

وهو كمية الرطوبة الموجودة في التربة عند نقطة الذبول الدائم . ويشـــمل الماء غير الميســـر على الماء الهيجروسكوبي وجزء من الماء الشعري ومثل هذا الماء لا يستفيد منه النبات. الوثيقة 5



الوثيقة 5: توضح حدود الماء الميسر للنبات في التربة لانواع الترب

3– هواء التربة :

الجزء الهوائي في التربة يتمثل في المسامات البينية في صورة حرة كما يوجد ذائب في محلول التربة حيث يختلف عن الهواء الجوي في النسبة العالية من ثاني أكسيد الكربون والعكس في غاز الاكسجين كما يكون مشبع ببخار الماء والجدول التالي يوضح ذلك

جدول(3) تركيب هواء التربة والهواء الجوى

النوع	الأكسجين	النيتروجين	ثاني أكسيد الكربون
الهواء الجوى	97,20	00,79	03,0
هواء التربة	60,20	20,79	30,0

التربة الزراعية المفضلة :

تعتبر التربة التي تحتوي كميات من العناصر المعدنية المختلفة واللازمة لتغذية النبات في صور متاحة وليست حامضية او صودية وخالية من المواد السامة للنبات بالتربة الخصبة من الناحية الكيميائية وهي غير كافية حتى تكون وسطا مناسبا لنمو النبات ولكن يجب ان تكون التربة ذات خصائص فيزيائية مناسبة منها

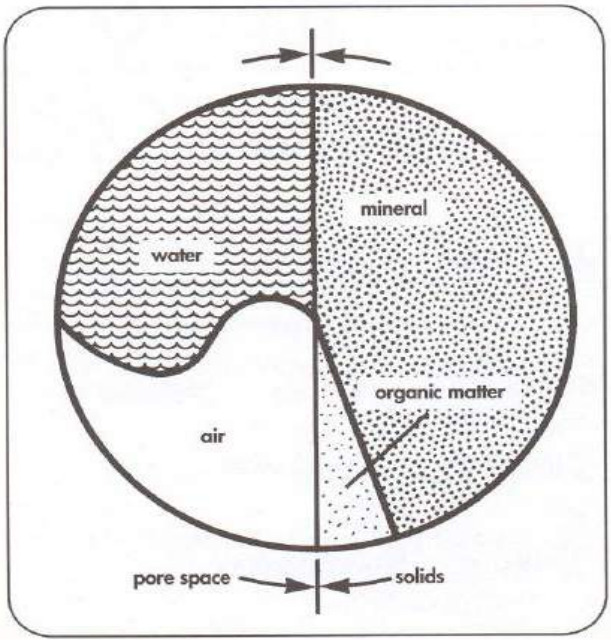
- ان تكون مفككة ناعمة ذات حجم وتوزيع يسمح بعمليات الانبات ونمو الجذور

- ان تكون الفراغات البينية للتربة ذات حجم وتوزيع يسمح بدخول الماء وحركته وتخزينه

- المسامات تضمن تهوية كافية لنمو النبات

تضمن نظام حراري مناسب

- تتميز التربة المفضلة بنسبة المواد المعدنية 45% و المواد العضوية 5% اما الجزء السائل 25% و الغازي 25% . الوثيقة 6



الوثيقة 6ـ توضح نسب مكونات التربة المفضلة

جدول(4) التواجد النسبي لأطوار التربة عند حالات مختلفة من الرطوبة

حالات تواجد الماء في التربة	حبيبات التربة الصلبة %	ماء التربة%	هواء التربة%
التشبع	50	50	-
السعة الحقلية	50	25	25
نقطة الذبول الدائم	50	8	42
تربة جافة هوائيا	50	3	47
تربة جافة تماما	50	0	50

2- انواع التربة :

1- التربة البسيطة:

هي الأرض التي تكون مُعظم تربتها مُركّبة من مادّة واحدة (الرّمل أو الطين أو الكِلس أو الدّبال)، وهي عندئذٍ تسمّى بإسمها فيقال لها أرض رمليّة أو أرض طينية ... وهكذا.

والأتربة البسيطة نادرة الوجود إلاّ في بعض الأماكن المُحدّدة كوجود التربة الرّمليّة في الصّحاري أو وجود التربة الطينيّة في مجاري السّيول.

التربة الرّمليّة:

هي الأرض التي تكثر فيها مادّة الرّمل. ولنفوذ الماء والهواء بين ذرّاتها مع سهولة تحريكها وحَرثها فإنها تعدّ من الأراضي الخفيفة. ولكنها لعدم امتصاصها للماء فهي تجفّ بسرعة ممّا يجعلها تسمّى بالأرض الحارّة أو الجافة. ولافتقارها إلى الكِلس وحامض الفوسفوريك فإنها لا تعدّ من الأراضي الخصبة، كما أنها تستهلك الأسمدة العُضويّة بسرعة ممّا يجعلها تحتاج إلى التسميد لمرّات عديدة. ويكون إصلاحها بخلطها بالكثير من بقايا الحيوانات والكلس والأسمدة الفوسفوريّة مع غزارة الماء عند سقيها لتكون صالحة لزراعة بعض النباتات مثل: البطاطس والشمندر واللفت والبصل. كما أنها تصلح لإحداث مشاتل لتربية الشجيرات ولغرس الصبّار وأشجار النخيل والموز والصّنوبر.

التربة الطينيّة:

هي الأراضي التي تكثر فيها مادّة الطين .ويختلف لونها بحسب مقدار احتوائها على مادّة أُكسيد الحديد، فكلما كثرت هذه المادّة ازدادت التربة احمراراً. وتكثر في هذه التربة مادّتا البوتاس وحامض الفوسفوريك إلاّ أنها قليلة الكِلس. وهي لشدّة اندماجها وتماسُكها تمنع نفوذ الماء والهَواء منها إلى ما تحتها فلذلك تعدّ من الأراضي الثقيلة التي يصعب حَرثها في كلّ حين خصوصاً في فصليْ الخريف والشتاء عند كثرة نزول الأمطار لِلزوجتها مع يُبسها وتشققها صيفاً فتصبح كتلاً كبيرة. وهي إذا سُقيت بغزارة أو نزلَ عليها المطر فإنّ الماء يَركدُ على سطحها لمدّة طويلة إلى أن يتبخّر أو يرشح ممّا يزيد رطوبتها فتضرّ النباتات بها، كما أنها باردة فتبطئ جداً بتحليل الأسمدة العُضويّة وهي عندئذٍ تحتاج إلى تصريف لهذه المياه بعملية الصّرف أو التجفيف مع تسميدها ببقايا الضّأن أو المَعز. ويكون إصلاح التربة الطينيّة بإضافة الرّمل والكِلس إليها لتقليل اندماجها

وتماسُكها مع حَرثها لمرّاتٍ عديدة لمنع تشققها وصلابتها فإنها تكون عندئذٍ صالحة لإحداث المُروج الطبيعيّة أو الاصطناعيّة وكذلك لزراعة الحُبوب والقطاني الشتويّة وبما أنها تحفظ رطوبتها في جوفها فهي تصلح أيضاً للزّراعة البعليّة في الصّيف كزراعة الذرة والقطن والبطيخ.

التربة الكِلسيّة:

هي الأراضي التي تكثر فيها كربونات الكِلس. ويغلبُ عليها اللون الأبيض ولذلك تسمّى بالأراضي البيضاء. وخواصها مُشابهة نوعاً مَا لخواصّ الأراضي الرّمليّة من حيث نفوذ الماء والهَواء فيها بسهولة بالإضافة إلى سُخونتها من أشعة الشمس فتجفّ بسرعة، ولتحليلها الاسمدة الحيوانية في وقت قصير. وهي تعدّ من الأراضي القليلة الخصب فلذلك تسمّى بالأراضي الفقيرة. ويكون إصلاحها بحرثها وتسميدها جيّداً لتصلح عندئذٍ لزراعة بعض نباتات الفصيلة القرنيّة (القطاني) كالفول والحُمّص والعَدس واللوبياء والفاصولياء، ولغرس كروم العنب وشتلات أشجار التين واللوز والزّيتون وبعض أشجار الغابات كالصنوبر والسّرْوْ.

الـتـربـة الـدّبـالـيّـة:

هي الأراضي التي تكثر فيها مادّة الدّبال. وهذا النوع من الأتربة كثيرُ الوجود في أوروبا ويكادُ يكون معدوماً في أراضي البلاد العربيّة ولا يوجد فيها إلاّ عند تسميدها بالأسمدة العُضوية الحيوانية . وإذا كان الدّبال بدرجة الاعتدال فإنه يُعدّ نافعاً وتكون تربتهُ خصبة جداً لكثرة النيتروجين الذي فيه، أما إذا جاوزَ حدّ الاعتدال فإنه ينقلب حامضاً ضارّاً وتصبح تربتهُ فاقدة الخصب كما هي الحال في أراضي المُستنقعات القديمة والمُروج الرّطبة الكثيرة الكلأ، فوفرة الحُموضة لا تدع مجالاً لنموّ النباتات إلاّ إذا قللت بإضافة الكِلس إليها فإنه يُزيلها ويُحلل المواد العضويّة مع وجوب تصريف المياه الزّائدة منها مع تسميدها بالأسمدة الفوسفوريّة فإنها تكون صالحة عندئذٍ لزراعة الشعير والشوفان والخضروات ذات الأوراق كالكرنب والخسّ والسّلق ونباتات العلف كالبرسيم.

2- الـتـربـة الـمُـركّـبـة:

غالباً ما يكونُ التراب مُركّباً من مادّتين احداهما أكثر من الأخرى فيُسمّى عندئذٍ باسم الاثنين معاً مع تقديم الأكثر على الأقلّ، فإن قيل ترابٌ رمليّ طينيّ فإننا نستدلّ من ذلك على أنّ الرّمل فيه أكثر من الطين ... وهكذا .وتكون خصائص التربة المُركّبة عائدة لخصائص الأتربة البسيطة المتكوّنة منها.

3- التربة المُتكاملة:

هي الأرض التي تكون فيها جميع مُركّبات التراب بنسبة مُعتدلة لأنها تكون عندئذٍ جامعة أحسن الخصائص ّ خالية من العُيوب، ولذلك تعدّ من أجود الأراضي وأخصبها وتكون صالحة لزراعة جميع النباتات والأشجار.

التربة القلوية :

وهي التربة التي تصل فيها نسبة الصوديوم المتبادل على سطح حبيبات التربة (ESP) الى 15% أي ما يقابل نسبة الصوديوم المدمص (SAR) 13% وتتميز بدرجة حموضة PH = 8.5 . وهي تربة غير نفوذة ذات طبقات صماء . يتم استصلاحها عن طريق اضافة الجبس الزراعى (كبريتات الكالسيوم) للتربة بكمية محسوبة . أفضل المحاصيل التى تجود زراعتها فى الأراضى القلوية جزر والبنجر السكر.

والوثيقة 7- توضح بعض خصائص التربة المختلفة

الوثيقة 7 - توضح خصائص أنواع من التربة

II - الزراعة خارج التربة

بدأت الزراعة خارج التربة منذ التجارب الأوليةالتي أجريت لمعرفة تركيب النبات و المواد التي تسبب نموه بواسطة العالم البلجيكيJan Van Helmont سنة 1600ومع تطور علوم الكيمياء أمكن التوصل إلى مكونات النبات والمواد التي يحتاجها للنمو والتي عرفت بالعناصر المغذية واستطاع العالم الألماني Sachs سنة 1860 و زميله Knop سنة 1861 زراعة النباتات وتنميتها في محلول مائي به العناصر المغذية التي تحتاجها بدون الاستعانة بأي بيئة نمو وعرف هذا النظام بـمزارع المغذيات ""Nutriculture كما تعرف باسم الـHydroponics وهي كلمة يونانية تتكون من مقطعين الأول Hydro بمعنى الماء، والثانيPonics بمعنى العمل ليصبح المعنى "عمل الماء" لكن الماء يحتاج الى العناصر المغذية للنبات فيطلق عليه محلول مغذي ولذلك فإنه من الأصوب التعبير عن الهيدروبنكس بأنها "مزارع المحاليل المغذية

1 - المحلول المغذى :

المحلول المغذى هو المحلول الذى يحتوى على جميع العناصر الغذائية الضرورية اللازمة لنمو النبات و بنسب متوازنة مع بعضها البعض والذى يستخدم في امداد النبات بحاجته من الماء والعناصر الغذائية طوال فترة حياته. ومن الصعب القول بأن هناك ما يسمى بالمحلول المغذى المثاليلكل النباتات أو حتى بالنسبة للنبات الواحد ويرجع ذلك الى اختلاف احتياجات النباتات من العناصر الغذائية وذلك لاختلاف طبيعة نمو ومحصول كل نبات بل ان احتياجات النبات الواحد من العناصر يختلف خلال مراحل نموه المختلفة علاوة على اختلاف احتياجات الاصناف المختلفة لنفس النبات كما أن الظروف الجوية يكون لها تأثير كبير . يفضل أن يكون تركيز العنصر مرتفعاً نسبياً حتى نضمن وجود رصيد من العناصر المغذية في النظام. يوضح الجدول رقم (1) حدودتركيزات العناصر في المحلول المغذى للنبات والجدول 2 يوضح بعض الاسمدة ونسبة العنصر فيها.

لذا على القائمين بعملية تغذية النباتات وضـع كل الظروف في اعتباره من أجل الوصـول الى أفضـل محلول غذائي يناســب النبات المزروع . في نظم الزراعة بدون تربة هناك نوعان من المحاليل المغذية :

أ- **المحلول المغذى المركز** :

حيث يتم تحضير محلول مغذى مركز عادة يكون مركز 100 مرة عن المحلول المخفف وذلك من أجل سهولة الاستعمال و توفيرا للوقت والمجهود وهو ينقسم الى :

1- محلول مغذى (أ) وهو يحتوى على الكالسيوم وجزء من النتروجين والحديد المخلبي فقط .

2- محلول مغذى (ب) وهو يحتوى على باقي أسمدة العناصر الغذائية الاخرى .

ب- المحلول المغذى المخفف

وهو الناتج من تخفيف المحلولين المركزين (أ و ب معاً) والمحلول المغذى المخفف هو الذى يقوم بتغذية النبات وامداده بما يحتاج اليه من عناصر غذاء والجدول 3 يوضح نسب التخفيف للمحلول المغذى حسب النوع ومرحلة النمو

1-1 - النقاط الواجب مراعتها عند تحضير المحلول المغذي

هناك العديد من الامور الواجب مراعاتها عند اعداد المحلول المغذي للزراعة بدون تربه نذكر منها ما يلي:

أ- استعمال الأسمدة التجارية العادية كمصدر للعناصر مثلN ،P،K، وذلك لرخص ثمنها.

ب- يجب ان تكون الأسمدة سريعة وتامة الذوبان وعالية في محتوياتها من العناصر ولا تحتوي على عناصر سامه ويفضل استعمال مساحيق الأسمدة عن الأسمدة المحببة وذللك لصعوبة ذوبانها.

ج -يمكن عند تحضير محلول مغذي من العناصر الكبرى (النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والماغنسيوم والكبريت) استعمال مصادر تعطي اكثر من عنصر واحد مثل نترات الكالسيوم كمصدر للكالسيوم كما انها توفر جزءاً من الازوت في صورة نترات.

د - تتبع الخطوات التالية عند وزن و اذابة الاملاح السمادية خاصةً في المزارع المائية المغلقة.

1 - توزن الاملاح منفرده

2 - يملأ خزان المحلول بالماء لحوالي90% من حجمه فقط.

3 - يذاب كل سماد منفرداً ثم يفرغ في خزان المحلول مع التقليب المستمر، ويكرر ذلك

مع كل سماد.

4 - ويستعمل ماء ساخن للاملاح الصعبة الذوبان.

5 - تذاب العناصر الصغرى اولاً ثم العناصر الكبرى

6- تعديل درجة الحموضة : المدى المثالي للـ PHفي المحلول المغذي للزراعة بدون تربة يتراوح بين 5.8 إلى 6.5 ، وارتفاع أو انخفاض الـ PHيؤثر على قدرة النبات على الاستفادة من المحلول المغذي . ويتم استخدام حمض الفسفوريك المخفف لزيادة الحموضة "أي انقاص رقم الـ "PH، ويتم استخدام هيدروكسيد البوتاسيوم أو هيدروكسيد الكالسيوم عند الرغبة في زيادة قلوية المحلول "رفع رقم الـ"PH

7 - المحافظة على درجة الحرارة المناسبة للمحلول المغذي وتزويده بالأكسجين

2-1 - العوامل المؤثرة على تركيب المحلول المغذى :

هناك بعض العوامل التي تؤثر على تركيب المحلول المغذى أهمها:

الظروف المناخية

تؤثر الظروف المناخية على نسبة عنصر البوتاسيوم : النيتروجين الواجب توافرها في المحلول المغذى. ففي أيام الصيف الطويلة والمشمسة تحتاج النباتات إلى كمية أكبر من النيتروجين وكمية أقل من البوتاسيوم وذلك بالمقارنة بأيام الشتاء القصيرة والمعتمة. ولذلك فإنه من المعتاد أن تضاعف نسبة البوتاسيوم إلى النيتروجين في فصل الشتاء.

نوع النبات المزروع عوامل وراثية

يتأثر اختيار المحلول المغذى بنوع النباتات المزروعة . فالنباتات الورقية (الخس - الكرنب) تستفيد أكثر من المحلول المحتوى على تركيز عال من النيتروجين

مقارنة بمحصول آخر مثل الطماطم.

نوع الأيونات المضافة

بالرغم من أن النبات يمتص النيتروجين على صورة كاتيون أمونيوم NH_4^+ وأنيون نترات

NO_3^- بنفس الكفاءة، إلا أنه يفضل ألا تزيد نسبة الأمونيوم في المحلول عن 20% من الكمية الكلية للنيتروجين.

وإضافة النيتروجين الأمونيومى على صورة كبريتات الأمونيوم $(NH_4)_2SO_4$ يساعد في المحافظة على pH

المحلول في الجانب الحامضى، ويرجع ذلك إلى أن النبات يمتص أيون الأمونيوم بسرعة وسهولة أكثر من أيون

الكبريتات. وبقاء هذا الشق الحامضيفي المحلول يعمل على عدم ارتفاع رقم الـ pH إلى الجانب القلوي نتيجة

امتصاص النبات لأيونات النترات والفوسفات.

سلوك الأيونات في المحلول

حيث إن الفوسفور في المحلول المغذى يوجد على شكل أيونات $H_2PO_4^-$ فإنه يعمل على ترسيب بعض الأيونات الأخرى وخاصة أيونات المغذيات الصغرى مما يقلل من صلاحيتها للنبات. لذلك فإنه يتم عن عمد جعل تركيز الفوسفور في المحلول المغذى منخفضا" قدر الإمكان.

قدرة النبات على تحمل تركيزات مرتفعة نسبياً من بعض العناصر

يلاحظ في جميع أمثلة المحاليل السابقة أنه لم يذكر تركيز أحد العناصر الكبرى وهو الكبريت، ويرجع السبب في ذلك إلى أن الكبريتات تدخل في كثير من الأملاح الأخرى مما يجعل تركيز الكبريتات في المحلول يتعدى حد الكفاية ويتجه نحو الزيادة، إلا أن النباتات لها القدرة على تحمل التركيزات العالية نسبياً من الكبريتات.

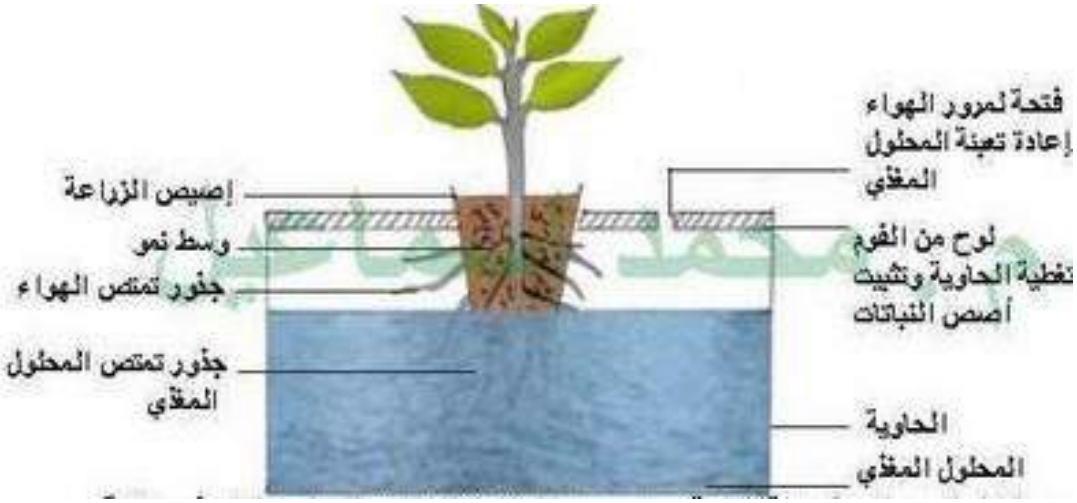
حاجة النباتات إلى العناصر الصغرى بكميات ضئيلة

يجب أن يوضع فيالاعتبار أن المغذيات الصغرى سامة جدا" للنبات إذا زاد تركيزها عن حد معين، ولهذا السبب فإن ضبط تركيزها في المحلول المغذى يجب أن يولى عناية خاصة.

ولذلك يفضل تحضير محلول مغذى مركز من العناصر الصغرى ويضاف منه 1 لتر لكل 100 لتر من المحلول المغذى المخفف.

2 - مفهوم الزراعة بدون تربة

الزراعة بدون تربة هو استخدام أي وسيلة من شأنها زراعة وتنمية النباتات بدون دخول الأرض كوسط للزراعة حيث تزرع النباتات بمعزل عن التربة مادام النظام المتبع يسمح بتدعيم النبات وتوفير الماء والعناصر الغذائية اللازمة للنمو . الوثيقة 8



الوثيقة 8- رسم تخطيطي يوضح الزراعة المائية

2-1 - أهمية إستخدام طرق الزراعة بدون تربة

1- الكفاءة العالية في استخدام الماء

2- الكفاءة العالية في استخدام الأسمدة

3- الكفاءة العالية لإنتاجية هذه النظم .

4- تعتبر من أكفأ الطرق المستخدمة لحل المشاكل الموجودة بالتربة

5- عدم اللجوء لعملية تعقيم التربة وبذلك فأننا نحافظ عل البيئة الطبيعية من التلوث من ناحية ومن ناحية أخرى توفير النفقات العالية للتعقيم.

6- الكفاءة العالية لهذه النظم في إنتاج المحاصيل في أوقات ارتفاع أسعارها

7- إنتاج محاصيل خالية من العناصر الثقيلة

8- إمكانية الاستفادة بنظم الزراعة اللاأرضية في المجال البحثي خاصة في تجارب التغذية .

9- اســتخدامها في إكثار النباتات الناتجة من زراعة الأنســجة في مزارع الأنســجة أدت إلى طفرة هائلة في مجال الإكثار .

2-2 - أقسام الزراعة بدون تربة:

تنقسم الزراعة بدون تربة إلى ثلاث أقسام على حسب الوسط الذى تنمو فيه جذور النباتات كالتالي:

1 - الزراعة بإستخدام البيئات:

تتعدد البيئات التي يمكن استخدامها للزراعة خارج التربة ، وتختلف البيئات تبعاً للخواص الطبيعية و الكيماوية لكلاً منها . منها البيئات العضوية و منها بيئات غير عضوية ، وقد تستخدم هذه البيئات بصورة مفردة كبيئة لنمو النباتات أو قد يتم عمل خلطات بين أكثر من بيئة أو عمل خلطات ما بين أحجام مختلفة من نفس البيئة فيعطى مواصفات جديدة للبيئة. وكل ذلك يعطى مدى واسع من البيئات التي تلائم نمو عدد كبير من النباتات و أنواع مختلفة منها نباتات الخضر أو الزينة أو بعض أشجار الفاكهة وتقسم البيئات إلى :-

أولاً: البيئات العضوية

*** البيت موس** :

يعتبر البيت موس من أكثر البيئات شيوعاً و يستخدم بصورة كبيرة على مستوى العالم. وهو عبارة عن مادة عضوية متحللة توجد في المناطق الرطبة من العالم على مساحات كبيرة تعرف بمناجم البيت موس . و قد يستخدم بصورة مفردة كما هو أو يخلط ببعض البيئات الأخرى مثل الفيرموكيوليت أو البرليت أو الرمل .

*** قشور حبوب الأرز** (سرس الأرز)

*** ألياف جوز الهند**

ألياف وبيت جوز الهند من البيئات التي دخلت حديثاً كأحد أوساط الزراعة بدون تربة وهى تستخرج من قشور ثمار جوز الهند .

ثانياً: البيئات غيرالعضوية

*** الرمل:** يعتبر الرمل من أقدم و أفضل المواد التي استخدمت كوسط حبيبي صلب لتنمية النباتات . و لا يفضل استخدام الرمال المحتوية على الجير و ذلك بسبب وجود نسبه عالية من كربونات الكالسيوم بها حيث أنها تعمل كمادة لاحمة لجزيئات الرمل مما يغير من الصفات الطبيعية للرمل . كذلك لا يفضل استخدام رمال الشواطئ لاحتوائها على نسبه مرتفعة من الأملاح. و يفضل استخدام الرمال ذات الأصل الجرانيتي أو السليكاتى كبيئة زراعية. و تعتبر أقطار حبيبات الرمل عامل هام في نجاح استخدامه كبيئة زراعية حيث أن الرمل الخشن جدًا لا يحتفظ بقدر كافي من الرطوبة ، أما الرمل الناعم جدا فلا يسمح بنسبه كافيه من التهوية الشكل 1

*** الفيرموكيوليت**

الفيرموكيوليت عبارة عن سـليكات الحديد و الألومنيوم و الماغنسـيوم المتهدرت وهو عبارة عن رقائق معدنية تستخرج من مناجم الميكا في أفريقيا وأستراليا وأمريكا ويتم الحصـول على المادة فى الصـــورة القابلـة لتكون بيئـة زراعيـة عن طريق معـاملـة المعدن الخام لدرجة حرارة 1000 درجة

مئوية فتتحول الرطوبة الموجودة به إلى بخار يزيد من الضـــغط داخل طبقاته مما يؤدى إلى تكســير وتقسيم هذه الطبقات إلى جزيئات أو أجزاء صـغيرة خفيفة مسـامية ذات صـفات جيدة تلائم الزراعة اللاأرضية .

*** الخفــاف**

هو عبارة عن صخر سليكاتى من أصل بركاني يحتوى على عناصر الألومنيوم والبوتاسيوم و الصوديوم ، وآثار من الكالسيوم و الماغنسيوم والحديد. والمادة بها العديد من الفراغات ، وتتكون تلك الفراغات نتيجة لخروج البخار الساخن منها قبل أن تبرد حمم اللافا البركانية. و هو موجود بصورة طبيعية لا يحتاج إلى حرارة أو تسخين بل أن كل ما يجرى عليه من عمليات هو التكسير و الطحن إلى الحجم المناسب من الحبيبات .

البرلـيت :

هو عبارة عن حجر بركاني منشـــأه اللافا البركانية . يتدرج لونه من الرمادي إلى الأبيض و يتركب من سـليكات الألومنيوم و صـوديوم وبوتاسـيوم ويتم طحنه وتسـخينه على درجة حرارة مرتفعة من 900 - 1000 درجة مئوية حيث يحدث لـه إنتفاخ نتيجة خروج الهواء الســـاخن منـه وتتكون بـه فجوات هوائية حيث يحدث له نتيجة لذلك تمدد واتساع الحبيبات وانتفاخها بصورة كبيرة شكل 1

ثالثاخلطــات البيئــات:

ويمكن استخدام البيئات السابقة بصورة مفردة كبيئة زراعية أو يمكن أن يتم خلط أكثر من بيئة معاً ، و ذلك للوصول إلى أفضل مواصفات للبيئة تلائم نمو النبات المراد زراعته . فنجد أن لمواصفات البيئـة المراد زراعتها أثر كبير على نجاح عملية الزراعة ، فهذه الخواص هى التى تحدد التوازن ما بين الماء اللازم لنمو النباتات و الهواء اللازم لتنفس الجذور. حيث يجب توافر الفراغات الصـــغيرة التي تعمل على الاحتفاظ بالماء الضـــروري لحياة النبات والفراغات الكبيرة التى تعمل على توفير الهواء اللازم لنمو النباتات . كذلك تحدد مقدرة البيئة على إدمصـاص العناصـر الغذائية على حبيباتها ومن أهم هذه الصفات التي يجب تقديرها :

* وزن البيئة . * قدرة البيئة على مسك الماء . * درجة حموضة البيئة . * تركيز الأملاح في البيئة .

* الكثافة الظاهرية للبيئة * السعة التبادلية الكاتيونية للبيئة . * درجة ثبات البيئة .

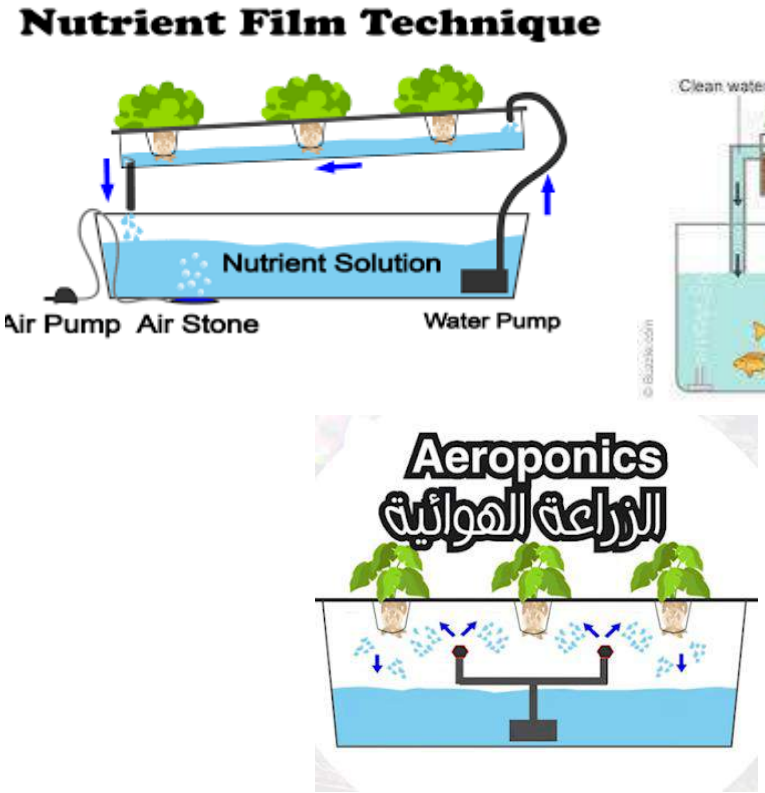
ومن هنا تظهر أهمية خلط أكثر من بيئة مع بعضها بهدف الوصول للمواصفات المطلوبة و قد تم اختبار عدد من الخلطات و التي أظهرت نتائج جيدة و من هذه الخلطات الجدول 4

2 - **المزارع المائية**:

وفيها تكون جذور النباتات مغموسة باستمرار أو لفترات متقطعة في المحلول المغذى .

3- المزارع الهوائية:

وفيها تكون جذور النباتات موجودة باستمرار أو لفترات متقطعة في حيز مشبع من المحلول المغذى في صورة ضباب أو رذاذ . الوثيقة 9



الوثيقة 9 انظمة الزراعة بدون تربة

الفصل الثاني : مكونات النبات

مكونات النبات

تختلف أنواع النباتات الموجودة في الأرض فمنها ما هو مثمر ومنها للزينة وأخرى سطحية وبحرية حيث تقدر عدد النباتات على سطح التربة بأكثر من 8 ملايين نوع له عدة فوائد مثبتة حاليا منها :

- عملية التمثيل الضوئي وتوفير الغذاء للإنسان والحيوان
- التقليل من تأثير حركة الرياح
- توزيع الأمطار على الأرض على التربة
- التخلص من الغازات والغبار السام
- تنظيم درجة الحرارة
- المحافظة على التربة من الانجراف والتصحر
- المحافظة على توازن البيئة وإعادة تدوير العناصر
- مصدرا للغذاء المباشر أو غير المباشر
- تستخدم في إنتاج المواد العطرية والصيدلانية ومواد المصنعة (المطاط، الدهانات)

I- مكونات النبات:

تتركب المادة الحية للخلية النباتية من عناصر وجزيئات تتجمع في الماء والمعادن والمواد العضوية حيث تختلف الكميات النسبية حسب عدة عوامل وراثية وبيئية

1- الماء:

يمثل الماء من المادة النباتية الطازجة حوالي 80 - 95% حيث تتوقف هذه النسبة على العديد من العوامل منها: نوع النبات واجزائه - درجة الامتلاء الخلوي - وقت أخذ العينة، عمر النبات، رطوبة التربة، خصوبة التربة درجة الحرارة، الرياح، النتح...

- هذا ما جعل مقارنة نتائج التحاليل الكيميائية للوزن الجاف ليس للوزن الطازج.

يتراوح محتوى الماء في الانسجة او الأعضاء الخضرية والنامية للنبات بين 70- 95 % اما في الانسجة الاحتياطية للبذور وفي خلايا الانسجة الميكانيكية بين 5 - 15 % وهذا ينخفض بقدر ما يتقدر عمر النبات. الجدول 1 .

وضائف الماء في النبات مبينة على الخصائص الفيزيائية والكيميائية ،

ـ القدرة العالية الاستعاب درجة الحرارة

ـ قابلية التبخر في دراجات مختلفة .

كما يعتبر الماء هو الوسط العام الذي تحدث فيه جميع الأنشطة في الخلايا ومن ناحية الفيزيولوجية ان كل الكائنات الحية تعتبر كائنات مائية نقوم بفعاليتها الحيوية عند وجود الماء وفي غيابه تعجز هذه الكائنات عن القيام بدورها او بفعاليتها ومن وظائف الماء في النبات.

يعمل كمنظم لدرجة حرارة النبات لتميزه بقدرة استيعاب عالية للحرارة.

يحافظ على النبات من التسخين المفرط لقابليته على التبخر في درجات حرارة مختلفة يفقد او يكسب كميات كبيره من الحرارة 1غ يكسب500-600 سعره حرارية.

مذيب جيد لكثير من المركبات الكيميائية للخلية.

وسيط جيد لنقل العناصر والمركبات ونواتج عملية البناء الضوئي.

يدخل في التفاعلات التركيب الضوئي وأيضا يعد عاملا مهم في تنشيط وتوجيه العمليات الفيزيولوجية.

يعمل كدعامة للنبات عن طريق ضغط الامتلاء.

يدخل في تركيب الخلايا النباتية .

الجدول 1 : نسبة الماء في أجزاء مختلفة من النبات

العضو	نسبة الماء
الورقة	95
ورقة فجل السلق والكرنب	90 - 93
بذور المحاصيل الزيتية	5 - 10
الحبوب	10 - 15
درنات البطاطا والشمندر السكري	75 - 80
جذور الشمندر الأحمر والبصل	85 - 90

2ـ المادة الجافة

تمثل المادة الجافة 5 ـ 30 % من الوزن الطازج للمادة النباتية وهي تتكون من جزئين (عضوي ومعدني). يتم تقديرها بوضع العينة النباتية الطازجة في فرن على درجة حرارة 70م° لمدة من 24 ـ 48 ساعة وتكمن أهميتها في تمكين النبات من القيام بعملية تفعيل الانزيمات والقيام بعملية التمثيل الضوئي وبناء المادة العضوية . يغلب في تركيب المادة الجافة العناصر (كربون هيدروجين اوكسجين) بنسبة حوالي 90% .

أـ الجزء العضوي :

تمثل الجزء الأكبر من المادة الجافة تتكون أساسا من (كربون هيدروجين اوكسجين) والتي يستمدها النبات من الماء والهواء، بالإضافة الى العناصر الازوت والفوسفور والكبريت التي يكون مصدرها محلول الاتربة والتي تشكل مركبات مخلبية مع المركبات العضوية مثل الحديد والمغنسيوم والكوبالت التي تدخل في تركيب الهيم والكلورفيل وفيتامين B_{12} وتكوين العقد البكتيرية على الترتيب . ويمكن تصنيف المواد العضوية الى

أ1ـ مواد غير نتروجينية : تتمثل في

ـ الكربوهيدرات وهي السليلوز والهيموسيليلوز والبكتين والنشاء والسكريات الثنائية والاحادية

ـ الاحماض العضوية مثل الماليك واللاكتيك وستريك .....

ـ الزيوت والدهون

أ2 ـ مواد عضوية نتروجينية :

ـ الانزيمات الهرمونات

ـ الاحماض الامينية

ـ كلورفيل قواعد ازوتية

ـ الاحماض نووية

ـ القلويدات (نيكوتين مورفين كافيئين).

ب - المادة المعدنية

الرماد Ash) والذى يمثل حوالى 5 -10% من المادة الجافة ويمكن الحصول عليه بحرق المادة النباتية الجافة على درجة حرارة من 500-600ْ م أو هضم المادة النباتية الجافة بواسطة مخلوط من الأحماض فيتأكسد الكربون العضوي إلى CO_2 . وفى النهاية نحصل على الرماد والذى تُصبح مركباته على صورة أكاسيد أو كربونات أو أملاح حسب عملية الحرق أو الهضم . ويصل عدد العناصر الموجودة في الرماد إلى أكثر من 90 عنصراً . وهذا لا يعنى أن جميع هذه العناصر مغذيات نباتية، بل يتحدد بمدى احتياج النبات إليه ومدى مساهمة هذا العنصر في بناء أنسجة النبات والتي تم معرفتها باستخدام المزارع اللاأرضية سواء كانت مزارع محاليل مغذية أو مزارع رملية كما هي مبينة في الجدول 2 .

ب1 - أهمية الجزء المعدني :

بالرغم من كونه الجزء الضئيل كمية الا أن له أهمية كبيرة في

- تمكين النبات الأخضر من القيام بعملية التمثيل الضوئي وبناء المادة العضوية
- تفعيل الانزيمات حيث تحتوي النباتات على الالاف من الانزيمات التي تعمل سوية في وقت واحد او على تعاقب طبقا لما تتلقاه من معلومات من الاحماض النووية التي تسيطر على التفاعلات الحيوية وتسييرها وان هذه الانزيمات تكون غير فعالة في حالة غياب العناصر المعدنية خصوصا الصغرى منها .

ب2- العوامل التي تؤثر على محتوى الجزء المعدني :

العامل الوراثي :

للعامل الوراثي دور مهم في تحديد محتوى النبات من العناصر المعدنية وبصورة عامة يحتوى النبات الأخضر على عنصري الازوت والبوتاسيوم ما يعادل عشرة مرات من عنصري الفوسفور والمغنسيوم ز من ناحية نوع النبات نلاحظ ان محتوى البقوليات من عنصر الازوت والكالسيوم والفوسفور اعلى مما هو موجود عند النجيليات ، كما تحتوي الحمضيات على كميات عالية من

الكالسيوم بينما نجد محتوى البوتاسيوم عالى عند درنات البطاطا والبنجر السكري وتحتوى السبانخ والكرفس على عنصر الحديد ويكون البصل والثوم غنيبا بعنصر الكبريت.

الجدول 2 : **العناصر الأساسية لتغذية النباتات**

العنصر	الرمز الكيميائي	شكل الامتصاص	تركيزه في المادة الجافة (%)	حركته في النبات
العناصر الكبرى				
الكربون	C	CO_2	45	متحرك
الهيدروجين	H	H_2O	6	متحرك
الأكسجين	O	O_2 , H_2O	45	متحرك
النيتروجين	N	NO_3^- , NH_4^+	1.5	متحرك
الفسفور	P	$H_2PO^-_4$, HPO^{2-}_4	0.2	متحرك
البوتاسيوم	K	K^+	1	متحرك
الكالسيوم	Ca	Ca^{++}	0.5	غير متحرك
الماغنسيوم	Mg	Mg^{++}	0.2	متحرك
الكبريت	S	SO_4^{2-}	0.1	بطئ
العناصر الصغرى				
الحديد	Fe	Fe^{3+} , Fe^{2+}	0.01	غير متحرك
المنجنيز	Mn	Mn^{++}	0.005	غير متحرك
الزنك	Zn	Zn^{++}	0.002	متحرك
النحاس	Cu	Cu^+ , Cu^{++}	0.0006	غير متحرك
البورون	B	H_3BO_3	0.002	غير متحرك
المولوبدنيوم	Mo	MoO_4^{2-}	0.00001	متحرك
الكلور	Cl	Cl - _	0.01	بطئ

المصدر: Salisbury and Ross (1992)

جاهزية العنصر الغذائي:

كلما زاد تركيز العناصر الغذائية في النبات يكون انعكاسا لزيادة تركيزه في وسط النمو حيث تفرز الجذور انزيمات مثل الفوسفتاز يحلل الاسترات الفوسفاتية واكاسيد الحديد والمعادن ... وتحرر الكاتيونات ..

في التربة الكلسية تتجمع شوارد الكالسيوم على سطح الجذر وتحفز طرح الاحماض العضوية فمثلا الأرز والترمس الأبيض تفرز الستيرين المسؤول على تحفيز تحرير الفوسفور من التربة ، البازلاء تفرز حامض الباسيديك قادر على خلب الحديد فهو يوفر الفوسفور والكالسيوم .

- اختلاف العضو النباتي :

يختلف محتوى المادة المعدنية باختلاف الجزء النباتي (أوراق ، جذور ، ثمار ، بذور ..) بصورة عامة يلاحظ ان محتوى الانسجة النباتية من المغنسيوم يكون متمركز في قشرة الحبوب أكثر وكذلك عدة عناصر أخرى .

- اختلاف عمر النبات :

يلاحظ ان محتوى النباتات الحديثة السن من النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم يكون عاليا خلافا للنباتات المسنة التي يكون محتواها عالى من الكالسيوم والمنغنيز والحديد والبورون.

الفصل الثالث :

العناصر الغذائية للنبات

عناصر الغذائية

تختلف الاحتياجات الغذائية للنباتات حيث يتم تحديد هذه الاحتياجات عن طريق تحليل كل من التربة والنبات كما تم التعرف على العناصر اللازمة لتغذية النبات عن طريق استخدام المزارع الرملية والمائية كما أن النبات يحتاج إلى تصنيع المركبات الغذائية ها عددا من العناصر الكيميائية اللاتي يستمدها من البيئة الخارجية وقد وجد أن عناصر التربة تصل إلى 118 عنصر و يمتص منها النبات 60 عنصر ووجد أن العناصر التي ثبت أن النبات يعاني نقص في النمو حالة غياب واحد أو أكثر منها هي 16 عنصر وهي التي يطلق عليها العناصر الغذائية الضرورية

1ـ شروط العنصر الغذائي الأساسي

يقال أن عنصرا غذائيا مهما أي ضرورية للنبات إذا توفرت فيه أحد أو جميع الشروط الآتية

- أن يدخل مباشرة في تركيب مادة النبات أو أحد الأعضاء و
- بدون هذا العنصر لا يستطيع النبات أن يكمل دورة حياته- نقصه يؤدي إلى ظهور أعراض نقص معينة على النبات لا تزول إلا بإضافة هذا العنصر الغذائي المعين
- هل يمكن أن يعوض العنصر الغذائي أي عنصر آخر في جميع وظائفه
- له دور مفيد في التفاعلات الحيوية داخل النبات
- احتاجه مجموعة كبيرة من النباتات وليس نوعا معين.

2ـ أهمية العناصر الغذائية للنبات

تلعبوا دورا مهما في الحفاظ على الضغط الإسموزي للخلايا النباتية

ادخلوا في تركيب مكونات الخلايا

تلعب دورا مهما في تنظيم درجة الحموضة في الخلية بالتفاعل مع ال مع الأحماض داخل الخلية

تلعب دورا مهما في إحداث التضاد وحماية الخالية من السمية

لها دور في تنشيط الإنزيمات وتكون مصدرا للطاقة

3ـ تقسيم العناصر الغذائية

يعتبر تقسيم العناصر الغذائية هام جدا بالنسبة لدراسة تغذية النباتات حيث أن وضع العناصر الغذائية في أقسامها المختلفة يسهل علينا فهم هذا العلم يمتص النبات العناصر الغذائية من مصادر مختلفة وهذا ما يجعل تقسيم العناصر المغذية يعتمد على عدة أسس يمكن إجمالها في:

- تصنيف يعتمد على كمية العناصر التي يحتاجها النبات
- تصنيف يعتمد على الوظائف البيوكيميائية والفيزيولوجية في النبات
- تصنيف يعتمد على حركية العناصر في التربة
- التصنيف يعتمد على حركية العناصر في النبات
- التصنيف يعتمد على الخواص المعدنية للعنصر
- تصنيف العناصر حسب اعراض النقص

1- تقسيم النباتات حسب الكمية والأهمية :

يمكن تصنيف العناصر المعدنية التي يحتاجها النبات حسب كميتها واهميتها في النبات

1- العناصر الضرورية :

وهى التى توجد فى النبات بكمية معتبرة وكمية وجودها فى التربة كافية لسد حاجة النبات منها وفى حالة عدم كفايتها لابد من اضافتها للتربة حتى لا تعانى النباتات في نموها . تنقسم العناصر الأساسية لنمو المحصول إلى عناصر تنقسم العناصر الأساسية لنمو المحصول إلى عناصر كبرى وعناصر صغرى

1-1 العناصر الأساسية :

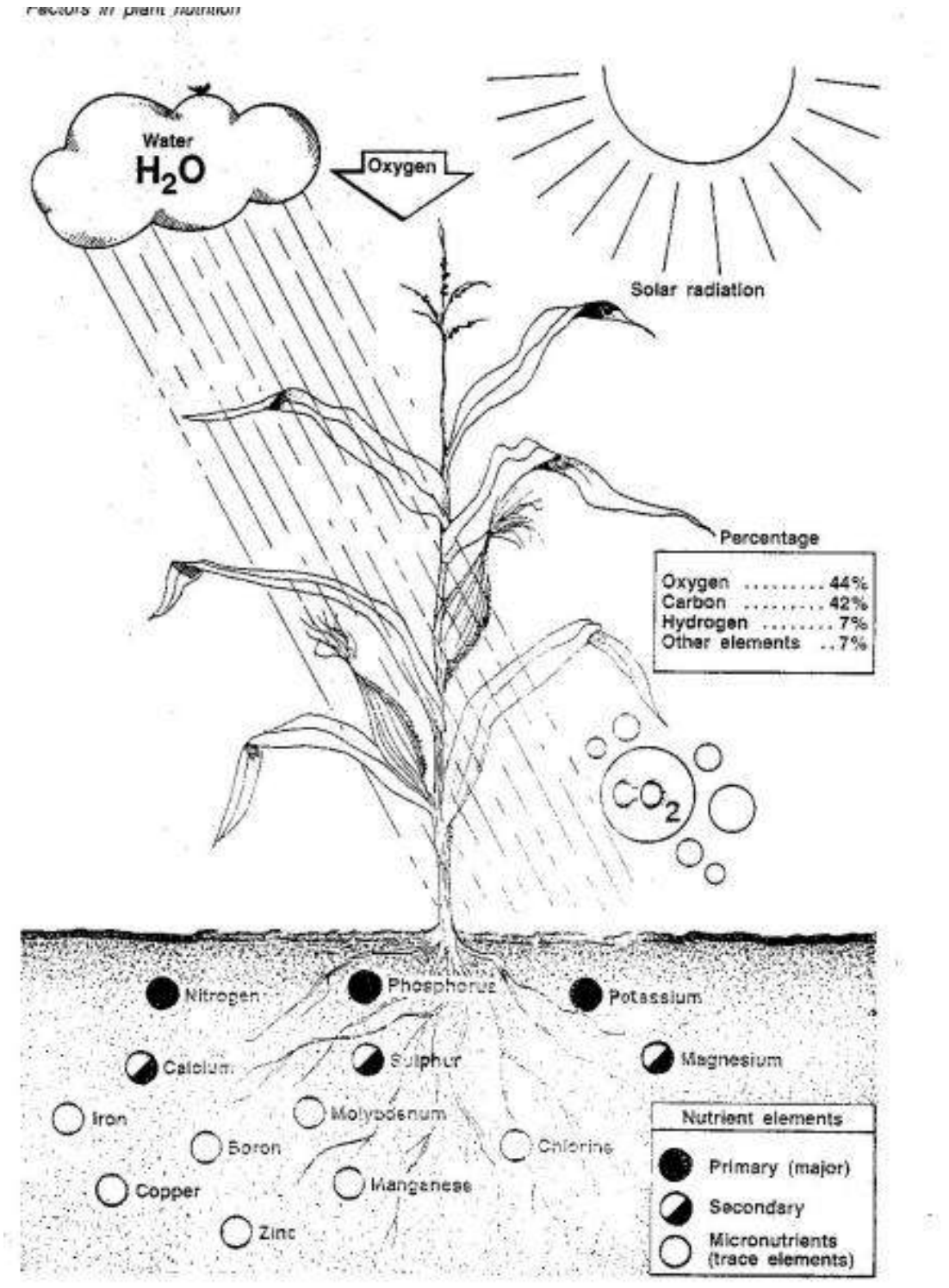
وهي الكربون والأوكسجين والهيدروجين،: وهي عناصر توجد بوفرة في الطبيعة تمثل حوالي 96% من حاجة النبات أي 45% 6% 45% على التوالي. أن النبات يحصل على الكربون والهيدروجين و الاكسجين من الماء و غاز ثانى أكسيد الكربون وتشكل هذه العناصر الثلاثة مجتمعة أكثر من 22 % من بروتوبلازم الخلايا النباتية الحية. الوثيقة 10

2-1 العناصر الكبرى :

فالعناصر الكبرى هي تلك العناصر التي يحتاجها النبات بكميات كبيرة تقدر بحوالي (0.1 - 0.6) %أي حوالي من 1- 6 مغ/ غ من المادة الجافة وتشمل

المركبات الضرورية الكبرى الأولية: النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم حيث يمثل ا النتروجين والبوتاسيوم حوالي 80% من العناصر المعدنيه

المركبات الضرورية الكبرى الثانوية: الكلسيوم المغنزيوم الكبريت و حيث يمثل الفسفور مع هذه العناصر نسبة 19%.

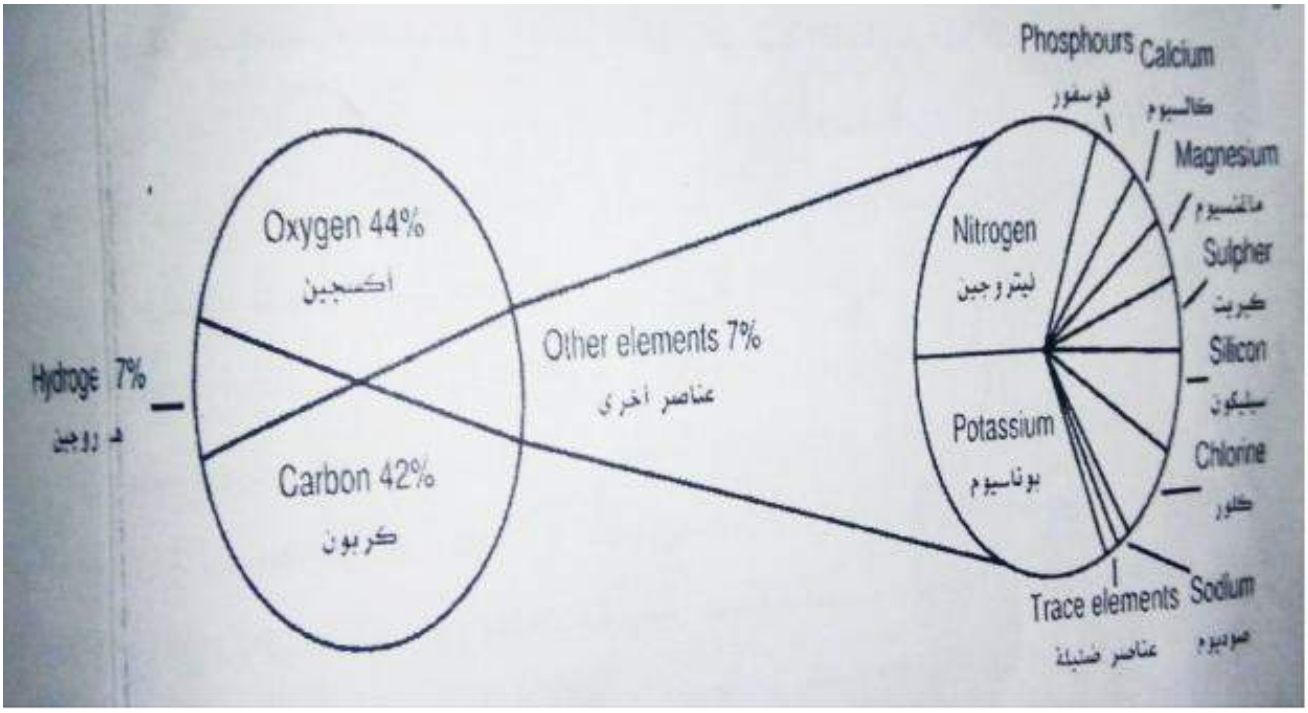


الوثيقة 10 توضح العناصر الأساسية الكبرى للنبات

1- 3 العناصر الصغرى

وهي العناصر التي يحتاجها النبات بكميات قليلة جدا ويقدر محتواها في المادة الجافة بأقل من 200جزء من المليون أي في أقل من 0.01%. أي بحوالي **0.1 غ/كغ** من المادة الجافة وتشمل الحديد والمنغنيز والزنك والنحاس والبورون والموليبدنيوم. إضافة الى عنصر الكلور . تيسر بنسب قليلة جدا وبصيغ مختلفة ذوبانيتها قليلة في درجة حموضة 5 تتاح على شكل ايونات ا و جزيئات او معقدات مخلبية تعمل هذه العناصر منظمة للنمو لا تتدخل في التركيب وهذا ما جعل الباحثين يصنف الحديد من العناصر الكبرى. فقد تصل كمية المنغنيز في الطماطم من 2 – 200 جزء من المليون بينما النحاس لا يزيد في معظم النباتات عن 20 جزء من المليون.

ان زيادة محتوى هذه العناصر يؤدي الى السمية عند النبات وانها تخزن بكميات ضئيلة في البذور فمثلا في الطماطم يصل المنغنيز الى 75 جزء من المليون يلبي احتياج 6 أسابيع .الوثيقة 11 توضح نسب العناصر في النبات



الوثيقة 11 توضح نسب العناصر في النبات

المركبات المخلبية

وهي مركبات لها القدرة على مسك بعض العناصر المعدنية حفظها بداخلها بواسطة الشحنات الكهربائية حيث تشكل مركبات الحلقية مع أحد الكاتيونات إذا يفقد العنصر الكيميائي أو الغذائي خلاصه الأيونية فلا يتفاعل مع و عناصر التربة ويحافظ على صورته القابلة للامتصاص فيحميه من الترسيب .

المركبات المخلبية وهي مركبات لها القدرة على مسك بعض العناصر المعدنية حفظها بداخلها بواسطة الشحنات الكهربائية **هى مركبات عضوية تتحد مع بعض الأيونات المعدنية مثل الحديد، النحاس، المنجنيز أو الزنك وتكون مركب مخلبي للمعدن** حيث تشكل مركبات الحلقية مع أحد الكاتيونات إذا يفقد العنصر الكيميائي أو الغذائي خواصه الأيونية فلا يتفاعل مع أي من عناصر التربة ويحافظ على صورته القابلة للامتصاص فيحميه من الترسيب .

وعلى هذا يمكن إضافة العنصر المغذى فى صورة مخلبية حيث يعمل على تثبيت هذا العنصر دون دخوله فى تفاعلات كيميائية أو حدوث تبادل أيونى له حيث تحافظ هذه المركبات على العنصر فى صورة قابلة للامتصاص بواسطة الكائن. كما يمكن حمايته من الترسيب، ومن هذه المركبات المخلبية نذكر

EDTA: Ethyline diamine tetra acetic acid.

—**DTPA: Diethyline triamine penta acetic acid.**

—**HEDTA: Hydroxyle Ethyline diamine tri acetic acid.**

—**EDDHA: Ethyline diamine di-o-hydroxyphenyl acetic acid.**

يتم اختيار المركب المناسب اتبع علي خصائص الأرض وخاصة الرقم الحموضة

كما توجد مركبات عضوية طبيعية تعمل كمواد مخلبية نتج عن تحلل المخلفات النباتية والحيوانية مثل حمض الهيوميك حمض فولفيك .... تؤمن العناصر الصغرى لمدة من الترسيب وتعمل على إذابة بعض العناصر

مواد تفرز من طرف البكتيريا تدعى سيدر وفور اعمل على خلب الحديد وتيسيره للنبات

مركبات مخلبية بواسطة الأحماض الأمينية تضاف عن طريق الرش

يستخرج حمض الهيوميك من بقايا تحلل المواد العضوية لا هو دور كبير في فيزيولوجيا النبات وحيويته كما يحسن الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة إضافة إلى البيولوجية يتشكل في التربة من حمض الكربونيك من المواد الدبالية الماء غاز الكربون

يحفز الإنبات وتشكيل الجذور يعالج الملوحة يخلب شوارد الكالسيوم وكسر الرابطة الملحية بين الكلور والصوديوم يسر الحديث للامتصاص كما يؤثر على عدة عناصر معدنية يمنع استعمال الأزوت من طرف الكائنات الدقيق.

2ـ العناصر المفيدة

وهي مجموعة من العناصر الغذائية تكون مفيدة للنبات معين دون آخر فقد تبين أن عنصر الصوديوم ضروري في بعض النباتات الملحية ويزيد من نبات البنجر السكري يرفع نسبة السكر فيه ويحسن طعم الكرفس

حصل الكوبلت يساعد في تكوين الجذور العرضيه عند العائلة البقولية دون العائلة النجيلية كما يدخل في تكوين مرفقات الإنزيم مثل كوب الامينات كما يدخل في تكوين ب12 تكوين العقد البكتيريا وبالتالي ترفع قدرتها على تثبيت النيتروجين

عنصر السيليكون يساعد في نمو النباتات وحاديات الفلقة هو يزيد ف في نسبة الحبوب وزيادة عدد السنابل ويعزى ذلك إذا رفع قدرة النبات يتحمل تركيز عالية من المنغنيز الجاهز للامتصاص والذي يكون عاليا في بيئة الرز الغردقة اللاهوائية وهذا يؤدي إلى حالة التسمم للنبات وجود السيليكون يقلل الأثر السام

عنصر النيكل يساهم في نشاط إنزيم اليوريز الذي يحول اليوريا إلى أمونيا

3ـ العناصر النادرة

وهي عناصر ليست غذائية توجد بكميات منخفضة جدا في التربة والنبات لذا تسمى بالعناصر الأثرية يكون لها تأثير مفيد لفعالية بعض النباتات غير أن لها أفضل المسام حتى ولو كانت تركيزها قليل وهذا الأثر لا ينحصر على النبات فقط بل يتعدى إلى الإنسان والكائنات الحية مثل **(ـ الفلور – البروم – اليود – الزئبق – الرصاص – الزرنيخ ----- الخ)** . ...

2ـ تقسيم على حسب الوظيفة الفيزيولوجية و البيوكيميائية في النبات

وقسم العناصر تبعا لذلك المجاميع التالية الجدول رقم 6

المجموعة الأولى : وتشمل عناصر(C-H-O-N-S) حيث تدخل هذه العناصر في تركيب مادة النبات العضوية وتنشيط الإنزيمات .

- **المجموعة الثانية :** وتشمل عناصر(P-B-Si) فتشارك هذه العناصر في انتقال الطاقة وتكوين مجاميع الاسترات .
- **المجموعة الثالثة :** وتشمل عناصر(CL-Mn-Mg-Ca-Na-k) فإنها ذات أهمية في الجهد الازموزي وتساهم في عملية تكوين الإنزيمات والبروتينات .
- **المجموعة الرابعة :** وتشمل عناصر (Fe-Cu-Zn-Mo) هذه العناصر لها القابلية على تغير أعداد تكافؤها لذلك تعمل هذه العناصر على انتقال الالكترونات أي بمعنى آخر لها دور بعمليات الأكسدة والاختزال .

4 ـ تقسيم العناصر حسب حركتها في التربة :

ـ عناصر متحركة :

وهي عناصر لا تدمص على سطح حبيبات التربة وحركتها عالية في التربة مما يسهل فقدها عن طريق الغسيل مع مياه الصرف عند اضافتها للتربة كأسمدة مثل : Mn^{++} BO_3^{2-} SO_4^{2-}

Cl^- NO_3^-

ـ عناصر قليلة الحركة :

وهي العناصر التي تذوب في محلول التربة الا انها تدمص على سطح الحبيبات الطينية والتالي فان حركتها تكون محدودة لحد ما والفقد بالغسيل يكون قليل $NH_4^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cu^{2+}$. عند اضافتها كأسمدة وهي اغلب الكاتيونات

ـ عناصر غير متحركة :

وهي عناصر تثبت بشدة في التربة تحت ظروف التربة الحامضية والقلوية

الجدول رقم 6- دور العناصر الغذائية في النبات

جدول ( ) يوضح الصورة التي تمتص عليها العناصر ومدى انتقاله والدور المميز في حياة النبات

العنصر	الصورة الممتصة (الأيونات)		الحركة في النبات	الدور المميز في حياة النبات (مختصر)
	كاتيونات	أنيونات		
الأكسجين (*)		$O_2 - CO_2$	متحرك	بناء المواد الكربوهيدراتية ومركبات الطاقة
الكربون(*)		CO_2	متحرك	
الأيدروجين(*)		H_2o	متحرك	
النيتروجين (N)	أمونيا $NH4^+$	نترات NO_3^-	متحرك	بناء البروتين وتكوين الخلايا
فوسفور (P)		$H_2PO_4^-$ HPO_4^{--} PO_4^{---}	متحرك	تركيب الأحماض النووية (DNA ، RNA) ومركبات الطاقة ADP-ATP ومرافقات الأنزيمات NADP- NAD .
بوتاسيوم (K^+)	K^+	-	متحرك	تنظيم العمليات الحيوية (انقسام الخلايا – نفاذية الخلايا – تمثيل البروتين والكربون) وانتقال الكربوهيدرات .
الكالسيوم (Ca)	Ca^{++}	-	غير متحرك	تكوين الجدر الخلوية (الصفيحة الوسطى) وعمليات الانقسام الخلوى
المغنيسيوم (Mg)	Mg^{++}	-	متحرك	تكوين جزئ الكلوروفيل ومنشط للعديد من الأنزيمات
الكبريت (S)		SO_4^{--}	بطئ الحركة	يدخل فى تركيب الأحماض الأمينية الكبريتية الأساسية (بناء المواد الطيارة ومرافق أنزيمى هام فى عملية التنفس.
الحديد (Fe)	Fe^{++} (حديديك)	-	غير متحرك	تركيب العديد من الأنزيمات المسئولة عن التنفس (أكسدة واختزال) .
المنجنيز	Mn^{++}	-	بطئ الحركة	منشط أنزيمى فى التنفس وتمثيل البروتين .
الزنك	Zn^{++}	-	متحرك	ضرورى لتكوين الأكسجين وتمثيل البروتين والكلوروفيل
النحاس	Cu^{++}	-	غير متحرك	الأكسدة والاختزال وله دور فى التمثيل الضوئى وتكوين الكلوروفيل .
البورون		BO_3^{---}	غير متحرك	انقسام الخلايا وانتقال السكريات وإنبات حبوب اللقاح .
الموليبدنم		$HmoO_4^-$	متحرك	هام لاختزال النترات داخل النبات إلى أمونيا وله دوراً هام فى ميتابولزم الفوسفور .
الكلور (*)		Cl^-	متحرك	عملية التمثيل الضوئى وتنظيم العلاقات المائية داخل النبات عن طريق أكسدة الماء .

4- تقسيم العناصر حسب حركتها داخل النبات : بعض العناصر لها القدرة على الحركة من احد الأعضاء الى الاخر او من ورقة مسنة الى ورقة فتية وبعضها لا يتحرك من الأعضاء النباتية، تساعد هذه الصفة في التعرف على اعراض نقص العناصر بالنبات ، فمثلا تظهر أعراض نقص

العناصر المتحركة على الأوراق المسنة بينما اعراض نقص العناصر غير المتحركة على الأوراق الحديثة ، ويتم تقسيم العناصر تبعا لذلك الى الجدول 5

- عناصر متحركة بشدة : مثل النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والكلوريد
- عناصر متوسطة الحركة : مثل الزنك
- عناصر بطيئة الحركة : مثل الكبريت والحديد والمنغنيز والموليبدينم والنحاس
- عناصر غير متحركة : مثل الكالسيوم والبورون

الجدول 5 العناصر الغذائية وحركيتها في النبات

العنصر	الرمز الكيميائي	الصورة القابلة للامتصاص	تركيزه في التربة%	تركيزه في النبات%	حركته في النبات
الكربون	C	CO_2	---	45	عالي الحركة
الهيدروجين	H	H_2O	---	6	عالي الحركة
الأكسجين	O	O_2 H_2O	46,7	45	عالي الحركة
النيتروجين	N	NO_3^- NH_4^+	0 ,05	2 ,5	عالي الحركة
الفوسفور	P	$H_2PO_4^-HPO_4^{--}$	0,17	0,2	عالي الحركة
البوتاسيوم	K	K^+	2 ,6	1	عالي الحركة
الكالسيوم	Ca	Ca^{++}	3 , 6	0 ,5	غير متحرك
الماغنسيوم	Mg	Mg^{++}	1, 6	0 , 2	عالي الحركة
الكبريت	S	$S0_4^{--}$	0,250	0.1	بطئ الحركة
الحديد	Fe	Fe^{3+} Fe^{2+}	5 ,1	0, 01	بطئ الحركة
المنجنيز	Mn	Mn++	0 ,005	0 ,005	بطئ الحركة
الزنك	Zn	Zn++	0, 01	0000 6	متوسط الحركة
النحاس	Cu	Cu^+ Cu^{++}	0 ,002	0 , 002	بطئ الحركة
البورون	B	H_3B0_3	0 , 01	0 , 002	غير متحرك
الموليبدنيوم	Mo	MoO_4--	,00002	,00001	عالي الحركة
الكلور	Cl	Cl^-	أثار	0 , 01	بطئ الحركة

5- تقسيم العناصر حسب اعراض نقصها

1- عناصر تشترك في ظهور أعراض نقصها على الأوراق المسنة أولا وهي الفوسفور البوتاسيوم المولبيدنيم والمغنزيوم الكبريت والنحاس والنتروجين .

2- عناصر تشترك في ظهور أعراض نقصها على الأوراق الحديثة : وهي الحديد والمنغنيز الزنك ولا يحدث جفاف في أي جزء من الورقة

6- التصنيف حسب الطبيعة الكيميائية للعناصر :

يمكن تصنيف العناصر حسب طبيعتها الكيميائية إلى:

أ -الكاتيونات :Ca ، Cu.، Zn، Mn، Fe، Mg،K

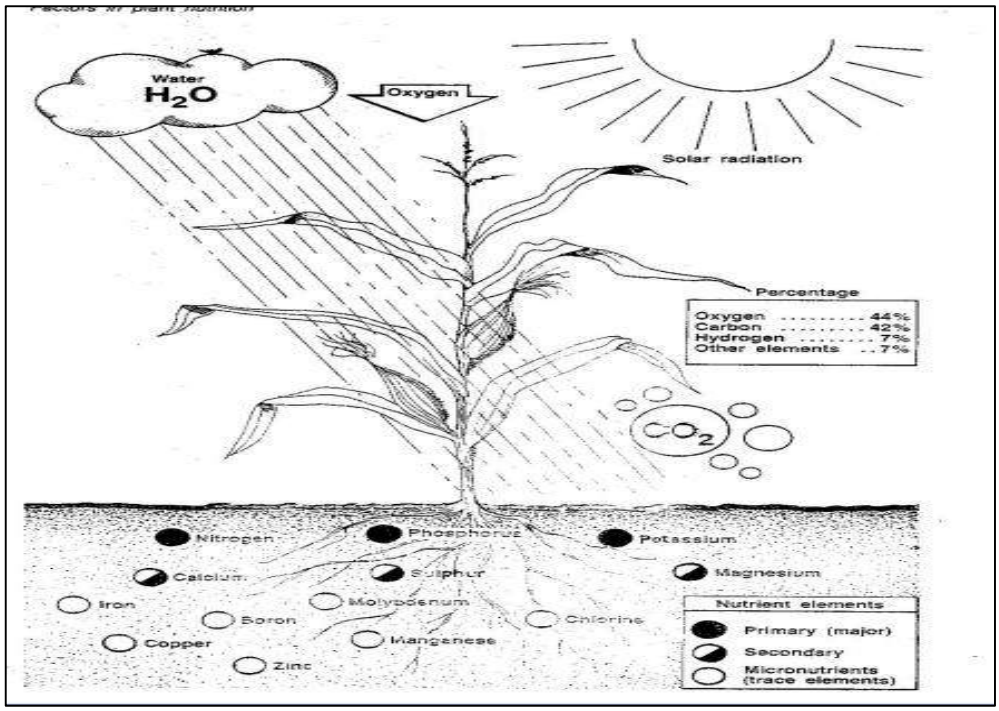
ب -الأنيونات SO4، H2PO4، NO: 3

ج -العناصر المعدنية ، Zn، Mn، Fe، Mg،Ca : Cu،K

د العناصر اللامعدنية ، Mo، B، S، P، : N- Cl ،

5-3 - مصادر العناصر الغذائية عند النبات وصور امتصاصها

تحصل النباتات على غذائها طبيعيا من ثلاث مصادر أساسية وهي الماء الهواء التربة (الوثيقة 12) تتمثل في



الوثيقة 12 مصادر العناصر الغذائية

1- الجزء المعدني من التربة:

يمثل هذا الجزء من التربة حوالي 90% . ينتج من التجوية الطبيعية والكيميائية والحيوية للصخور والرواسب التي تتكون منها الارض مشكلة المعادن الاولية والثانوية تصنف حسب احجام الحبيبات والطبيعة الكيميائية الى مجاميع الرمل والسلت والطين .

1-1 المعادن الاولية :

تتمثل في المعادن التي تنتج عن التجوية الطبيعية ولم يتغير تركيبها الكيميائي عن الصخر الام وتمثل الجزء الخشن من التربة (الرمل والسلت 0.2-0.5 مم) نذكر من هذه المعادن

معادن الكبريتات :

من اهمها الجبس (كبريتات الكالسيوم) $\mathbf{CaSO_4 \cdot 2H_2O}$ والبيريت (كبريتات الحديد) $\mathbf{Fe_2(SO_4)_3}$ وهما مصدر الكالسيوم والحديد والكبريت .

معادن الفوسفات :

اهمها الاباتيت وهي مصدر الفوسفات (فوسفات الكالسيوم) في التربة التركيب العام له ($Ca_5(PO_4)_3(OH,Cl,F)$)- $Ca_{10}(PO4)_6(OH)_2$)

معادن الكربونات مثل الكالسيت كربونات الكالسيوم $CaCO_3$

- الماغنسيت كربونات المغنزيوم $MgCO_3$
- - الدولوميت كربونات الكالسيوم والمغنزيوم $CaMg(CO3)2$
- - سيدريت كربونات الحديد $FeCO3$
- **معادن الهيدروكسيد** تكون في صور مساحيق نذكر منها

مثل أكسيد الالمنيوم Al_2O_3

هيماتيت Fe_2O_3

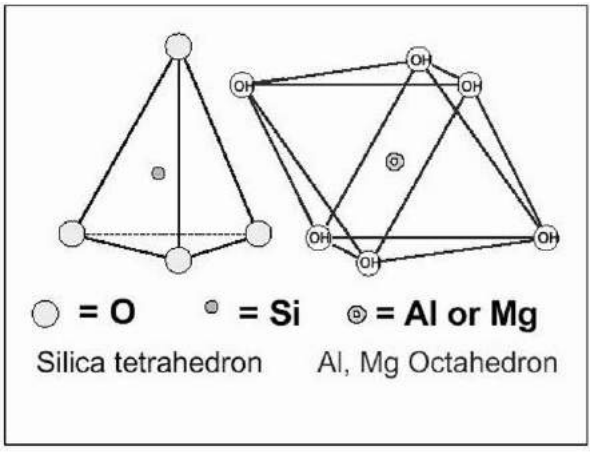
مغناتيت Fe_3O_4

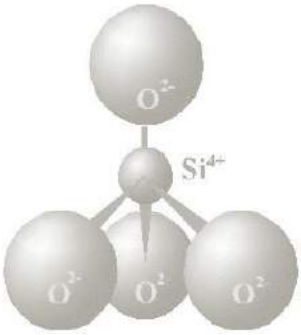
2- المعادن الثانوية :

وهي المعادن التي تنتج من التجوية الكيميائية للمعادن الاولية مما ينجم عنها تغير في التركيب الكيميائي للصخر الأم ، تتواجد غالبا في الجزء الناعم الذي يقل قطره عن 2 ميكرون ويطلق عليه

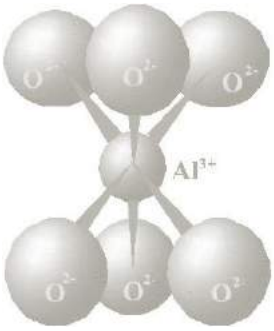
بالطين ذات البنية الوريقية . يتكون الطين من وريقات تركيبها الكيميائي وسمكها والتباعد فيما بينها يختلف حسب نوع المعدن والحاله المميهة حيث يتراوح سمك الوريقات 7- 20 انغستروم .

تتكون الوريقات كيميائيا من ذرات السليس (si) محاطة بالأوكسجين وأخرى من الالمنيوم (Al)محاطة بالأكسجين والهيدروكسيد تمثل شكلا رباعيا او ثماني (الشكل 2)حيث توضع الوريقات والبعد فيما بينها يميز أنواع الطين ونذكر منها الوثيقة 13





االتتراهيدرا



الاوكتاهيدرا

الوثيقة 13 البنية الرباعية والثمانية لوحدات معادن الطين

معادن الكاولنيت : تنتمى الى مجموعة معادن الطين مزدوجة البناء وتضم الكاولينيت والديكريت والناكريت وتركيبها الكيميائى $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ تركب الكاولينيت من وريقتين تتبادلان مع بعضهما البعض الوريقة الاولى صفيحة سيليكا (Si2O5)ووريقة اللومينا (Al2(OH)4) ويطلق عليها صفيحة جيبسيت ويتضح ذلك فى الوثيقة 14 التالي :

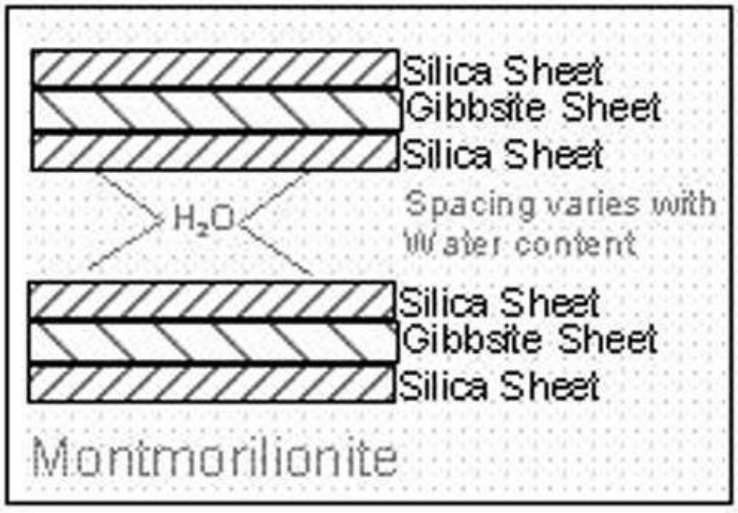
الوثيقة 14 بينية معدن الكاولنيت

ويمتاز الكاولينيت عن بقايا مجموعة معادن الطين بالمميزات التالية-:

يتميز الكاولينيت بدرجة نقاوة عالية حيث لا يحتوى على الحديد ونتيجة لذلك فانها لا تحتوى بين صفائحها على شحنات سالبة تستطيع جذب المياه وتكون الصفائح مرتبطة ببعضها بواسطة حلقات الهيدروجين القوية ولذلك لا تستطيع المياه ان تفصل هذه الصفائح بسهولة ولذلك تعد بلورة الكاولينيت ثابتة الى حد كبير ويصعب تشتيتها وغالبا ما تستطيع المياه ان تفصل هذه البلورات عند تجمع المياه فوق سطح هذه البلورات لفترة طويلة. فهو اقل سعة تبادلية (0.01 – 0.1) مول / كغ

.مجموعة المنتمورلونيت -:

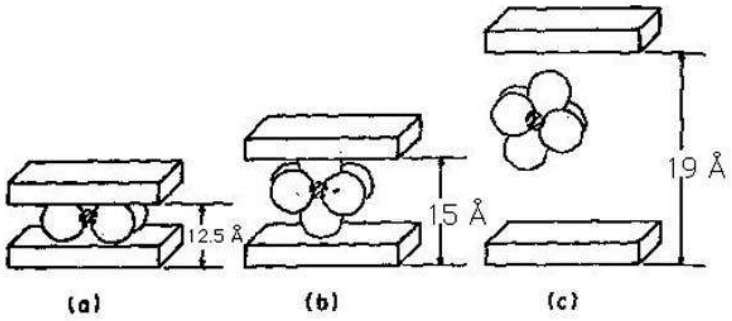
تتكون بلورات المنتمورلونيت الصفائحية من وحدات متبلورة وتتكون هذه الوحدات من صفيحتى سيليكا مع صفيحة الومينا كما بالشكل مرتبطة فيما بينها بشدة بواسطة ذرات اكسجين مشتركة ولذلك يكون تشابك من نوع 2:1 الوثيقة 15



الوثيقة 15 بنية معادن المنتمورلونيت

غير ان الترابط بين وحدات مجموعة المنتمورلونيت يعتبر ضعيفا وتبعا لذلك فان البلورات تكون قادرة على التمدد بسهولة وكذلك قابلة للكسر صناعيا حيث تفتت الى حبيبات تقترب من حجم

الوحدات البنائية الفردية ويزداد حجم بلورة المنتمولونيت زيادة كبيرة جدا تتضح فى الوثيقةر 16 التالية



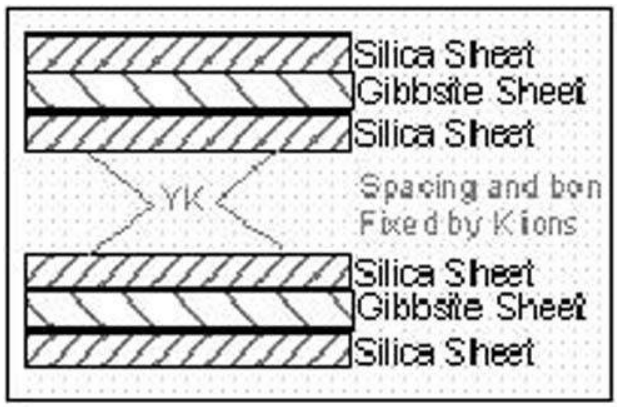
الوثيقة 16 تمدد معدن المونتمولونيت

اهم خصائص المنتمورلونيت:

نظرا لوجود ايونات موجبة بين وحدات بلورة المنتمورلونيت مثل ايونات الصوديوم لذلك تستطيع المياه ان تتسرب الى البلورة بسهولة ويسر مجذوبة الى هذه المعدن بواسطة مجموعات الهيدروكسيل السالبة وتؤدى زيادة المياه المتسربة بين الوحدات الى تباعد المسافات بين الطبقات وزيادة حجم البلورة ، ونتيجة لكل ما سبق فان المنتمورلونيت يمتاز بدرجة عالية جدا من الليونة والالتصاق والانكماش الشديد عند الجفاف وقابلية حبيباته للتشتت والتفرق. كما يكون ذات سعة تبادلية عالية تصل الى 1.2 مول / كغ

مجموعة الايليت-:

لقد تكونت مجموعة الايليت نتيجة عملية التجوية المستمرة للميكا الاولية الموجودة فى الصخور النارية ولها تركيب يشبه تركيب المنتمورلونيت فى البناء كما بالشكل المقابل ومع ذلك فان حبيباتها اكبر نسبيا كما ان 15 %من السيليكون مستبدل بالالمونيوم وتغطى فروق التكافؤ الناشئة عن هذا الاحلال بالبوتاسيوم الى درجة كبيرة وترتبط ذرات البوتاسيوم بين الوحدات البنائية وتعطى ثبات واضحا فى نسيج البلورة وعلى ذلك فان بلورات الايليت اقل قابلية للتمدد من المنتمورلونيت عند امتصاصها الماء، سعته التبادلية تصل الى 0.4 مول /كغ . الوثيقة 17



الوثيقة 17 توضح بنية معادن الايليت

3- **اهمية معادن الطين :**

تمثل الجزء الغروي الاقل من 2 ميكرون

تملك مساحة سطحية عالية

تملك شحنات سالبة تمكنها من ادمصاص وتثبيت العناصر الغذائية

عالية الاحتفاظ بالماء

تحافظ على ثبات بناء التربة

تحتوي ضمن تركيبها على العناصر الغذائية .

2- **الجزء العضوي** من التربة "95% N، 60% P، 80% S".

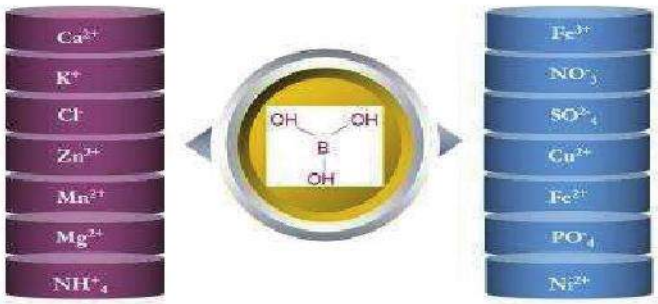
3- **الأسمدة** سواءً كانت عضوية أو معدنية.

4- **الأمطار** "الكبريت والنيتروجين"

II- صور العناصر الغذائية القابلة للامتصاص :

تتيسر العناصر الغذائية للنبات على شكل مركبات أو ايونات فيكون الاوكسجين والكربون على هيئة غازات في الجو والهيدوجين يمتص من الماء اما العناصر الاخرى تتيسر في التربة على أيونات أو جزيئات كما هي موضحة في الجدول التالي بالاضافة الى المعقدات المخلبية للعناصر الغذائية الصغرى

ويلاحظ أن كل العناصر الضرورية التى يحتاجها النبات يتم إمتصاصها فى الصورة الأيونية لها ماعدا عنصر البورون كما يتضح من الشكل التالى:-



العوامل التي توثر على جاهزية العناصر الغذائية في التربة وامتصاصها من قبل النبات :

1- درجة تفاعل التربة (PH) :

يعتبر PH التربة من أهم العوامل المؤثرة على جاهزية العناصر الغذائية في التربة ، حيث تكون العناصر الغذائية اكثر جاهزية في الترب التي تميل الى الحامضية .

فعنصر الفسفور يترسب تحت الظروف الحامضية على هيئة فوسفات الحديد ($FePO_4$) وفوسفات الألمنيوم ($AlPO_4$) . أما تحت الظروف القاعدية يترسيب الفسفور بهيئة فوسفات الكالسيوم. وهذه الصور قليلة الذوبان وغير جاهزة ولا يستفيد منها النبات.

كما نلاحظ إن النترات تمتص بسهولة في الظروف الحامضية في حين NH4 يمتص بكفاءة أعلى تحت الظروف القاعدية وعند PH بحدود 7 تتساوى الصورتين.

2-المادة العضوية : Organic matter

للمادة العضوية تاثير مباشر على حموضة التربة ، عند تحللها تؤدي إلى خفض PH ، إضافة إلى إنها مصدر جيد للعديد من العناصر الغذائية مثل (S,P,N) . وتكون المركبات المخلبية مع كاتيونات العناصر، وتشكل البناء الحبيبي مع الكالسيوم مما يؤدي الى تحسين الخواص الفيزيائية والبيولوجية للتربة.

3- كاربونات الكالسيوم CaCo3 :

تؤثر كاربونات الكالسيوم مباشرة على PH التربة كما إنها مصدر مهم للـــ Ca الذي يشارك المادة العضوية في عمليات بناء التربة .

وله تأثيرات سلبية عديدة في التربة الكلسية منها أن وفرة كاربونات الكالسيوم (7% فأكثر) تؤدي الى ترسيب الفسفور بصيغة Ca3(Po4)2 غير الجاهزة . اضافة الى أن الكالسيوم يميل إلى الاتحاد مع المواد المخلبية مما يؤدي خروج الحديد حرا إلى المحلول والذي سرعان ما يتحول إلى هيدروكسيد ألحديديك Fe(OH)3 غير الصالح لتغذية النبات والذي يسمى بالشحوب اليخضوري الكلسي والناتج من نقص عنصري الحديد والفسفور وخاصة الحديد . بالاضافة الى العناصر الصغرى الاخرى .

4- نوع التربـــــــــة :

يتحكم نوع التربة الى حد كبير بمحتواها من العناصر الغذائية وبجاهزية هذه العناصر . وذلك بسبب تركيب هذه التربة ونسجتها فالتربة الناعمة ذات المحتوى العالي من الطين تعاني في الغالب من الظروف اللاهوائية (الغدقة) وتسود فيها ظاهرة الاختزال مما يؤدي الى تواجد الحديد بصورة Fe^{+2} والـــ Mn^{+2} المختزل (الصورة الثنائية) وهي الصورة الجاهزة والقابلة للامتصاص بواسطة جذور النبات لذلك فقد تصل الى حد السمية .

كما ان فقد النتروجين يزداد بعملية (Denitrification) كما يحدث في حقول الرز .

أما في الظروف الهوائية فيكون العكس حيث الحديد في الصورة الثلاثية والمنغنيز بالصورة الرباعية أو سداسية التكافؤ وهما صور غير جاهزة

ومن الصفات الأخرى المتأثرة بنوع التربة هو محتواها من الماء حيث إن الترب الطينية ذات محتوى عالي من الماء وان سعتها الأيونية التبادلية (CEC) أعلى من الترب الرملية أي ان الترب الرملية ذات محتوى اقل من الكاتيونات خاصة Ca++, Mg++, K+ , Na+ .

5 - أحياء التربـــــــــــة :

إن لأحياء التربة دورا هاما في توفير وجاهزية العناصر الغذائية من خلال الـــ النترجة وعكس النترجة و تشكيل العقد البكتيرية في النباتات البقولية وفي زيادة امتصاص العناصر الغذائية وكذلك دورها في هدم وانحلال المادة العضـــوية بعملية المعدنة وتحرير العناصـــر الغذائية الجاهزة للامتصاص الى محلول التربة .

كما ان هناك بكتريا الكبريت المسؤولة عن أكسدة الكبريت المعدني الى صورة الكبريتات التي تمتص من قبل جذور النبات على هذه الصورة .

العوامل التي تاثر على إمتصاص العناصر الغذائية

عملية الامتصاص محصلة لعوامل كثيرة التعقيد والتداخل فيما بينها وهي

I- عوامل تتعلق بالعنصر الغذائي

1 الصورة الكيميائية العنصر

تتواجد العناصر الغذائية في سورة متباينة في محلول التربة بعضها في مركبات عضوية لكن يمتصها النبات في صورة معدنية بسيطة ولذلك فرغم غنى التربة

بعنصر النتروجين في صورة عضوية لا يمكن للنبات امتصاصه[استغلاله] إلا جزء صغير منه و تتحكم فيه قابلية تحول النتروجين العضوي إلى

معدني[أمونيوم. نترات] و كذلك العناصر الأخرى التي هي في صورة رواسب 2 تركيز العنصر وجد أن مقدار ما يمتصه النبات من عنصر ما يزداد بزيادة التركيز الصورة القابلة للامتصاص [تجديد التربة]

3 نظام توزيع العنصر في التربة

يتضح ذلك من خلال طريقة إضافة العنصر كسماد فاضافته نشرا على السطح تعطي نظاما لتوزيع يختلف عن إظافته مركزا بجوار الجذر أو خلطه في التربة

إلى عمق معين، وينعكس ذلك على المقدار الذي يتمص النبات من العنصر

4 تركيز ونوع الأملاح في بنية النمو

من المعروف زيادة تركيز الأملاح في وسط النمو تعطل نمو النبات والحد من امتصاص بعض العناصر الغذائية ويختلف التاثير بإختلاف الأيونات مثال كربونات الكالسيوم

II ـــ عوامل تتعلق بالوسط

1 صورة وتركيز وتوزيع العناصر الغذائية الأخرى: تأثير التضاد بين العناصر

2 حموضة التربة: بزيادة أو نقص عنصر H أثر كبير على مقدار ممتص من عنصر ما. وقد وجد أن زيادة امتصاص البرون بانخفاض[PH]، بينما في التربة الحامضية يزداد امتصاص الفوسفور بمعالجة الحموضة بإضافة[CaCo3] لأن الفسفور يكون متيسرا جدا في الوسط المعتدل ويترسب في الوسط الحامض أو القاعدي مثلا عنصر [المولبيديوم].

3 المحتوى الرطوبي للتربة

محتوى الماء بالتربة له تأثير كبير على قدره النبات لإمتصاص العناصر الغذائية

ـ انخفاض امتصاص البوتاسيوم بنسبة[15ـــ45%] عندما تنخفض نسبة الرطوبة بالتربة من سعة حقلية40% إلى نحو30%

ـ انخفاض امتصاص الفوسفور في التربة إلى14% و بانخفاض الرطوبة إلى نصف السعة الحقلية

4 الظروف الجوية المحيطة بالنبات:

تؤثر درجة الحرارة والرطوبة والتهوية إلى عملية البناء في النبات وبالتالي على امتصاص العناصر كما تؤثر على النتح وبالتالي على الانتقال الكتلي للعناصر

III عوامل متعلقة بالنبات:

1 صفات الوراثية للنباتات والتي تنعكس على التركيب العنصري لها.

2 نوع المحتوى الجذري وانتشاره

3 عدد و مواقع التبادل الأيوني

4 درجه النفاذية للأنسجة الجذر بجانب العمليات الفيزيولوجية للنبات

5 عمر النبات وسرعة نموه و قدرته على المعيشة التكافلية مع كائنات التربة

الفصل الرابع:

التغذية ونمو النبات

لاشك ان الهدف من الزراعة لأي نبات هو الحصول على اعلى حاصل اقتصادي وافضل نوعية وبأقل تكلفة. ولأجل تحقيق هذا الهدف لابد من تهيئة كل الظروف البيئية الملائمة والاهتمام بكل العوامل الاخرى التي تؤثر على هذا النبات وفي مراحل نموه المختلفة.

ان التغذية المعدنية الصحيحة والمتوازنة تلعب دورا مهما الى جانب عوامل النمو الاخرى والكثيرة والتي يمكن اجمالها بالعوامل الوراثية (تحسين وانتخاب افضل الاصناف ذات الانتاجية العالية والنوعية الجيدة عن طريق ادخال الجينات وغيرها) اما العوامل البيئية التي تؤثر على نمو النبات درجة الحرارة والضوء والماء والهواء ونسجة التربة وغيرها.

تبدا دورة حياه النبات بالانبات حيث تتشرب البذور الماء و تنتفخ نتيجة للتشرب مما يهيئ الظروف الملائمة لعملية التنفس. وعند امتصاص البذور للأوكسجين فان المخزون من الكربوهيدرات والدهون واحيانا البروتينات تأكسد الى ثاني اوكسيد الكاربون والماء مما ينتج عنها تحرير طاقة على شكل ATPو NADPH وهذه الطاقة ضرورية لعملية النمو.

ان عضو النبات الاول الذي يتكون بعد عملية الانبات هو الجذير والذي يتطور الى الجذر و يقوم بامتصاص الماء والعناصر الغذائية وبعد ذلك يبدا نمو اجزاء النبات العليا الهوائية وعندما تخترق الطبقة السطحية من التربة تبدا عملية تكوين الكلوروفيل بمساعدة الضوء . المواد المتمثلة من عملية التركيب الضوئي في الاوراق القديمة تكون المصدر التجهيزي للأنسجة الحديثة التكوين ويستمر تجهيز الاوراق الحديثة التكوين بالكربوهيدرات. ويتبع الطور الخضري طور التكاثر والذي يبدا بتكون الازهار وعندما يحدث اللقاح والاخصاب يبدا تكوين البذور والثمار عندها ينهي النبات الحولي دورة حياته.

1- معدل النمو وتجهيز العناصر الغذائية

يعرف النمو بانه النشوء او التحول التدريجي الذي يحصل للنبات من بدء حياته والتي تبدا بالإنبات وحتى مرحلة النضج الكامل والذي يكون مصحوبا بزيادة الوزن الجاف للنبات أو بزيادة حجمه او طوله أو قصره. كما يمكن تعريف النمو بانه زيادة المادة البروتوبلازمية الحية للكائن الحي أو زيادة عدد خلاياه.

النمو الخضري يتكون بصورة رئيسة من نمو وتكوين الاوراق والسيقان والجذور الحديثة. والانسجة المرستيمية لها عمليات حيوية بروتينية نشطة والمواد الناتجة عن عمليات التركيب

الضوئي والتي تنتقل الى هذه الانسجة تستعمل بصورة رئيسة في تكون الاحماض النووية والبروتينات. ولهذا السبب فانه خلال الطور الخضري تسيطر التغذية بالنتروجين لدرجة كبيرة على معدل نمو النبات.

المعدل العالي للنمو يحصل فقط عندما تتوفر كميات وفيرة من النتروجين الجاهز. عندما تكون التغذية بالنتروجين غير كافية فان دورة حياة النبات تقصر حيث ان النبات ينضج مبكرا ويهذا تكون النتيجة ضعف الحاصل الاقتصادي. من اجل النمو الاقتصادي يجب ان يكون هناك موازنة بين معدل تكون المواد الناتجة من عملية التركيب الضوئي ومعدل تمثيل النتروجين. تحت الظروف التي يحصل فيها نشاط عال للتركيب الضوئي (شدة ضوء عالية: درجة حرارة مثلى» ولا يوجد نقص للماء) يجب ان تكون مستويات التغذية بالنتروجين عالية أيضا والعكس صحيح. بصورة عامة يمكن ان يستنتج بان احتياجات العناصر المعدنية خلال فترة النمو الخضري يمكن ان تقدر بصورة رئيسة بمعدل تمثيل ثاني اوكسيد الكاريون اذا كان معدل تكوين المواد الناتجة من عملية التركيب الضوئي عاليا فان كمية العناصر الغذائية غير العضوية يجب ان تكون ايضا عالية من أجل تحويل المواد الناتجة من عملية التركيب الضوئي الى مواد حيوية مختلفة هناك حاجة اليها في النمو الخضري.

2- التغذية وتجاوب الحاصل

المواد الناتجة من التركيب الضوئي يمكن ان تستهلك في النمو الخضري وفي تكوين المواد المخزونة وفي التنفس. ان جزء المواد المتكونة في التركيب الضوئي الذي يتجه الى هذه المستقبلات الثلاث يعتمد على العمر الفسيولوجي للنبات. في نمو البادرات الحديثة التكوين يكون هذا الجزء من المواد سائدا وانه اكثر من نصف مواد التركيب الضوئي المتمثلة تستعمل للنمو في النباتات الناضجة الجزء الكبير والاساسي من مواد التركيب الضوئي تستعمل في تكوين مواد الخزن خلال فترة ملء الثمار والبذور.

3- التغذية المعدنية ونوعية الحاصل

النوعية تشمل كل صفات الجيدة والمرغوبة التي يزرع من اجلها النبات» وليس من السهل تعريف النوعية أو قياسها حيث ان كثيرا من الصفات النوعية مثل الطعم أو المذاق او الرائحة اوالصلابة او الطراوة او سهولة او صعوبة الهضم وغيرها من الامور التي يصعب في كثير من الاحيان قياسها أو التعبير عنها كما ان التعامل معها يكون من الصعوبة بمكان عندما يكون الهدف من استخدام التغذية المعدنية هو تحسين النوعية.

كما ان النوعية تختلف حسب الغرض الذي يزرع من اجله النبات» فمثلا الشعير المزروع لغرض التخمر يجب أن لا تزيد نسبة البروتين فيه عن 7 تختلف نوعيته عن الشعير المزروع لغرض العلف للحيوانات يفضل زيادة نسبة البروتين.

وبالمثل فان الكتان المزروع لغرض الحصول على الزيت منه يختلف عن الكتان المزروع لغرض الحصول على الالياف ففي حالة الكتان المزروع لغرض الحصول على اليافه يفضل زيادة عدد السيقان وقوتها وهذا يعني ان الكثافة النباتية هنا تكون مطلوبة ولا يهمنا حاصل البذور وعلى العكس من ذلك بالنسبة للكتان المزروع لغرض الزيت فلا يهمنا عدد السيقان بل يهمنا الحاصل من البذور» كما ان البطاطا المخصصة لصناعة النشا تختلف عن تلك المخصصة لغذاء الانسان وعلاوة على ما تقدم فان التغذية المعدنية في حالة عدم ملائمتها سواء بالزيادة او النقصان قد تسبب تشوهات بسبب نقصها او السمية بها بما قد يؤثر سلبا على شكل او مظهر او لون الحاصلات الزراعية.

ان العوامل الوراثية تلعب دورا مهما في تحديد النوعية كما ان المناخ ومستوى التغذية ونوعية

المغذيات ووقت اضافتها تلعب دورا بلا شك.

ان محتوى الكاربوهيدرات في الانسجة الخازنة مثل الحبوب والثمار والجذور والدرنات يعود الى نشاط عملية التركيب الضوئي وكذلك الى معدل انتقال نواتجها الى الاجزاء الخازنة ان كلا من الفسفور والبوتاسيوم يحفز عملية التركيب الضوئي كما انهما مهمان في عملية انتقال نواتجها من

الاوراق الى الاجزاء الخازنة ولذلك يجب الاهتمام بهما وضرورة توفيرهما في حالة محاصيل

الحبوب والثمار والجذور والدرنات.وسنتناول باختصار العلاقة بين التغذية المعدنية ونوع الحاصل محاصيل الحبوب يعد النتروجين ضروريا للحصول على حاصل عالي ذو نوعية جيدة ويعد حيث تستعمل الدفعة الاخيرة من النتروجين لتحسين نوعية الحبوب اي زيادة نسبة البروتين فيها.

ان زيادة الكميات من النتروجين تؤدي الى زيادة النمو الخضري وتزيد من عملية الرقاد وقد تؤدي الى تقليل الحاصل ورداءة نوعيته والى قلقة نسبة الكربوهيدرات فتصبح الحبوب صغيرة وضامرة ونقصان عدد الحبوب في السنبلة (السنابل تكون قصيرة).

4- المحاصيل الجذرية والدرنية

البوتاسيوم يحفز عملية التركيب الضوئي وانتقالها نواتجها من الاوراق الى درنات البطاطا وجذور البنجر السكري وعليه فان المحتوى العالي من النشا في درنات البطاطا يعتمد على التغذية الجيدة بالبوتاسيوم ونوعية السماد البوتاسي تلعب دورا مهما في ذلك، فكبريتات البوتاسيوم هي الأفضل لان كلوريد البوتاسيوم وبسبب الايون المرافق الكلوريد يعرقل عملية انتقال الكاربوهيدرات من الاوراق الى الدرنات وان الفسفور مهم ايضا في نوعية النشا لأنه يزيد من عملية الاسترة من ناحية ومن ناحية اخرى تحصل على نشا ناصح البياض.

ان زيادة السماد النتروجيني سواء في بداية الزراعة او في حالة الدفعة الاخيرة منه تؤدي الى زيادة النموات الخضرية وكذلك الى زيادة المركبات الامينية فتؤخر عملية النضج وتقلل من نسبة السكر وكذلك الحال مع زيادة اضافة البوتاسيوم.

ان نوعية البنجر السكري لا تتأثر فقط بالتغذية المعدنية ولكن وجد ان شدة الاضاءة العالية خلال الاسابيع الاخيرة من نمو النبات مع كمية مناسبة من الماء مهمة في هذا المجال كما ان زيادة الاملاح تقلل من عملية البلمرة للسكريات وبالتالي تؤدي الى خفض نسبة السكر.

ان نقص البورون يؤدي الى ظاهرة القشور على درنات البطاطا لأهمية البورون في عملية المكننة كما يؤدي نقص البورون الى تعفن جذور البنجر السكري ان نقص البوتاسيوم يؤدي الى ظهور ظاهرة الاسوداد عند قطعها او طهيها.

المحاصيل الزيتية

ان زيادة النتروجين تؤدي الى زيادة نسبة البروتين» كما ان زيادة البوتاسيوم تؤدي الى زيادة نسبة الكاربوهيدرات وبالتالي فانهما يقللان بدورهما نسبة الزيت لان هناك علاقة ارتباط سلبية بين البروتين أو نسبة الكاربوهيدرات ونسبة الزيت.

ان التغذية الجيدة بالفسفور وكذلك المستوى الملائم من كل من النتروجين والبوتاسيوم أساسية لزيادة نسبة الزيت» لان المستوى المنخفض من النتروجين والبوتاسيوم في المراحل الاخيرة من النضج يقلل من فرصة ملء البذور وبالتالي يقلل من المحتوى من الكاربوهيدرات أو البروتين وهذا يؤدي الى زيادة نسبة الزيت» فهناك علاقة ارتباط سالبة بين كل من المحتوى من الكاربوهيدرات والبروتين ونسبة الزيت» في حين ان تواجد المستوى الملائم من البوتاسيوم والفسفور في مرحلة النضج مهم جدا لدورهما في عملية التركيب الضوئي من ناحية ومن ناحية اخرى في نقل نواتج التمثيل الى البذور فيجب ان يكون هناك توازن والا أدى ذلك الى زيادة نسبة البروتين او الكاربوهيدرات والتي تنعكس سلبا على نسبة البروتين» كما ان عناصر الكالسيوم والبورون ضرورية لإتمام عملية التلقيح والاخصاب والحصول على منتوج الجيد(مثل زهرة الشمس فزيادة التلقيح يعني زيادة عدد البذور في القريص.

محاصيل العلف

ان نوعية العلف تتوقف على درجة الهضم والتي تعتمد على المحتوى من السليلوز والهيموسليلوز واللجنين وكذلك على نسبة البروتين الخام فالعناية بالتسميد النتروجيني تزيد من نسبة البروتين الخام الضروري لنمو الحيوان وانتاج الحليب والبيض والصوف. كما أن انتاج الحليب يحتاج الى كميات لابأس بها من عناصر الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم

5- دور التغذية المعدنية (التسميد) في مقاومة النبات للأمراض:

- إن مد النبات بجميع احتياجاته من العناصر الغذائية يزيد من إنتاجه.

- نقص النتروجين يؤدي إلى تعرض النباتات لهجمات الطفيليات» أما زيادته تجعل أنسجة النبات رخوة أسفنجية وتزيد تعرضه للإصابة بالفيروسات والبكتيريا.

- نقص الفوسفور يؤدي لتعرض النباتات للإصابة بالفطريات الضارة.
- نقص البوتاسيوم يخفض إنتاج النشاء مما يجعل الجذر الخلوي أكثر دقة وشعيرات الأوراق ضعيفة
- نقص الكالسيوم يسبب ضعف عوامل القوة بالنبات مما يسهل دخول هيفات الفطر.
- نقص السيليكون يؤدي إلى رقاد النبات بسبب ضعف ساقه.

الفصل الرابع :

II- الاحتياجات السمادية والمائية للنبات

تنمو النباتات بشكل طبيعي دون تدخل الانسان بحصوله على الاحتياجات الغذائية من خلال اعادة التربة خصوبتها تلقائيا من خلال تحلل بقايا النباتات وتفكك الصخور والمركبات الأخرى. وعندما ازدادت حاجة الإنسان للغذاء ، أخذ يستغل الأرض بشكل كثيف من خلال زراعة محاصيل متتالية ومجهدة مما أدى إلى خفض خصوبة التربة وتدني الإنتاج ، هذا ما دفع الانسان الى استعمال الاسمدة الكيميائية بكميات كبيرة بغض النظر عما يحتاجه النبات من العناصر الغذائية أو ما يتواجد منها في التربة مما يؤدي ذلك إلى فقد نسبة كبيرة من هذه العناصر دون أن يستفاد منها النبات و قد تحدث تسمم وتلوث للنبات نتيجة تراكم بعض العناصر الغذائية في التربة. لذلك من الضروري معرفة حالة العناصر الغذائية في التربة و ما يحتاجه النبات من عناصر غذائية خلال دورة حياته

1- تحديد الاحتياجات السمادية للمحاصيل الزراعية

تختلف الاحتياجات السمادية للمحاصيل الزراعية باختلاف نوع المحصول وطبيعة العائد الاقتصادي المراد الحصول عليه وكمية الإنتاج المطلوبة ونوعية العناصر الغذائية المستخدمة . وعلى العموم فان هناك العديد من العوامل المتعددة والمتداخلة التي تؤثر في كمية السماد الواجب إضافته لمحصول ما ومن أهم هذه العوامل مايلي -:

1- نوع التربة ويشمل الخواص الطبيعية والكيميائية ومستوى خصوبتها من العناصر الأساسية الضرورية لنمو النبات.

2- نوع المحصول المراد زراعته.

3 - كمية ونوعية الإنتاج المطلوبة والتي تحقق العائد الاقتصادي من زراعة هذا المحصول

4 - المعاملات السابقة للتربة ونوعية المحصول السابق(الدورة الزراعية المستخدمة

5- كمية ونوعية مياه الري المتاحة وطريقة الري المتبعة.

الطرق المستخدمة لتحديد خصوبة التربة

1- **أعراض نقص المغذي على النبات** إن أغلب طرق تقييم خصوبة التربة تعتمد على القياسات أو الملاحظات التي تؤخذ عن النباتات النامية ، وهذه الطرق تعتبر ذات ميزة كبيرة لكون

جميع عوامل النمو متواجدة في محيط منطقة النمو . هذا وقد تم تحديد أعراض نقص المغذي في النبات بما يلي

- فشل تام للمحصول في بداية الإنبات .
- حدوث إنسدادات في الأنسجة الناقلة في النبات .
- قزم النبات .
- ظهور أعراض النقص المميزة في أوقات مختلفة خلال فصل النمو .
- تأخر النضج أو أن يكون النضج غير طبيعي
- انخفاض في الانتاج مع ظهور أو عدم ظهور النقص

رداءة نوعية الحاصل مع تغيير في مكوناته مثل البروتين ، الدهون ، والنشأ .

2- التحاليل الكيميائية للنبات وأنسجة من النباتات النامية في التربة:

أ- التحليل الكامل للنبات

ومن نتائج التحليل للنبات يمكن الإستدلال عن مدى تجهيز المغذي وارتباطه بكميته في التربة ، ومن خلال الدراسات والبحوث فقد تم تحديد المستويات الحرجة لبعض العناصر الغذائية لعدد من المحاصيل

العناصر الكبرى %	التركيز الحرج	العناصر الصغرى	التركيز الحرج PPM
النتروجين	3 - 6	الزنك	15- 18
الفوسفور	15 - 24	الحديد	60 - 80
البوتاسيوم	2.7 - 3.5	المنغنيز	25 – 50
الكالسيوم	1-4	النحاس	5 - 9
المغنزيوم	2-4	البورون	11
الكبريت	16-23	مولبيدنيوم	1.5 - 3.2

ب - إختبارات النسيج:

هي طريقة تقدير العناصر الغذائية في النبات لنسيج طري قد اعتمدت في تشخيص احتياجات النباتات النامية للعناصر الغذائية خلال فترة نمو معينة ، ومن خلال هذه الإختبارت

يمكن تحديد مستوى العنصر المغذي في النبات ، هذا ولغرض الحصول على نتائج تحليل دقيقة فقد تم تحديد الأجزاء النباتية التي تجري عليها اختبارات النسيج

فالجدول التالي يوضح مرحلة اخذ العينة والجزء الذي يؤخذ لتقدير العناصر الغذائية :

المحصول	ميعاد اخذ العينة	الجزء الذي يؤخذ للتحليل	حجم العينة
الطماطم	بداية التزهير	الاوراق من القمة النامية	لا تقل عن50 ورقة
البطاطا	بداية تكوين الدرنة	الاوراق من القمة النامية	لا تقل عن50 ورقة
الفاصوليا	بداية التزهير	الاوراق من القمة النامية	لا تقل عن 60 ورقة
الخيار	بداية التزهير	اوراق كاملة النمو قرب القمة	لا تقل عن 60 ورقة

يهدف اختبار النسيج وتحليل النبات الى:

- تقييم حالة التربة بالنسبة لتجهيز العناصر
- تشخيص اعراض النقص قبل ان تظهر على النبات
- تقدير تأثير الأسمدة المضافة على تجهيز العناصر الغذائية للنبات وهذا قد يكون مؤشر جيد لتاثير الاسمدة المضافة خلال فترات نمو المحصول
- لتوضيح العلاقة بين حالة المغذي ونمو المحصول
- تحديد البرنامج التسميدي الملائم لنوع التربة

ولاستغلال الجيد للنتائج التحليل إختبار النبات يفضل أن يكون الباحث لديه إلمام جيد بالظروف المحيطة بالنبات مثل : حالة النبات النامي كطبيعة نموه ونشاطه ومقاومته لبعض المؤثرات .. الخ و مستوى المغذيات الأخرى في النبات غير العنصر تحت الدراسة و الإصابة بالأمراض أو الحشرات . و ظروف التربة (التهوية ، الملوحة ، نوع التربة ، رطوبة التربة .. الخ و الظروف المناخية وتأثيرها على النبات علاقة الانتاج بمحتوى المغذي لقد اجريت بحوث عديدة في مجال علاقة الانتاج بمحتوى النبات من المغذي ، حيث أشارت بعض نتائج هذه البحوث الى ان زيادة مستوى المغذي في التربة يزيد من محتوى العنصر في النبات وبدوره يزيد من كمية المنتوج. وهذا ما لوحظ بالنسبة للنيتروجين حيث أن زيادة

عنصر النيتروجين المضاف للتربة قد أدى الى زيادة نسبته في النبات وبالتحديد في ورقة الذرة الصفراء ، اتبعه زيادة في الانتاج

3- الإختبارات البيولوجية :

هي من الطرق المهمة في دراسة متطلبات العناصر الغذائية هي استعمال النبات النامي ، حيث اعتمدت هذه الطريقة في تقدير الحالة الخصوبية للتربة ، وبما أن هذه الطرق تتطلب وقت أكثر مقارنة بالطرق الأخرى لذلك استخدمت طريقة الزراعة بالأصص لتقدير كمية العناصر الغذائية التي يمتصها النبات خلال فترة محدودة ، وربطها بالانتاج ، فهذه الطريقة تعتبر دقيقة في تقييم خصوبة التربة إلا أنها تتعامل مع أعداد محدودة من العينات مقارنة باختبارات التربة التي على العكس من ذلك أي أنها تتعامل مع أعداد أكثر من العينات.

4- **التحاليل الكيميائية للتربة** :

تستعمل هذه الطريقة من الإختبارات لتقدير قابلية التربة على تجهيز المغذيات للنبات ، يمكن أن تتعامل مع أعداد كبيرة من العينات ، إن نتائجها تعتبر مؤشر مهم للتجهيز الكلي للمغذيات في التربة ، ولإجل استخدام نتائج اختبار التربة للتنبؤ عن حاجة النبات للمغذي يجب ربط هذه النتائج بالانتاج وتحديد العلاقة بينهما . ويمكن إختصار فوائد اختبارات التربة بما يلي

- المحافظة على الحالة الخصوبية للتربة
- تحديد الإستجابة بالنسبة لتجهيز المغذيات للترب المختلفة فكلما كان تجهيز المغذيات من قبل التربة أكبر كلما كانت متطلبات الإضافة من الأسمدة أقل ، لذلك حتى نحصل على تقدير جيد للمغذي يجب أن تكون عينة التربة ممثلة للحقل بشكل جيد ، من المعروف أنه ليس هناك حقل متجانس في تربته مما ينعكس على مستوى التجهيز ، لذلك يجب التأكد من أن كمية عينات التربة تكون متساوية وتؤخذ بنفس الطريقة

إن الغرض من التسميد هو لسد حاجة النبات من المغذيات التي لا تستطيع التربة امدادها بها ، اذا فالهدف من اعداد برنامج تسميدي لمحصول أو محاصيل معينة هو لتحديد كمية المغذيات التي يتطلبها ذلك المحصول أو تلك المحاصيل خلال فترة نموه وهذا يقودنا إلى استعمال السماد بأقل كمية ممكنة وأعلى كفاءة محتملة وأفضل حاصل عندما تكون ظروف النمو الأخرى متوفرة بشكل

جيد ، وإن إي برنامج تسميدي يخضع لعدد من العوامل منها صفات المحصول ، صفات التربة الحاصل المتوقع ، نوعية السماد، نوعية مياه الري بالإضافة إلى تكاليف السماد مقارنة بسعر بيع المحصول . الجدول التالي يوضح كمية المغذيات الممتصة من قبل النبات وعلاقتها بالناتج لبعض المحاصيل والجدول التالي يوضح ذلك

الجدول 8 يوضح كمية الأسمدة حسب نوع المحصول

المحصول	الانتاج طن/هـ	كمية المغذيات الممتصة كغ				
		N	P2O5	K2O	Mg	S
البرسيم	14.8	33	33	403	100	336
الذرة الصفراء	180	16	18	54	78	190
درنات البطاطا	500	13	13	296	89	168

وكذلك ما تحتويه التربة من مغذيات جاهزة للامتصاص من قبل المحصول وكذلك الاسمدة العضوية المضافة وحجم ونمو النبات خاصة المجموع الجذري من ناحية سلوكها وتطورها تعتبر عاملاً مساعد في تحديد عمليات التسميد

العناصر السمادية لها تأثيرات ملحية حسب درجة ذوبان السماد وحركته وإمكانية تجمعه على سطح التربة من خلال حركة الماء نحو الأعلى .

الاحتياجات المائية

يقصد بالاحتياجات المائية أنها وحدات الماء اللازمة لإنتاج وحدة واحدة من أنسجة النبات، عند اعتبار الوحدة كيلوجرام واحد من الوزن الجاف فتكون الاحتياجات المائية في هذه الحالة هي كمية المياه اللازمة لإنتاج كيلوجرام من المادة الجافة.

ان ابسط طريقة لمعرفة الاحتياجات المائية للمحصول تكمن في معرفة كمية الماء التي يفقدها النبات عن طريق عمليتي التبخر والنتح حيث قدرة كميات الماء المستخدمة في تركيب انسجة

النبات بين 0.2 – 9 % من الماء الممتص لذا اعتبر الباحثين كمية النتح – التبخر (ET)مرجعا يتم من خلاله تحديد الاحتياجات المائية للمحاصيل حسب المعادلات التالية

طريقة المحصول :

المتطلب المائي للمحصول = معامل المحصول X النتج-التبخر

$$ET_C = ET_0 \ X \ K_C$$

طريقة الغطاء النباتي

المعادلة (4)

الاحتياجات المائية الحقلية = كمية النتح والتبخر المرجعي × النسبة المئوية للغطاء النباتي

1.2× (وهو عامل يرتبط بارتفاع نسبة النتح لدى معظم المحاصيل عن كمية النتح والتبخر المرجعي للعشب)

1.33× (عامل يرتبط بعدم كفاءة نظام الري)

1.1× (عامل يرتبط بمتطلبات الغسل)

0.8× (عامل يرتبط بوجود الملش الاسود)

ولتبسيط الموضوع تستخدم المعادلة رقم(5)

الاحتياجات الحقلية المائية (ملم) = كمية النتح والتبخر المرجعي × النسبةالمئوية للغطاء النباتي × 1.4

وتنطبق هذه المعادلة على الحقول المكشوفة فقط.

الاحتياجات المائية للمحصول في البيوت البلاستكية

الاحتياجات المائية الحقلية = كمية النتح والتبخر المرجعي × %الغطاء النباتي×1.4

0.5 × (معامل انخفاض الاشعة وسرعة الرياح في البيوت البلاستكية)

1.15× (معامل الزيادة في نمو النبات داخل البيوت البلاستكية).....**معادلة (6)**

أو الاحتياجات المائية الحقلية = كمية النتح والتبخر المرجعي × نسبة الغطاء النباتي % × 0.8

معادلة (7)

الاحتياجات المائية بالنسبة للاحواض

بالنسبة للاحواض (26-27-28)

الاحتياجات المائية الحقلية = كمية النتح والتبخر المرجعي × نسبة الغطاء النباتي ×1.4

× 0.6 (معامل انخفاض الاشعة وسرعة الرياح في البيوت البلاستكية)

× 1.15 (معامل الزيادة في نمو النبات داخل البيوت البلاستكية)

معادلة (8)

او الاحتياجات المائية الحقلية = كمية النتح والتبخر المرجعي × نسبة الغطاء النباتي × 0.97

معادلة (9)

العوامل التي تحدد مواعيد وكميات مياه الري للنباتات

- نوع النبات ومراحل النمو ه
- الظروف المناخية السائدة في المنطقة
- طبيعة التربة الزراعية - طريقة الري

الفصل الخامس

آليات انتقال وامتصاص العناصر الغذائية والعوامل المؤثرة فيها

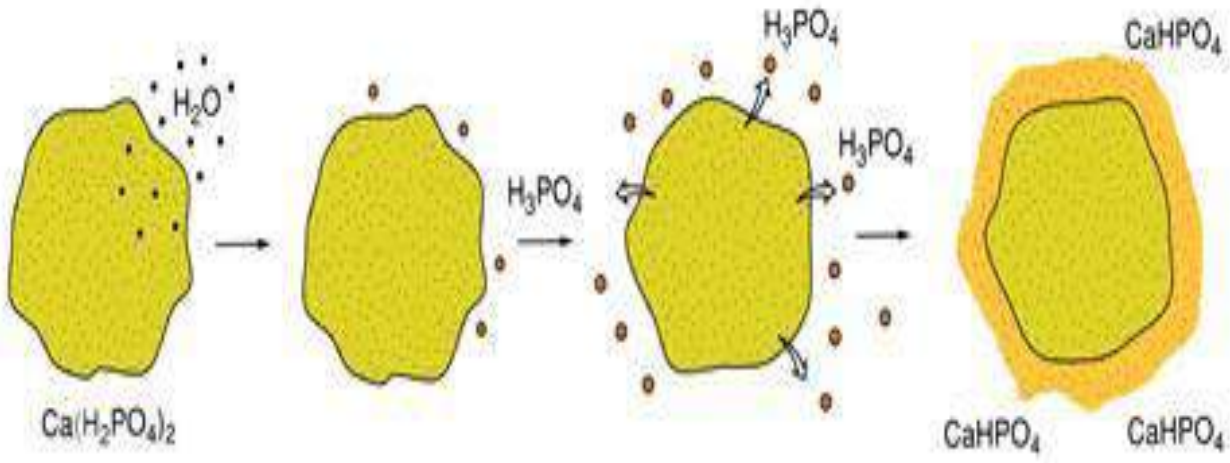
آليات انتقال وامتصاص العناصر الغذائية والعوامل المؤثرة فيها

يتواجد العنصر الغذائي الواحد بعدة صور في التربة ، ويمتصه النبات في الصورة الأيونية الذائبة في المحلول التربة، مع ان الجزء الأكبر منه على صورة غير ذائبة مرتبط بالطور الصلب ، وذلك إما داخله في تركيب المعادن الأرضية ، أو مدمصاً على أسطح الغرويات الأرضية المعدنية منها والعضوية ، أو داخله في تركيب المادة العضوية .

امتصاص العناصر من التربة تعوض بانطلاق كمية من العناصر الموجودة داخل الجزء الصلب أو المتبادلة على أسطحه إلى المحلول الأرضي ليرتفع تركيزها مرة أخرى، وتتم عملية حصول النبات على حاجته من العنصر الغذائي في أربعة مراحل حسب عدة آليات وهي :

1- انتقال العنصر من المادة الصلبة الى محلول التربة

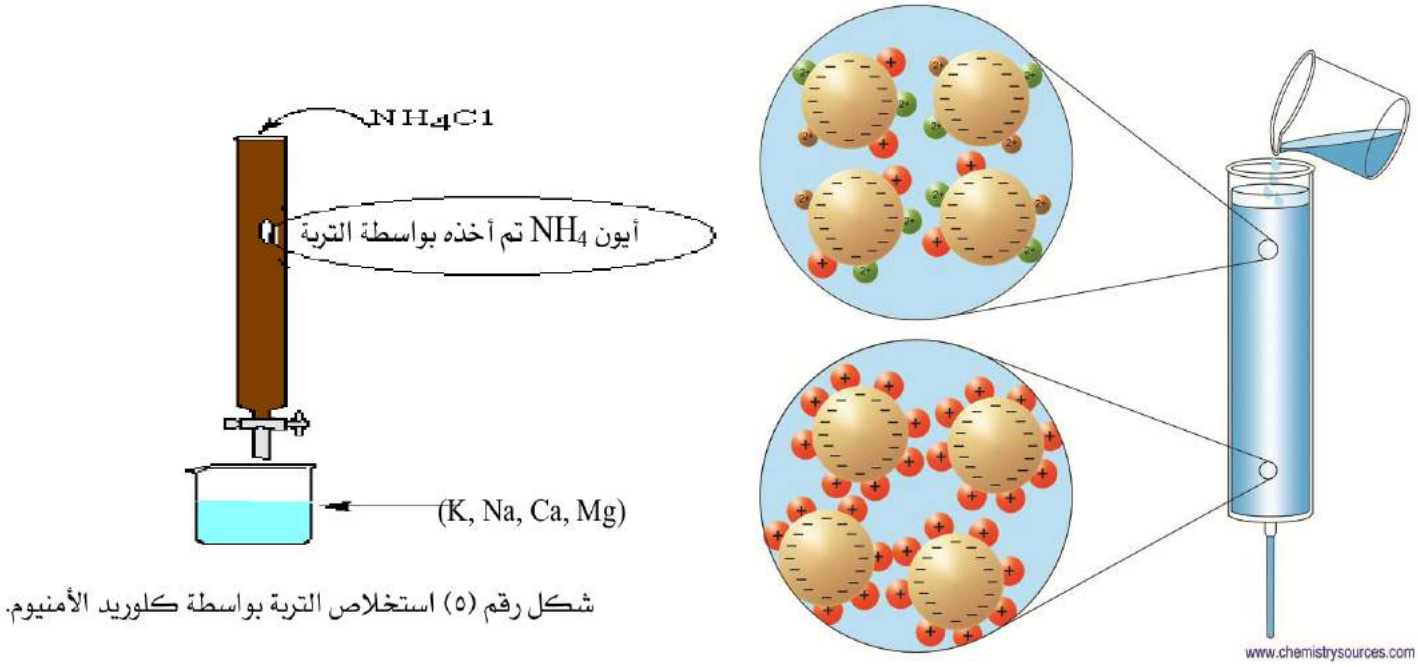
أ - الذوبان : وهى تعبر عن تأثير الماء على انطلاق العنصر من الصورة الصلبة الى الصورة السائلة. وتزداد درجة الذوبان بارتفاع درجة حرارة التربة كذلك يلعب ثانى أكسيد الكربون دوراً هاماً في زيادة درجة ذوبان بعض الأملاح. الوثيقة 17



الوثيقة 17: رسم تخطيطي يوضح آلية الانحلال

ب-**التبادل الأيونى** : حيث يؤدى خروج ثانى اكسيد الكربون من الجذور خلال عملية التنفس الى تكوين حمض الكربونيك وعند إتصال هذا الحمض مع أسطح الحبيبات الغروية للتربة

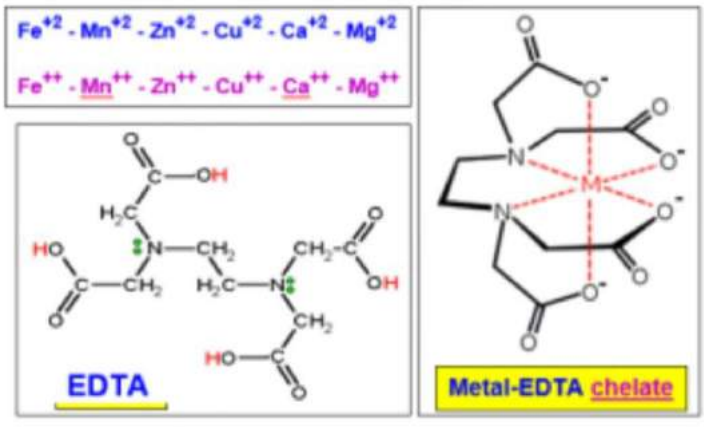
يتم تبادل كاتيون الهيدروجين مع كاتيون آخر لينتقل الملح المتكون بعيداً عن الأسطح الغروية في إتجاه محلول التربة. الوثيقة 18

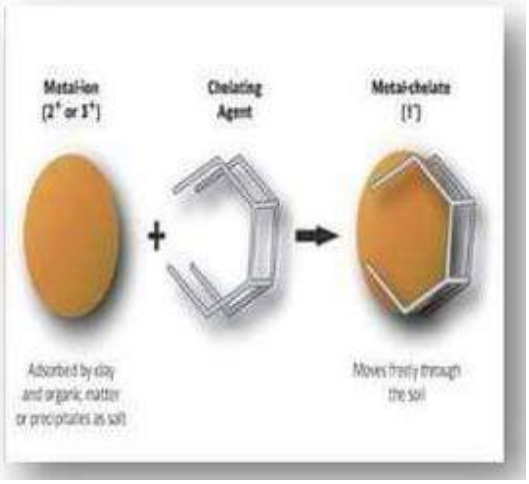


شكل رقم (٥) استخلاص التربة بواسطة كلوريد الأمنيوم.

الوثيقة 18 : توضح آلية التبادل الايوني

جـ - الخلب : وفي هذه الحالة تفرز الجذور بعض المركبات العضوية الذائبة حيث تتحرك في اتجاه المواد الغير ذائبة المحيطة بالجذور ثم ترتبط مع العنصر بقوة أكبر من قوة ارتباطه على الجزء الصلب لتنزعه وتتحرك به مرة أخرى في تجاه محلول التربة. الوثيقة 19





الوثيقة 19 : توضح آلية الخلب

2- إنتقال العناصر من محلول التربة الى منطقة امتصاص الجذور

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

أ – **التدفق الكتلى** : وفيه تنتقل الأيونات في اتجاه الجذر ذائبة في الماء وفي هذه الحالة ترتبط حركة الأيونات باتجاه حركة تيار الماء ويعتبر تيار النتح هو القوة الدافعة لحركة الماء بما يحمله من أيونات في اتجاه الجذر.

ب- الانتشار : حيث تنتقل الأيونات في اتجاه الجذر تبعاً لتدرج التركيز فهى تنتقل من مناطق التركيز المرتفع الى مناطق التركيز المنخفض. وهناك عدة عوامل تؤثر على معدل الانتشار فى الأرض منها :محتوى الأرض من الرطوبة ، قوام الأرض ، المسامية ، مستوى العناصر فى الأرض الوثيقة 20

الوثيقة 20 : توضح آلية الانحلال

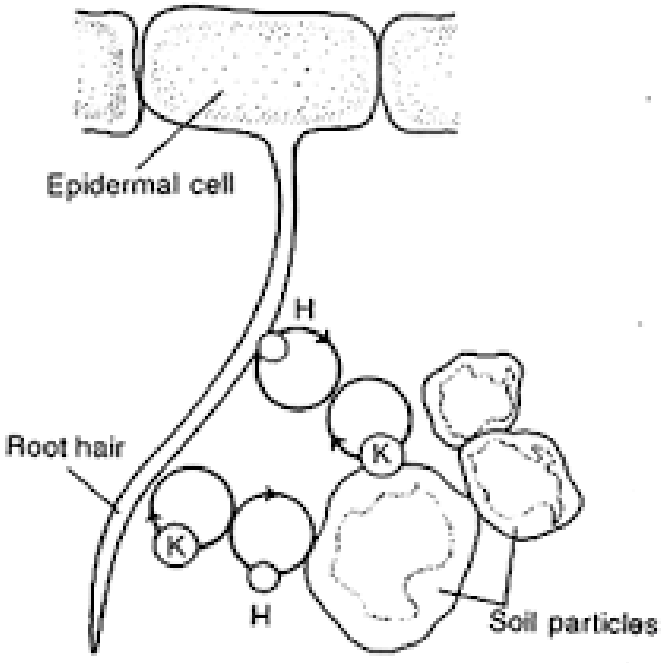
جـ- الاعتراض الجذرى : حيث تنمو الجذور وتمتد حتى مواقع وجود العناصر الغذائية.

د - التبادل بالتلامس :

حسب هذه النظرية فإ ن التماس المباشر بين جذور النبات وغرويات التربة يسمح بالتبادل المباشر بين الهيدروجين +H المنطلق من جذور النباتات والكاتيونات المدمصة على غرويات التربة .عن طريق تحرير الهيدروجين وتشكيل حمض الكربون H2CO الناتج عن اتحاد الماء مع غاز ثاني أكسيد الكربون المتشكل نتيجة تنفس الجذور.

تُشجع الجذور تبادل الأيونات المدمصة على غرويات الطين والدبال، حيث يمكنها ذلك من الحصول على العناصر المعدنية المغذية .يعتمد تحرير الهيدروجين وتشكيل حمض الكربون على شدة تنفس الجذور وبالتالي توافر الأكسجين والكربوهيدرات للجذور إضافة لتأثير حرارة التربة ودرجة الحموضة.

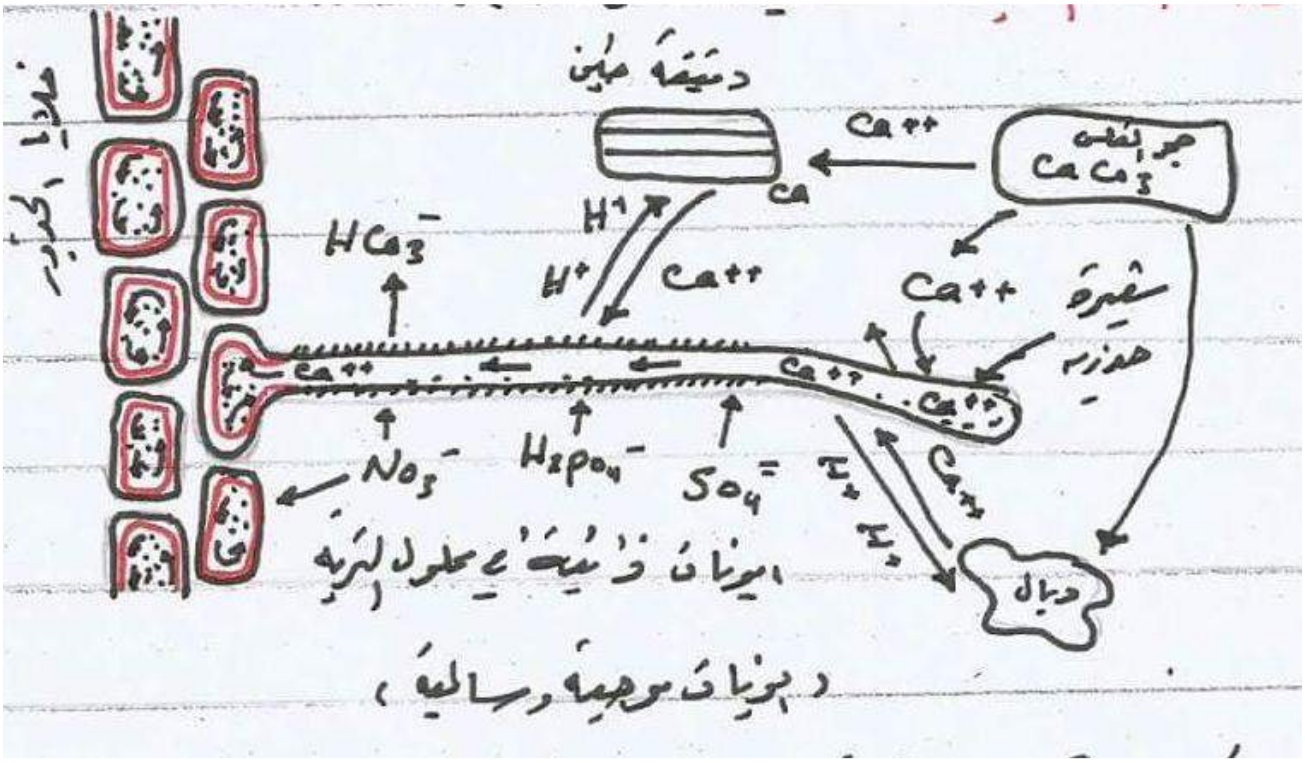
حيث يفترض أن لكل أيون مجال نشاط معين على سطح الجذر والحبيبات الغروية فاذا ما تداخل المجالان أمكن تبادل الأيونات بين الأسطح المختلفة ليحل كل منها محل الآخر. الوثيقة 21



الوثيقة 21 توضح آلية الانتقال بالتماس

. وتفترض هذه النظرية انتقال العناصر الغذائية من على أسطح التبادل (غرويات الأرض) إلى سطح جذر النبات مباشرةً بدون المرور بالمحلول الأرضى ،حيث تعتمد هذه النظرية على أن الأيونات المدمصة على أسطح الغرويات الأرضية أو على جذر النبات يكون لها حجم معين وحيز

يحدث فيه تذبذب هذه الأيونات ، وعند تداخل مناطق التذبذب هذه بعضها مع البعض يحدث تبادل في مواقع الأيونات المدمصة على سطحى الغروى والجذر . والكميه المتبادلة تكون متكافئة وفي الغالب يكون التبادل بين أيونات الهيدروجين (H^+) الذى تفرزه الجذور والأيونات المتبادلة على أسطح الغرويات الأرضية . الوثيقة 22



الوثيقة 22 الاعتراض الجذري والتبادل

3: امتصاص الأيونات بواسطة جذور النبات:

من المعروف بأن معظم الماء والعناصر المغذية المعدنية والتي يحصل عليها النبات من التربة تمتص بواسطة الشعيرات الجذرية والتي تكون مناطق الامتصاص الكبرى فى النباتات ، ويرجع ذلك لأن جدر خلايا بشرتها خالية من المواد الشمعية والكيتينية والتي تعوق عملية الامتصاص . بحيث عندما يصل عنصر ما فى صورته الأيونية إلى أسطح جذور النبات فإن هناك ثلاثة احتمالات يمكن أن تحدث له وهى :

1- إدمصاصه على أسطح خلايا الجذر نتيجة لتوفر الشحنة الكهربائية على هذه الأسطح .

2- اختراقه خلايا الجذر عن طريق الحركة الحرة

3 - تراكمه داخل الخلايا عن طريق ما يسمى بالامتصاص النشط

يتم امتصاص العناصر من محلول التربة الى داخل الجذور عن طريق العمليات التالية :

أولاً : الامتصاص البسيط :وفيه ينتقل الأيون أو الجزىء من المحلول الأرضى ذو التركيز المرتفع منها إلى الجدار الخلوى حيث تركيزها المنخفض نسبياً بدون أى عائق ويتم انتقال الأيونات من المحلول الأرضى إلى الفراغ الحر فى الخلية بطريقتين هما :

1- الانتشار : فمثلاً عند وضع الخلية أو نسيج نباتى فى محلول ملحى ، فنجد 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 .

2 - الادمصاص : نظراً لوجود شحنات سالبة على الجدار الخلوى للجذر نتيجة لوجود مجموعات الكربوكسيل ($R\text{-}COO^-$) فمن الممكن أن تدمص الكاتيونات عليها عن طريق قوى الجذب الإلكتروستاتيكية مما يساعد فى انتقال الكاتيونات من المحلول وتراكمها فى داخل الفراغ الحر ، بينما يحدث تنافر للأنيونات ، ويلاحظ أن هذه العملية لا تحتاج إلى أى عمليات حيوية .

3- اتزان دونان : 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 فى 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. وقد وجد أن هذا الاتزان لا يحدث غالباً كما شرحه Donnan فى خلايا النباتات الحية . حيث وجد بعد ذلك أن جذور النباتات الراقية لها القدرة على أن تمتص الأيونات ضد تدرج التركيز بالرغم من أن اتزان دونان لا يحدث فى كثير منها، مما يدل على أن البروتوبلازم له قدرة اختيارية على امتصاص العناصر .

مما سبق يمكن إيجاز خصائص الامتصاص البسيط فيما يلى :

1- لا يحتاج إلى طاقة

2- الامتصاص يتم بطريقة عكسية .

3- الامتصاص هنا ليس اختيارى .

4- الانتشار البسيط عملية بطيئة جداً ولا تفسر كيفية امتصاص النباتات الأيونات والعناصر الغذائية ضد تدرج التركيز

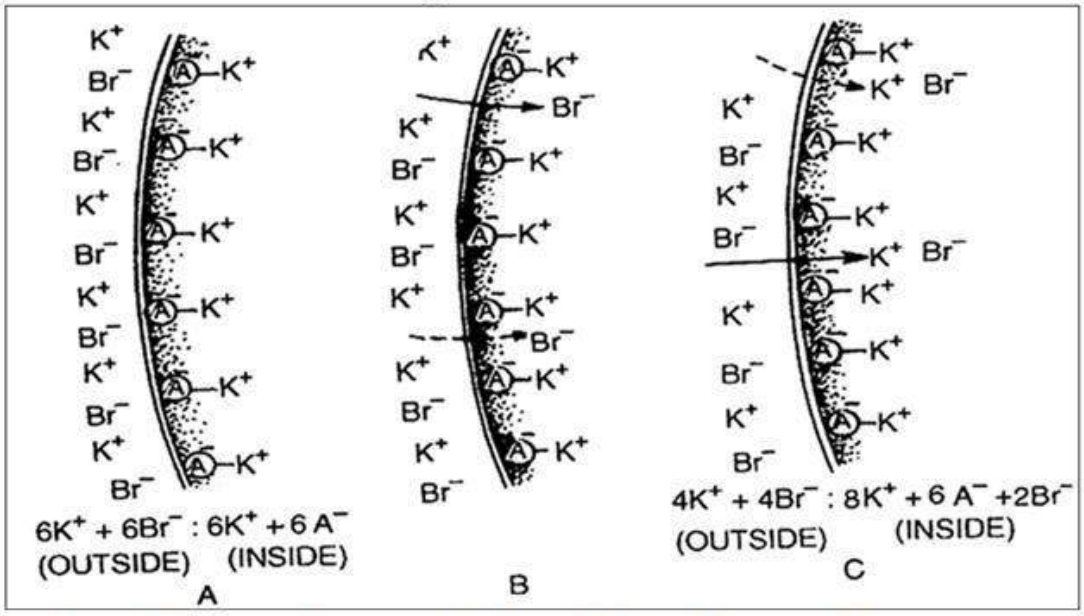
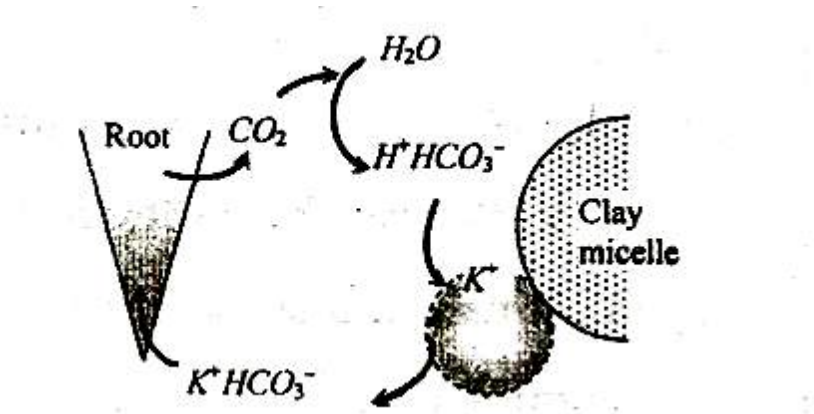


Fig:Passive absorption and accumulation of minerals due to Donnan equllibrium

الوثيقة 23 توضح فرضية توازن دونان

ثانياً : نظرية التحول الكيميائى /: وتفترض هذه النظرية أن الأيونات الممتصة قد تدخل فى تفاعل كيميائى بمجرد دخولها الخلية ، أى يحدث لها تحول إلى صورة أخرى ، وعلى ذلك يستمر دخولها إلى الخلية رغم انخفاض تركيزها خارج الخلية . وتفسرنظرية التحول الكيميائى كيفية انتقال جزيئات السكر من أماكن تخليقها فى الأوراق إلى أماكن تخزينها فى الدرنات أو الثمارعلى صورة نشا ، وبذلك يظل تركيز السكر منخفضاً فى أعضاء التخزين مما يشجع على استمرار انتقاله إليها . ومع ذلك فهذه النظرية تعجز عن تفسير استمرار تجمع النترات والبوتاسيوم فى الفجوة العصارية بدون تحول كيميائى إلى أن بلغ تركيزها داخل الفجوة عشرات الأضعاف من تركيزها خارج الخلية .

ثالثا : نظرية الامتصاص التبادلى (نظرية ثانى أكسيد الكربون CO_2): تعتمد على أن كمية الأيونات التى يمتصها النبات تتناسب طردياً مع كمية CO_2 الناتجة من التنفس ، وتعتمد هذه النظرية على اعتبار سطوح جذور النبات سطوح فعالة ونشطة لها خاصية التبادل الأيونى وهنا يكمن الاعتقاد بوجود علاقة بين امتصاص النبات لأيونات العناصر ، وحمض الكربونيك (H_2CO_3) ، حيث يحدث ذوبان لغاز ثانى أكسيد الكربون المتكون من عملية التنفس فى المحلول الأرضى يتكون حامض الكربونيك وبتأين الحامض ينتج أيون الهيدروجين والذى يتبادل مع البوتاسيوم المتبادل على أسطح الغرويات الأرضية ، وينطلق البوتاسيوم فى المحلول الأرضى أو يتفاعل مع أيون البيكربونات ، ويعود إلى سطح الجذر ويتبادل مع هيدروجين سطح الجذر ، وبالتالى يكون من السهل امتصاصه من قبل النبات الوثيقة 24



الوثيقة 24: توضح آلية نظرية ثاني أكسيد الكربون

رابعاً : نظريات الامتصاص النشط :

من النتائج المبوبة فى جدول (6) يتضح جلياً انتقال الأيونات ضد تدرج التركيز ، وعلى سبيل المثال نجد أن تركيز البوتاسيوم فى الفجوة العصارية لجذور نباتات الذرة يزيد حوالى 80 مرة عنه فى المحلول المغذى . وعلى العكس نجد أن تركيز الصوديوم فى العصير الخلوى لجذر نفس النبات يظل منخفضاً بالمقارنة بالتركيز فى المحلول الخارجى، وهذا يؤكد بأن هناك مفاضلة فى امتصاص العناصر . ولا يمكن أن يحدث ذلك تلقائياً بل يحتاج إلى طاقة وطبيعى أن يكون مصدر هذه الطاقة النشاط الحيوى بالخلية وعلى ذلك أُطلق على هذا الامتصاص اسم الامتصاص النشط أو الامتصاص الحيوى.

وهناك بعض الشواهد التى تؤكد أن هذا الامتصاص يحتاج إلى طاقه منها :

1- يزداد معدل امتصاص الأيونات بارتفاع درجة الحرارة وذلك لأن الحرارة تُزيد من النشاط الحيوى للخلية .

2- يزداد معدل الامتصاص مع زيادة ضغط الأكسيجين فى وسط نموالجذور وتقل بإضافة مثبطات لعملية التنفس

2- يزداد معدل الامتصاص مع زيادة محتوى الجذر من الكربوهيدرات حيث تعمل هذه المركبات كمصدر للطاقة .

الجدول 6: نتائج تجريبية في محتوى بعض العناصر الغذائية **عن .Marschner سنة 1995.**

الأيون	تركيز المحلول المغذى (ملليمول)		تركيز الأيونات (ملليمول)	
	فى البداية	بعد 4 أيام	فى عصير الجذور	
		الذرة	اللوبيا	الذرة	اللوبيا
البوتاسيوم	2.00	0.14	0.67	160	84
الكالسيوم	1.00	0.94	0.59	3	10
الصوديوم	0.32	0.51	0.58	0.6	6
الفوسفات	0.25	0.06	0.09	6	12
النترات	2.00	0.13	0.07	38	35
الكبريتات	0.67	0.61	0.81	14	6

لتفسير عمليات الامتصاص النشط للاملاح وضعت عدة نظريات نذكر منها

1- نظرية الناقل (المواد الحاملة) : من نتائج تجارب هوجلاند على الطحالب ، نجد أن النباتات تعتمد فى حياتها على تفضيل نوع معين من الأيونات على حساب أنواع أخرى إذا ما وجد الجميع معا فى وسط نمو الجذور كما يتضح ذلك مع نباتات الذرة (جدول 6) . ويعنى هذا أن النظام

الناقل للأيونات إلى داخل الكائن الحى يمكنه التميز 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، حيث يُحمل الأيون عليه مكونا معقد الحامل والأيون ، ويتحرك هذا المعقد من الخارج إلى الداخل فقط ويتحرر الأيون فى داخل الفجوة العصارية ويستعيد الحامل نشاطه وقدرته على نقل أيون معين آخر... وهكذا . وتختلف الآراء حول طبيعة المواد الحاملة فيرى البعض بأنها عبارة عن مادة السيتوكروم كما اقترح لونداجارد ، أو مواد عضوية ، فى حين قرر أوسترهاوات بأنها الكحولات العضوية فى حين يرى البعض الآخر أنها أحماض عضوية أو البروتوبلازم نفسه او اللبيدات

ومن ناحية التخصص يرى فريق من الباحثين أن هناك أنواعاً مختلفة من المواد الحاملة يختص كل منها بأيون معين أو مجموعة من الأيونات المتشابهة أى أن هذه المواد تكون متخصصة ، فى حين يرى فريق آخر بأن هناك نوعاً واحداً من المواد الحاملة يمكنها حمل جميع الأيونات ، ولكنها تفضل أنواع معينة على أنواع أخرى إذا وجدت فى متناول هذه المواد الحاملة .

ويمكن القول بوجه عام إن هناك اتفاق بين معظم الباحثين فى هذا المجال على أن المواد الحاملة غير ثابتة التركيب حيث يتغير تركيبها الكيميائى أثناء حملها للأيونات المختلفة ، نتيجة تكوين مواد وسطية ناتجة من عمليات التحولات الغذائية ، وقد تعمل كمعقدات مخلبية

مراحل عمل المواد الحاملة

1- يتم تخليق مواد بالغشاء تعرف بالمواد الحاملة Carriers .

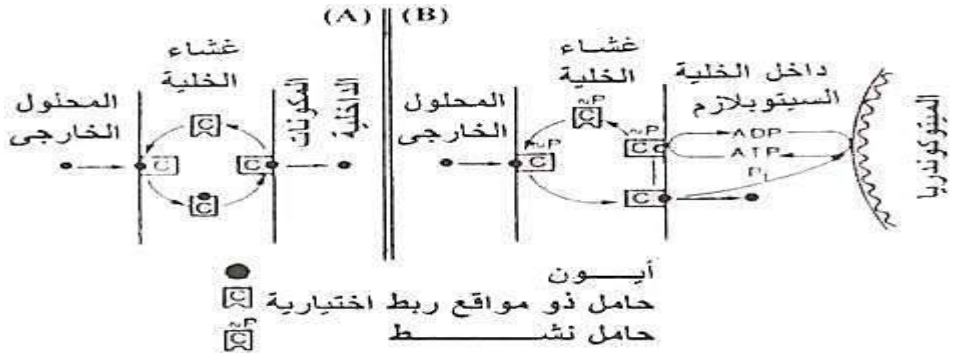
2- ترتبط المواد الحاملة مع الأيون عند السطح الخارجى للغشاء وتكون معقد بين الأيون والحامل .

3- انتقال معقد الأيون والحامل داخل الغشاء الخلوى .

4- عند السطح الداخلى للغشاء ينفرد الأيون عن الحامل ويتجه إلى داخل العصير الخلوى حيث يتم تراكمه

5- تتحرك المادة الحاملة مرة أخرى 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 فيحوله إلى حامل نشط Active carrier (نتيجة تفاعل إنزيم فوسفات كينيز الموجود على السطح الداخلى للغشاء معATP حيث يتحول إلىADP + فوسفات غير عضوية) ، وبالتالى يتمكن هذا الحامل من الحركة خلال الغشاء والارتباط مع الأيون . وعند الجدار الداخلى للغشاء يصبح الحامل غير نشط بفقده للفوسفور، وفى هذه الحالة لا يستطيع المرور خلال الغشاء أو حمل الأيون . والوثيقة التالي توضح ذلك



الوثيقة 25 يوضح انتقال الأيونات خلال الجدار الخلوى للخلية بواسطة مادة الحامل

2 - نظرية لونداجارد Lundegardh Theory :وتعرف أيضاً بنظرية التنفس الأنيونى **Anion respiration** أو نظرية مضخة السيتوكروم **Cytochrome pump** ، وتفترض هذه النظرية أن عملية الامتصاص تخضع للأسس الآتية :

1- هناك انفصال تام بين كل من عمليتى امتصاص الأنيونات والكاتيونات .

2 - امتصاص الكاتيونات عملية طبيعية بحتة وتتم على خطوتين: الأولى فيها يتحرك 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 السيتوبلازم فى اتجاه الداخل أو الخارج نحو جدار الخلية .

3 - امتصاص الأنيونات عملية كيميائية بحتة تتم عن طريق جزيئات حاملة من السيتوكروم ، كما أنها عملية غير عكسية ، وتتم عملية امتصاص الأنيونات ضد تدرج التركيز وكذلك ضد تشابه الشحنة .

4 - يكون التنفس الأنيونى مسئولاً عن كمية الطاقة اللازمة لعملية امتصاص الأنيونات ضد تدرج التركيز وضد تشابه الشحنة. وقد تمكن لونداجارد من تثبيط هذا النوع من التنفس بإضافة أول أكسيد الكربون أو السيانيد، حيث تعمل هذه المواد على إيقاف عمل إنزيم **Cytochrome oxidase**، وكان ذلك أحد الأدلة التى اعتمد عليها فى إثبات أن نظام السيتوكروم هو المسئول عن عملية امتصاص الأنيونات وقيامها بعمل المادة الحاملة لها .

وتعتمد ميكانيكية امتصاص الأنيونات بواسطة مضخة السيتوكروم على عملية التنفس التى تعتبر مصدر الإمداد بالإلكترونات الناتجة من تحول الهيدروجين عند السطح الداخلى إلى بروتونات الهيدروجين H^+ ، والإلكترونات e^- ومصدر الهيدروجين هنا هو الأحماض العضوية بفعل إنزيمات الديهيدروجينيز . ينتقل الإلكترون 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** وعندها يفقد حديد السيتوكروم الإلكترون المُكتسب ويتحول إلى حديديك الذى يكون مستعد لاستقبال إلكترون آخر من الداخل ، أو أنيون من الخارج ويأخذ الصورة حديد - أنيون ($Fe - A^-$) ، وينتقل هذا الأنيون إلى داخل الخلية فى تتابع مماثل حتى الوصول إلى الفجوة العصارية وعندها يتم تبادل الأنيون مع إلكترون جديد (شكل 3-7) . ويلاحظ أن الإلكترونات التى فقدت من حبيبة السيتوكروم الأخيرة والمتبادلة مع الأنيونات تتجه إلى الأكسجين الداخل للخلية للتنفس وتحوله إلى أنيونات O^{2-} أكسيجين . وأخير يتحد مع الهيدروجين الناتج من دورة كربس ويتكون جزىء الماء كما يتضح من المعادلة :

$$2H^+ + 2e^- + 1/2\ O_2 \Rightarrow H_2O$$

وهنا نجد أن جزىء الأكسجين يحتاج إلى 4 إلكترونات :

$$4H^+ + 4e^- \Rightarrow H_2O$$

ونتيجة لامتصاص الأنيونات السالبة بهذة الكيفية وتراكمها داخل الخلية يترتب عليها أن يتكون فرق جهد سالب على

الجانب الداخلى للخلية يعمل على جذب الكاتيونات الموجبة الشحنة ضد تدرج التركيز .
وتعتبر هذه النظرية من أوائل النظريات التى أعطت أهمية لدور الطاقة فى عملية الامتصاص .

- الاعتراضات على نظرية لونداجارد : وجد عدة اعتراضات لهذه النظرية ذكرها صادق وآخرون سنة 1997 عن الباحث **Sutcliffe** سنة 1962 وتتمثل فى :

1- فى حالة وجود حامل واحد للأنيونات فيكون من المتوقع وجود تنافس بين الأنيونات على هذا الحامل، وهذا لم يثبت إلا بين Br^- ، Cl^- دون NO_3^- ، $H_2PO_4^-$ ، كذلك لم يحدث تنافس بين الهاليدات (Br^- , Cl^- , F^-) والكبريتات $SO_4^=$ مما يؤكد وجود أكثر من حامل

2- فى بعض الحالات يكون امتصاص الملح مرتبط مع الأسكوربيك أوكسيديز بدلاً من السيتوكروم أوكسيديز، حيث ثبت أن السيتوكروم أوكسيديز غير موجود أصلاً فى الغشاء.

3- وجد أن بعض الكاتيونات مثل Na^+ و K^+ لها القدرة على أن تحفز التنفس، وبالتالى فإن ظاهرة التنفس الملحى ليست مقصورة على الأنيونات فقط ، ولكن قد تكون مرتبطة بالكاتيونات أيضاً .

4- وجد أن مركب **DNP** وهو مثبط للأكسدة الفوسفورية قد شجع التنفس إلى أقصاه ، ولكن قلل امتصاص **Kcl** ، وهنا يجب أن تتوقف عملية الامتصاص فى حالة صحة افتراض لونداجارد .

5- وجد أن تحت الظروف المناسبة أكثر من أربعة إلكترونات يمكن أن تنتقل إلى خارج الخلية لكل جزىء O_2 يُستهلك ، وهذا عكس افتراض لونداجارد والذى يحدد أن أقصى عدد الأنيونات يمكن انتقاله مع استهلاك جزىء O_2 هو أربعة فقط. وبالتالى فإن مبدأ انتقال الأيون معتمداً على الارتباط المباشر مع الالكترون ومضخة الاختزال يعتبر غير صحيح .

6- عجزت هذه النظرية فى تفسير الاختيارية لامتصاص الأيونات ، ووضح ذلك مع كثير من النباتات .

ومن هنا نجد أن أهم ما أضافته نظرية لونداجارد هو لفت الانتباه إلى دور الطاقة فى عملية الامتصاص الحيوى

4: صعود الأيونات من الجذر إلى الأجزاء الهوائية: بعد امتصاص الأيونات بواسطة خلايا البشرة فى الجذر تنتقل هذه الأيونات خلال خلايا نسيج الجذر فى اتجاه الداخل حتى تصل إلى الأوعية الناقلة (شكل3-8)، 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: هى 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 . الوثيقة 26

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

الوثيقة 26 توضح كيفية انتقال المحلول الأرضى من الجذر إلى الاوعية الخشبية .

. العوامل التي تؤثر على امتصاص العناصر الغذائية :

1- درجة الحرارة: Temperature: زيادة درجة الحرارة تؤدي إلى زيادة امتصاص الأملاح ولكن الزيادة الكبيرة في درجة الحرارة تمنع عملية الامتصاص وربما يرجع ذلك إلى الإخلال في طبيعة بعض الأنزيمات .

2- تركيز أيون الهيدوجين: : **Hydrogen ion concentration** إن تركيز أيون الهيدروجين في التربة يؤثر بشكل مباشر على ميسورية الأيونات في التربة (أي على إمكانية امتصاصهم) وذلك بسبب ال (**pH**) والتغيرات التركيبية التي تطرأ على المركبات باتحادها او بعدم اتحادها مع ايون الهيدروجين.

على سبيل المثال: أيونات الفوسفات أحادية التكافؤ $H_2Po_4^-$ هي صورة الفسفور الأكثر امتصاصاً بواسطة النبات، ولكن عندما يصبح pH قلوي فإن الناتج الأول سيكون الفوسفات ثنائي التكافؤ HPo_4^{2-} ويلية الفوسفات ثلاثي التكافؤ Po_4^{3-} والأيون ثنائي التكافؤ صعب الامتصاص بالنسبة للنبات في حين أن ثلاثي التكافؤ لا يستطيع النبات امتصاصة اطلاقا.

3- الضوء: Light **:**تأثير الضوء على فتح وغلق الثغور وعلى التمثيل الضوئي يؤثر تأثيراً غير مباشر على عملية امتصاص الأملاح.

4- الأكسجين (التهوية): Oxygen : غياب الأكسجين يعمل على وقف الامتصاص النشط للأملاح وقد تم إثبات ذلك بوضوح على أيون الفوسفات.

5- الفعل المتبادل: Interaction effect **:** يؤثر امتصاص بعض الأيونات على أيونات أخرى خصوصاً الأيونات متشابهة التكافؤ وذلك يرتبط بنظرية الحامل حيث أن وجود أيون في منطقة الاستقبال **receptor** قد يمنع امتصاص الأيون الآخر.

6- العامل الوراثي : نوع المجموع الجذري ومدي إنتشاره وعدد ومواقع التبادل الأيوني ومدي إنتشار هذه المواقع علي الجذور ودرجة نفاذية أنسجة الجذر بجانب العمليات الفسيولوجية التي يقوم بها النبات مثل التنفس والبناء والنتح وكذلك عمر النبات وسرعة نموه وقدرته علي المعيشة التكافلية مع الكائنات الأرضية الدقيقة ,

حيث ان النباتات التي لها قدرة اكبر على التغلغل التعمق تكون لها قدرة اكبر على امتصاص العناصر الغذائية وكذلك فان هناك محاصيل مجهدة للتربة مثل القطن والذرة والبنجر بينما المحاصيل البقولية تكون مفيدة للتربة لما تخلفه من مادة عضوية غنية بعنصر النتروجين ، كما نلاحظ ان مخلفات النجيليات عند إضافتها الى التربة تؤدي الى استنزاف النتروجين من التربة .

كما نلاحظ ان النباتات البقولية ذات قدرة اعلى على إفراز ايونات الهيدروجين والتي تستطيع ان تهاجم صور العناصر الغذائية المعقدة التركيب وإذابتها وجعلها بصورة جاهزة للامتصاص كما في حال صور الفوسفات المرسبة .

جدول (7) العلاقة بين تركيز الأيونات فى العصير الخلوى للطحالب والوسط الخارجى

الطحلب / الأيون	النيتلا التركيز (ملليمول)			الفالونيا التركيز (ملليمول)		
	(أ) فى ماء المستنقع	(ب) فى العصير الخلوى	النسبة (ب) على(أ)	(أ) فى ماء البحر	(ب) فى العصير الخلوى	النسبة (ب) على (أ)
البوتاسيوم	0.05	54	1080	12	500	42
الصوديوم	0.22	10	**45**	498	90	0.18
الكالسيوم	0.78	10	13	12	2	0.17
الكلوريد	0.93	91	98	580	597	1

عن Marschnerسنة 1995.

- النبات يمتص الأيونات اختيارياً . ويتضح ذلك مع عنصر البوتاسيوم القليل التركيز جداً فى مياه المستنقع بالمقارنة بباقى الأيونات الأخرى ، حيث يُعتبر من أكثر الأيونات تجمعاً فى الفجوة العصارية لطحلب النيتلا .وعكس ذلك عنصر الصوديوم يظل تركيزه منخفضاً فى فجوة الفالونيا عن تركيزه المرتفع جداً فى ماء البحر . أى أن خلايا النبات يمكن أن

تمتص أيونات من وسط النمو وتنقلها إلى داخلها ، بينما تستبعد أيونات أخرى . وتسمى هذه الظاهرة الامتصاص الاختيارى Selective ion uptake.

- من النتائج نجد أن هناك ارتفاعاً فى تركيز كثير من الأيونات فى الفجوة العصارية بالمقارنة بتركيزاتها فى المحلول الخارجى، وهذا يؤكد أن تجمع الأيونات بواسطة الخلية يتم ضد تدرج التركيز .

3- أيضاً تشير النتائج بأن عملية الامتصاص تحتاج إلى طاقة ومصدر هذه الطاقة هو ناتج عمليات الميتابوليزم (التمثيل الحيوى) فى الخلية.

كل ما ذكر عن الطحالب من ناحية امتصاصها للعناصر المغذية ينطبق تماماً على النباتات الراقية . حيث توضح نتائج إحدى الدراسات كما ذكرها Marschner سنة 1995 على نوعين مختلفين من النباتات مثل : الذرة واللوبيا تم تنميتها فى محلول مغذى محدد الحجم ، وبعد أربعة أيام تم قياس تركيز العناصر فى المحلول المغذى فوجد أن تركيز البوتاسيوم ، الفوسفور، والنترات قد انخفض بشدة . فى حين يظل تركيز الصوديوم والكبريتات كما هو أو يزداد قليلاً ، وهذا يدل على أن معدل امتصاص النبات للماء أسرع من امتصاصه لهذين الأيونين (جدول6-7) . أيضاً توضح هذه النتائج أن معدل امتصاص الأيونات يختلف من نبات إلى آخر وهذا واضح تماما بالنسبة لامتصاص البوتاسيوم والكالسيوم بواسطة الذرة واللوبيا . كذلك يتضح أن تركيز الأيونات فى العصير الخلوى للجذر أعلى بكثير منه فى المحلول المغذى وخاصة بالنسبة لأيونات البوتاسيوم ، النترات والفوسفات .

الفصل السادس

العلاقات المائية للنبات

تحكم الماء في توزيع النباتات على الكرة الارضية نظرا لدور الماء الرئيسي في حياة النبات حيث يحصل النبات على حاجته من الماء من الوسط المحيط به.

ينتقل معظم الماء الممتص عبر الأنسجة الناقلة الخشبية وهذا ما يعرف بصعود العصارة إلى بقية أجزاء النبات ويخرج قسماً من هذا الماء على هيئة بخار إلى الهواء المحيط بالنبات وتعرف هذه الظاهرة بظاهرة النتح Transpirationوعليه فإن العلاقات المائية في النبات تتضمن ثلاث عمليات هي:

-امتصاص الماء من الوسط المحيط.

-صعود العصارة وتوزيعها إلى بقية أجزاء النبات.

-خروج الماء من النبات بواسطة عملية النتح وعمليات أخرى.

وتجدر الإشارة إلى أن هناك تداخل بين العلاقات المائية في النبات فمعدل امتصاص الماء بواسطة الجذر له علاقة بمعدل النتح وكذلك لها علاقة بالظروف البيئية المحيطة بالنبات

1- خواص الماء المهمة للنباتات :

للماء خواص فريدة من نوعها وذلك يرجع إلى التوزيع الفراغي لجزيئاته والرابطة الهيدروجينية وجود الروابط الهيدروجينية في الماء يعمل على تكوين جزئ ذا قطبين ويشجع ذلك على تكوين **تركيب شبكي شعرى** قادر على تجميع العديد من الذرات في حيز صغير ويعمل على ثبات التركيب الجزيئي للماء .

حرارته النوعية عالية الأمر الذي يمكّن الأنسجة الحية من امتصاص أو فقد كميات كبيرة من الحرارة دون حدوث تغيير كبير في درجة الحرارة

حرارة التبخير عالية نسبياً تسبب فقدان مقادير كبيرة من الطاقة تحت ظروف ملائمة للتبخير مسببةً عملية تبريد.

كثافة الماء أقل في حالته الصلبة عنه في حالته السائلة ولهذا يطفو الثلج فوق سطح الماء وهذه الحقيقة لها أهميتها بالنسبة للحياة المائية.

ترتبط جزيئات الماء مع بعضها البعض **(تماسك)** وتلتصق بالسطوح المختلفة **(تلاصق)**،حيث تلتصق جزيئات الماء بتلك المواد مثل الزجاج والسليولوز (جدر الخلايا) وميسيليات الطين (دقائق الطين) ، فتلك المواد تبتل بسرعة بسب أن جزيئات الماء يمكنها تعريض ذارت الأوكسجين

على الأسطح وقدرتها على تكوين الروابط الهيدروجينية وكل من التماسك والتلاصق يعملان معاً على رفع الماء في داخل جسم النبات.

إن خواص الماء المذكورة أعلاه جاءت نتيجة لتركيب جزيئة الماء من ذرتي هيدروجين مرتبطتان تساهمياً(covalent) من جهة واحدة مع ذرة الأوكسجين وإن متوسط الزاوية الحاصلة من ارتباط H-O-H يقرب من 105^{o} .

2- أهمية الماء في حياة النبات

يعتبر الماء من أهم المواد الغذائية في حياة النبات فهو بالإضافة لكونه أحد مركبات البروتوبلازم الأساسية(المادة الحيه في الخلية) فهو ضروري لمختلف أنواع النشاط الخلوي في الخلية ، ومكون اساسي لأجسام النبات حيث يشكل نسبة 70-90% من الوزن الطري للكائن الحي.

كما أنه يعمل كمذيب الاساسي لمعظم المواد الموجودة في الخلية ، تحدث فيه كثير من التفاعلات البيوكيميائيه المختلفة. ويشكل وسط ناقلا للمواد الغذائية داخل الخلايا في حاله ذائبه.

أيضا يقوم الماء بتنظيم درجة حرارة النبات حيث يمتص الحرارة المتولدة من العمليات الكيموحيويه، كما أن تبخر الماء من اسطح النبات يعمل على تقليل التأثير الناتج من الارتفاع الشديد في حراره الجو. اضافة الى ذلك الماء يعد ماده خام اساسيه لعميه البناء الضوئي (بناء المواد الكربوهيدراتيه). بالإضافة الى ذلك فهو يعمل على دعامة النبات عن طريق ضغط الامتلاء

3- صور الماء في النباتات

يوجد الماء في خلايا النبات في عدة صور منها :

الماء المرتبط كيميائيا : ماء متصل مع بعض المركبات كالاملاح المعدنية

الماء المتجمع سطحيا :على بعض الجزيئات المزدوجة القطبية كالبروتينات والسكريات البسيطة والمركبة يشكل هذا النوع من 5-10% من اجمالي الماء الموجود في الخلية غير أن أي تغير يؤدي الى تغيرات تركيبية كبيرة في السيتوبلازم حيث ترتبط الجزيئات عن طريق الخاصية الشعرية او قوى التشرب او الوابط الهيدروجينية

الماء المخزن : وهو النوع الاكثر قابلية للنقل في الانسجة النباتية ويمثل أكثر من 50% من اجمالي الماء في النبات

4- امتصاص الماء :يتم امتصاص الماء من طرف النبات ب :

الامتصاص عن طريق المجموع الخضري : يستطيع المجموع الخضري الامتصاص حينما تقل الرطوبة في التربة فيمتص الرطوبة الجوية وماء الندى والرذاذ عن طريق الاوراق والاجزاء الغضة حيث يتوقف على سمك الادمة وعلى معدل توزع الثغور

امتصاص الماء عن طريق المجموع الجذري (منطقه الشعيرات الجذرية) : تحصل النباتات علي كل ما تحتاجه من الماء من التربة بواسطة المجموع الجذري حيث يتم امتصاص الماء بصفة أساسية في منطقة الشعيرات الجذرية وتسمي منطقة الامتصاص العظمي فهي تمتص الماء من خلايا البشرة والشعيرات الجذرية القريبة من أطراف الجذور (أعلي القمة النامية) حيث أنها أكثر المناطق إنفاذ وأقلها مقاومة للماء وأسرعها امتصاص للماء وهي محصورة بين نهاية القمة النامية علي بعد 1.5سم من طرف الجذر وتمتد إلي حوالي 20سم إلي أسفل المنطقة الدائمة حيث ينتشر الماء إلى الشعيرات الجذرية نتيجة للتدرج في الجهد المائي (الفرق في جهد الماء بين محلول التربة والشعيرات) يمتص الماء بالشعيرات ثم يتحرك إلى خلايا القشرة وتتحكم في حركة الماء التدرج في جهد الماء حيث ينتقل من الخلية ذات الجهد المرتفع (أقل سالبيه) الى الجهد المائي المنخفض (أكثر سالبيه) حتى يصل إلى البشرة الداخلية

(endodermis) ليمر عبر خلايا المرور وهي مواجهه لأوعيه الخشب في الجذر . نسيج الخشب للجذر يتصل مباشره بنسيج الخشب للساق فيتحرك الماء من الجذر للساق، ويتشعب الخشب عدة مرات لتكوين شبكه معقده من الأنسجة الموصلة للماء وتنتهي أخيرا في العروق الورقية (الحزم الوعائية للورقة). يحدث امتصاص الماء كنتيجة لنشاط النتح في المجموع الخضري.

5- انتقال الماء و صعود العصاره :

يتحرك الماء في النبات تحت ثلاث مستويات وهي

1- **النقل على المستوى الخلوي :** ويتم فيه امتصاص الماء والأملاح من التربة إلى خلايا البشرة بآليات النقل عبر أغشية الخلايا (الانتشار البسيط ـ الخاصية الأسموزية)

2- **النقل لمسافة قصيرة** (النقل الجانبي):هي نقل الماء والأملاح من خلايا البشرة إلى أوعية الخشب وتتم بثلاثة ممرات:

- الممر الأول : ينتقل الماء والأملاح الذائبة من خلية لأخرى عبر الجدر الخلوية والأغشية البلازمية حسب تدرج الجهد المائي.

- الممر الثاني (الممر الخلوي الجماعي): انتقال الماء والأملاح من خلية إلى الخلايا المجاورة عبر الروابط البلازمية

- الممر الثالث (الممر خارج خلوي) : ويتم الانتقال من جدر خلايا البشرة في القشرة خارج الخلايا

3- **النقل لمسافة بعيدة على مستوى النبات جميعه (نقل محوري):** ينتقل الماء والأملاح في الخشب من الجذر إلى الساق ثم إلى الأوراق تحت تأ ثير قوة السحب الناشئة عن النتح .

6- القوى التي تساعد على صعود العصارة :

1- **الضغط الجذري** وهي القوي التي تعمل علي امتصاص الماء من محلول التربة إلي أوعية الخشب في الجذر ثم تدفقه لأعلي في أوعية الساق . تعتمد هذه القوي علي الفرق بين الجهد المائي لمحلول التربة وأوعية الخشب. ويطلق عليها الامتصاص الموجب أو القوة الموجبة لأنها ناتجه عن نشاط خلايا الجذر الحية وتتمثل في :

قوة التشرب : تتكون جدر خلايا الجذور من الغرويات المحبة للماء (السليولوز والبكتين والهيميسليلوز واللجنين) لها القدرة علي تشرب الماء من الخارج فينتقل الماء من خلية إلي أخري خلال جذورها بواسطة قوة التشرب وكمية الماء الممتص بهذه القوة تكون ضئيلة ومحدودة حيث أن الجهد المائي لجدر الخلايا يكون أقل من الجهد المائي للمحلول الخارجي .

قوة الجهد المائي : يتم امتصاص الماء بالخاصية الأسموزية تبعا لتدرج الجهد المائي حيث أن الجهد المائي في محلول التربة اكبر من الجهد المائي لخلايا الشعيرات الجذرية فينتقل الماء إلي الجذور علي أساس انتقال الماء دائما من الجهد المائي العالي (الأقل سالبيه) إلي الجهد المائي الأقل (الأكثر سالبيه) في محلول الفجوة العصارية لخلايا البشرة .

وينتقل الماء إلي خلايا الشعيرات الجذرية فتنتفخ ويصبح الجهد المائي بها عالي عن الخلايا المجاورة (القشرة) فينتقل الماء إلي خلايا الصف الأول من القشرة فتنتفخ ويزداد جهدها المائي عن خلايا الصف التالي لها من القشرة فينتقل الماء إليها وهكذا ينتقل الماء من خلية لأخري في الجذر حتي يصل إلي الأوعية الخشبية ويتدفق بها .

وهكذا ينتقل الماء في اتجاه تدرج الجهد المائي. ويمكن اعتبار جميع أنسجة الجذر من البشرة والقشرة والاندودرمس حتي أوعية الخشب كأنها غشاء واحد منفذ يفصل بين محلول التربة ومحلول أوعية الخشب. ويتوقف انتقال الماء بين محلول التربة ومحلول أوعية الخشب علي الفرق بين الجهد المائي للمحلولين .ووجد أن الجهد المائي لمحلول أوعية الخشب أقل في جهده المائي (أكثر سالبيه) من الجهد المائي لمحلول التربة)أقل سالبيه (وبالتالي ينساب الماء من محلول التربة إلي أوعية الخشب خلال طبقات الجذر. ويعتمد تدفق الماء إلي أوعية الخشب علي قوة تتولد في خلايا الجذر وهي قوة الضغط الجذري الناشئ عن الفرق في الجهد المائي لمحلول التربة وأوعية الخشب في الجذر.

يعرف الضغط الجذري بأنه الضغط المائي الناشئ عن امتصاص ودخول الماء والذائبات إلي أوعية الخشب في الجذر نتيجة لفرق الجهد المائي خارج وداخل خلايا الجذر. وتوجد ظواهر تعزي إلي الضغط الجذري هي:

ظاهرة الإدماء : وهي خروج وتدفق قطرات الماء أو العصارة خارج الأوعية الناقلة بعد قطع أو تقليم الساق في الربيع قبل تكوين الأوراق الجديدة كما في أشجار العنب. ويمكن ملاحظة هذه الظاهرة عمليا.

ظاهرة الادماع :

وهي خروج قطرات الماء من أطراف الأوراق وبها أملاح وأحماض أمينية وسكريات. وتلاحظ في الصباح الباكر ذو الليالي الدافئة وتوفر الرطوبة حيث يخرج الماء من فتحات خاصة عند نهاية العروق الرئيسية للأوراق تعرف هذه الفتحات بالثغور المائية وهي ثغور مفتوحة باستمرار ويمكن قياس الضغط الجذري للنبات عملياً بواسطة مانوميتر. ويختلف الضغط الجذري للنبات الواحد باختلاف فصول السنة. وتعتبر قوة الضغط الجذري ثانوية في امتصاص الماء. أما القوة السالبة الناتجة عن النتح فهي القوة الرئيسية في امتصاص الماء .

2- **نظريه الشد المتماسك (قوة التماسك والتـلاصق)**

بسبب القطبية التي يتمتع بها جزيء الماء حيث يتركب من (H,O) وله سطح مشحون، لذلك فجزيئات الماء ترتبط مع بعضها البعض اي تتماسك ، كما انها ذات خاصية الالتصاق او قوة تلاصق بين الماء وأسطح المواد الأخرى، وهذه الصفات التماسك والالتصاق للماء تعمل على بقاء الماء داخل أوعيـه الخشب على هيئـه عمود متصـل مما يساعد على رفع العصارة لأعلى.

3 ـ القوة السالبة الناتجة عن النتح (قوة الشد الورقي)

النتح عباره عن فقد الماء على هيئه بخار الماء من الأسطح النباتية المعرضة للجو خـلال ثقوب خاصه (تعـرف بالثغـور). يوجد الماء داخل النبات كوحده واحده نتيجة (قوى التماسك بين جزيئاته) والتلاصق مع جدر الأوعية الخشبية، ونتيجة للنتـح ينشـأ قوى شد تعمل على رفع العصارة لأعلى [أي كلمـا تبخـر المـاء من خـلايا النسيج الوسطي للورقة يقل الجـهد المائي (يصبح أكثـر سالبيـه) فيتحرك الماء من خليـه لأخرى ما يسبب شد أسفـل].

ويستمـر الشـد خلال عمود الماء غير المقطوع المستمر (بسبب الخاصية التماسك الالتصاق للماء) من الأوراق إلى المجموع الجذري ويصبح الجـهد المائي للجذر أكثر سالبيـه بالنسبة للتربة ما يؤدي الى زيادة الامتصاص.

اذاً [فقـد المـاء => تراكم الذائب وتحركه => امتصاص => تحرك الماء]

يتحرك الماء من الجهد المائي الأعلى (الأقل سالبيـه) =>الى الجـهد المائي الأقل (الأكثر سالبيـه .

4- **العوامل المؤثرة في امتصاص الماء :**

اولا :- عوامل بيئية عوامل خارجية :

المحتوى المائي للتربة:- تزيد سرعة امتصاص النبات للماء بزيادة نسبيه فيها بشرط أن لا يغمرها والعكس بالعكس.

1 ـ درجة الحرارة :- سرعة امتصاص الماء من التربة تزداد بارتفاع درجة حرارتها وتنخفض بانخفاضها وسبب ذلك هو:

أ- زيادة الطاقة الحركية لجزيئات الماء مع ارتفاع الحرارة

ب- زيادة نفاذية الأغشية البلازمية في منطقة الامتصاص مع ارتفاع درجة الحرارة

2 - التهوية :- تزداد سرعة امتصاص الماء في التربة جيدة الصرف إذ إن قلة الأوكسجين وزيادة CO_2 تؤدي إلى زيادة مقاومة الجذور لدخول الماء للأسباب الآتية :-

1- تزداد لزوجة البروتوبلازم وتقل نفاذية الغشاء الخلوي لزيادة تركيز CO_2 .

2- قلة التفرعات الجذرية والنمو الجذري .

3- تقل فعالية الخلايا الجذرية فيقل الضغط الجذري .

3- تركيز محلول التربة :- عند زيادة تركيز محلول التربة يقل امتصاص الماء ويقف الامتصاص تماماً عندما يكون الضغط الأسموزي لمحلول التربة يساوي قوة امتصاص خلايا الجذر للماء وتعتبر التربة في هذه الحالة جافة من الناحية الفسيولوجية رغم تشبعها بالماء.

4-التوصيل الهيدروليكي للتربة :- تختلف الترب في قدرتها على إيصال الماء إلى منطقة الجذير من المناطق المجاورة أو السفلية لها فتزداد سرعة الإيصال في الترب الطينية بينما تقل من الترب الرملية وهي تؤثر على قدرة الجذور على الامتصاص وهذه تعتمد على الفرق في الجهد المائي بين طبقة التربة الملامسة للجذور والجذور نفسها . فالجهد المائي الذي ينشأ نتيجة توصيل هيدروليكي سريع يؤدي إلى زيادة امتصاص الماء وبالعكس .

5- كما الضوء والرياح والأمطار والإضاءة تأثير على سرعة النتح ويتأثر بذلك الامتصاص .

ثانيا :- عوامل متعلقة بصفات النبات : حينما تكون البيئة ملائمة فإن امتصاص النبات للماء يتحكم فيه عدة عوامل من النبات نفسه أهمها:-

صفات المجموع الجذري :-

تتمثل في عمق وكثافة وانتشار الجذور ونفاذية الجذور وفعاليتها فمثلا هناك جذور نفاذة في نهايتها أكثر من أي منطقة أخرى كذلك تختلف النفاذية باختلاف عمر الجذور والظروف البيئية المحيطة كما إن فعالية الجذر ترتبط بعوامل وراثية وبالتالي قدرته في امتصاص الايونات ومقاومته للظروف البيئية .

صفات المجموع الخضري :-

وهذه ترتبط بفعالية المجموع الخضري على نتح اكبر كمية من الماء وهذه لها علاقة بعدد الثغور والمساحة الورقية وتركيب الورقة وعمر الورقة .....

الفصل السادس

وظائف وأعراض النقص والسمية للعناصر الغذائية عند النبات

يحصل نقص العنصر الغذائي الضروري في النبات عند انخفاض تركيز ذلك العنصر في انسجة النبات تحت المستوى الملائم للنمو .وقد يحدث النقص عندما يكون مستوى العنصر منخفضا في محلول التربة او عند وجود العنصر بصورة غير جاهزة للنبات .ويحصل النقص ايضا عند زيادة تركيز عنصر اخر رغم وجود كمية كافية من العنصر الاول في محيط نمو الجذور.
تتأثر العمليات الحيوية في النبات عند نقص احد العناصر الضرورية دون حدوث اعراض نقص ذلك العنصر على اجزاء النبات الا ان ذلك غالبا ما يؤدي الى انخفاض في النمو والانتاج .وعند وصول نقص العنصر الى حد معين تبدا علامات النقص بالظهور على اجزاء النبات.

1- علاقة تركيز عنصر غذائي بنمو النبات

بغض النظر عن محتوى النبات النسبي من العنصر المغذي بالمقارنة مع محتواه من العناصر المغذية الأخرى فإن محتوى النبات من العنصر المغذي الأساسي يمكن أن يقيم على أنه (Tisdale *et al.*, 1993) الوثيقة 29 :

1- **غير كا ف**

: حيث يكون تركيز العنصر المغذي الأساسي في النبات منخفضاً إلى درجة يمكن أن يحد من الإنتاج ويسبب ظهور أعراض النقص المرئية الخاصة بهذا العنصر .وقد يسبب النقص (العوز)المستفحل للعنصر موت النبات مقابل ذلك يلاحظ أن النقص الطفيف يمكن أن لا يترافق بظهور أعراض النقص لكن الإنتاج سينخفض بالتأكيد.

2- **عند المستوى الحرج:**

ويقصد به تركيز العنصر المغذي في النبات الذي تظهر التراكيز الأدنى منه استجابة في الغلة للكميات المضافة من هذا العنصر المغذي .ومن الطبيعي أن يختلف التركيز الحرج باختلاف العنصر المغذي وباختلاف النوع النباتي و الصنف أيضاً لكنه يقع عادةً في المجال الكائن بين المستوى المنخفض(غير الكافي) والمستوى الملائم.

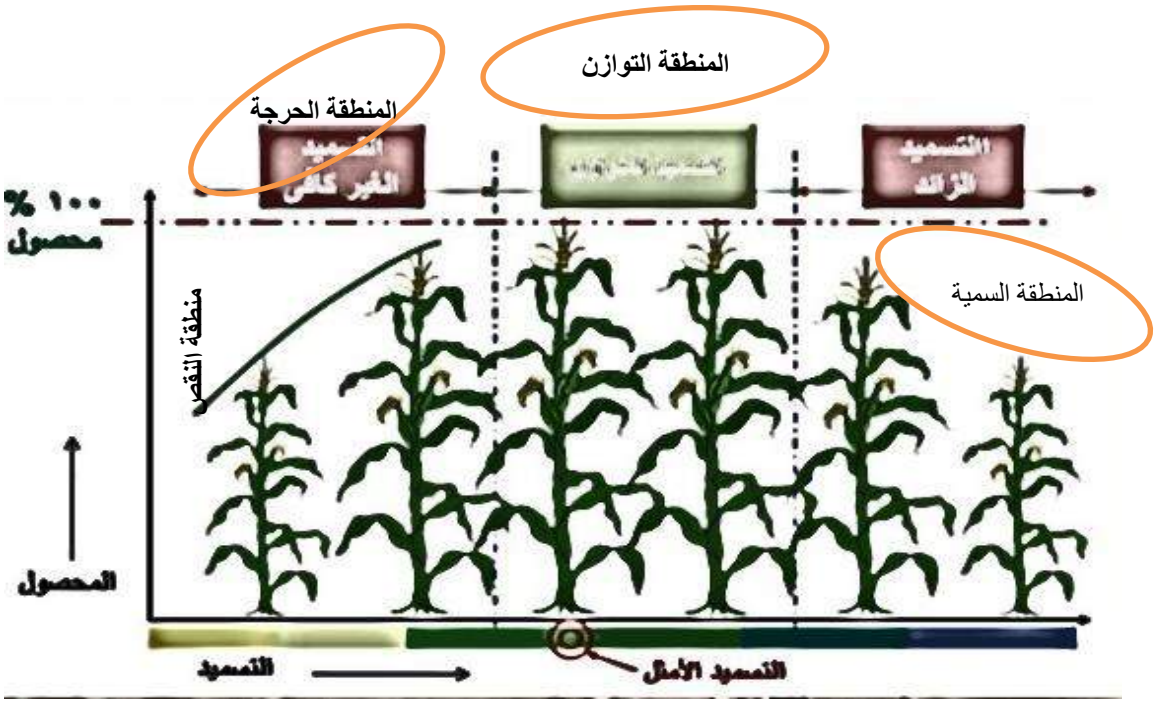
3- **مناسب :** ويشير هذا المستوى إلى مجال التركيز للعنصر المغذي الذي لا تحدِ عند الإضافات الجديدة من العنصر المغذي زيادة في الغلة لكنها تزيد من تركيز العنصر المغذي في النبات.

ويستعمل مصطلح الاستهلاك الزائد غالباً لوصف امتصاص العنصر المغذي من قبل النبات الذي لا يترافق مع تأثير في الغلة.

4 ـ الزئد(مفرط أو سام :

وذلك عندما يكون تركيز العنصر الأساسي أو غير الأساسي مرتفعاً لدرجة أنه يخفض نمو النبات والغلة .ويمكن للتركيز المفرط من العنصر المغذي أن يسبب خللاً في امتصاص العناصر الأساسية الأخرى وهذا ما يؤدي أيضاً إلى انخفاض الغلة.

ويمكن توضيح العلاقة العامة بين تركيز العنصر المغذي في النسيج النباتي والغلة وفي ما هو مبين في الوثيقة 29



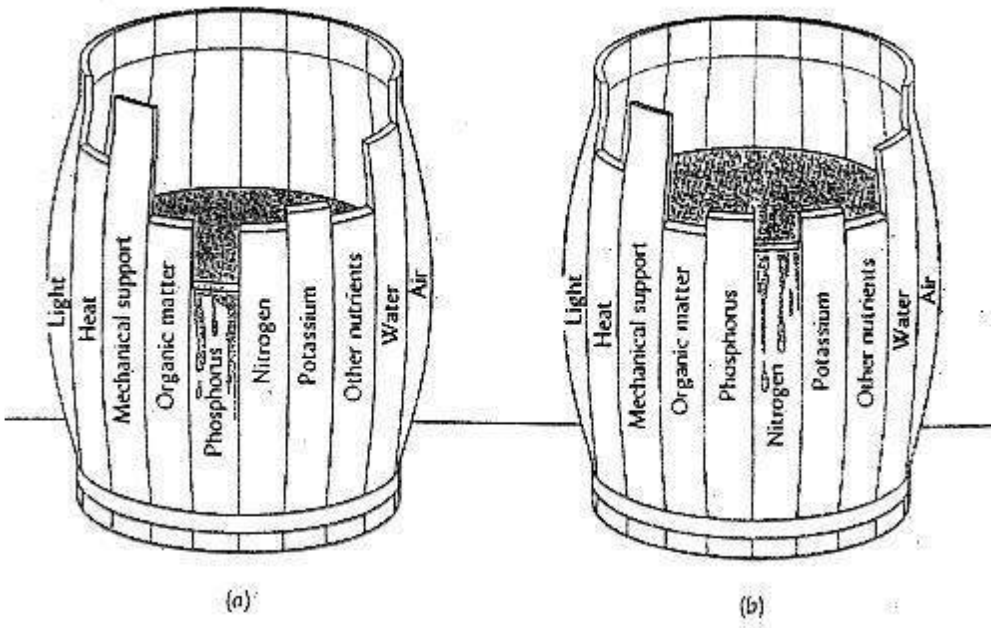
الوثيقة 29 علاقة تركيز العنصر الغذائي بنمو النبات

ويبدو من هذا الشكل أن الغلة تتأثر- بشكل كبير عندما يكون مستوى العنصر المغذي غير كافٍ وعندما يتم تصحيح النقص يزداد نمو النبات بمعدل أكبر من معدل زيادة تركيز العنصر المغذي في النسيج النباتي .وبوجود نقص كبير في العنصر المغذي فإن زيادة الغلة الناجمة عن إضافته يمكن أن تسبب انخفاضاً صغيرا في تركيز العنصر المغذي ضمن النبات وتدعى هذ الظاهرة ب Setenberg effect وتنتج عن تمديد العنصر المغذي في النبات بسبب النمو النباتي السري .

وعندما يصل التركيز إلى المستوى الحرج فإن غلة النبات تصل إلى أعلى حد ممكن ويكون مجال التركيز في النبات لعنصر مغذٍ ما المتوافق مع المستوى الملائم كبيراً بينما لا تتأثر الغلة.وتشير زيادة تركيز العنصر المغذي في النبات إلى تركيز أعلى من تركيز الحد الحرج إلى أن النبات يمتص مغذيات أكثر من الكميات اللازمة للحصول على إنتاج أعظمي وهذا ما يدعى بالاستهلاك الزائد .وينتج عن امتصاص النبات لكميات زائدة من العنصر المغذي انخفاض في الغلة بشكل مباشر من خلال السمية أو بشكل غير مباشر من خلال تخفيض تراكيز عناصر أخرى موجودة في تركيز أقل من الحد الحرج.

خلاصة القول :إن جمي العناصر المغذية الأساسية تتمت بالأهمية ذاتها بالنسبة للنبات باعتبار أن غياب أي منها سواء أكان من العناصر الكبرى أوالصغرى وبغض النظر عن الدور الذي يؤديه داخل النباتم يؤدي إلى عدم إكمال النبات لدورة حياته .وبناءً على ذلك يمكن القول إن النمو النباتي (وبالتالي مستوى الإنتاج النباتي ونوعيته)يحدد العنصر المتوفر بأقل تركيز مقارنة بالتركيز المناسب للنبات من هذا العنصر .ويشكل هذا الموضوع جوهر نظرية العامل المحد د Limiting Factorالتي تكتسب أهمية بالغة في تغذية النبات

كما في تقييم خصوبة التربة .فالإنتاج النباتي (الغلة) يبقى محد[اً عند توفر جميع العناصر المغذية بتراكيز كافية باستثناء عنصرٍ واحدٍ يكون تركيز غير كاف لنمو النبات بصورة سليمة



الوثيقة 30 **رسم تخطيطي يوضح مفهوم العامل المحدد**

حيث الفوسفور والنتروجين هما العاملان المحددان للنمو في (a) و (b) على الترتيب

2- قانون الحد الأدنى

نظرًا للأهمية النسبية لهذه العناصر الغذائية الأساسية لحياة النبات ، فإن كل منها يعتبر عاملًا محددًا للإنتاج ، ولا يمكن الحصول على الإنتاجية الكاملة فى النبات وأصنافه إلا من خلال تواجد كل منها بالكمية والصورة التى يحتاجها هذا النبات.

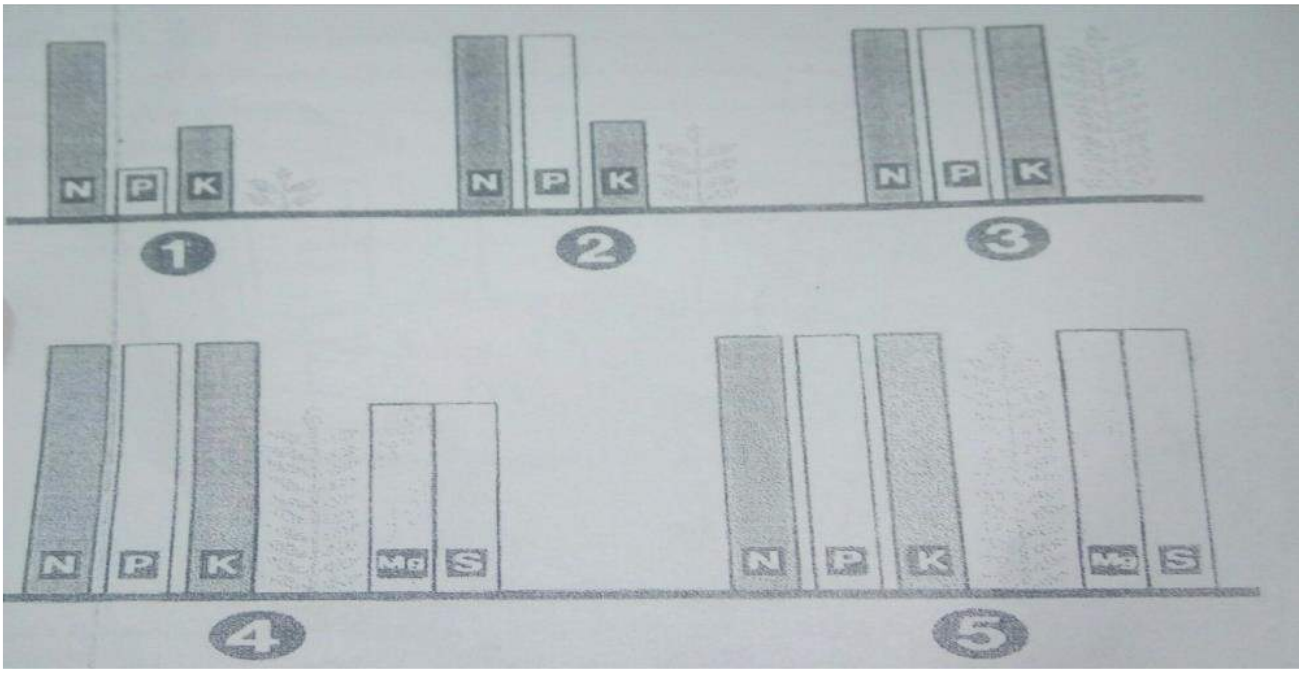
ومن هنا وضع ليبج Liebig قانونًا أسماه قانون الحد الأدنى والذى يشير إلى أن الإنتاجية تتحدد بقيمة الحد الأدنى لمستوى تواجد أى عنصر أساسى ، وهو ما يوضح قيمة وأهمية كل عنصر من العناصر الأساسية فى العملية الإنتاجية ، فإذا حدث ونقص مستوى عنصر غذائى أساسى معين فى وسط نمو النبات فإن الإنتاج المتحصل عليه لا يمكن أن يزيد بأى حال من الأحوال عن مستوى أو مقدار إنتاجية هذا العنصر، حتى وإن كانت جميع العناصر الأخرى متواجدة وبكميات كافية.

فإذا ما تم إضافة هذا العنصر إلى وسط النمو ، فإن الإنتاج يتحسن بصورة ملحوظة مع كل إضافة ، إلى الحد الذى يصبح فيه هذا المستوى من العنصر كاف للإنتاجية المثلى المحددة له وللنبات شريطة وجود كفاية من العناصر الأساسية الأخرى ، وتصبح أى زيادة منه بعد ذلك غير مفيدة.

ولتوضيح إرتباط المحصول بمستوى أقل العناصر تركيزًا (التركيز دون الحد الأمثل) ، نسوق المثال التخطيطى الوثيقة 30 : فعندما يكون مستوى عنصر النيتروجين عند حده الأمثل ، بينما عنصرالفوسفور في حده الأدنى ، فإن الفوسفور) P (فى صورة) P2O5 (أو) P (يصبح العامل المحدد للمحصول.

فإذا ما تم تحسين مستوى الفوسفور لمستواه الأمثل بينما مازال عنصر البوتاسيوم دون حده الأمثل ، فإن عنصر البوتاسيوم) K (يصبح العامل المحدد للمحصول.

وهكذا مع بقية العناصر الأساسية التى يمثل كل منها أهمية خاصة فى حياة النبات ومسئولية مباشرة عن كم وحجم الإنتاج.



الوثيقة 30 يوضح كم الإنتاج مرتبطًا بمستوى الفوسفور

1- وبزيادة الفوسفور أصبح مستوى البوتاسيوم هو العامل المحدد

2- ، وبزيادة البوتاسيوم إرتفع الإنتاج إلى المستوى المناسب للعناصر الثلاثة

3- لكن مع وجود نقص فى الماغنسيوم والكبريت أصبح الإنتاج مرتبطًا بهما بالرغم من كفاية عناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم

4- ومن ثم فإن الإنتاج الأمثل لا يمكن الحصول عليه إلا من المستوى المناسب من كل العناصر

5- وما ينطبق على العناصر الغذائية الأساسية ينطبق على كل عوامل الإنتاج ، فإن المحصول سوف يتحدد بمستوى الرطوبة فى التربة أو درجة الحرارة والإضاءة أو بمقاومة الحشرات والآفات والحشائش وغيرها من عوامل النمو.

3- التشخيص المبدئى لحالة نقص العنصر الغذائى فى النبات

عناصر التغذية الأساسية Essential nutrients ضرورية لجميع النباتات وأى نقص لعنصر واحد منها يترتب عليه حدوث خلل فى الوظائف الحيوية داخل النبات مما يؤدى إلى ظهور بعض الأعراض المميزة لنقص العنصر على النبات . وتتعدد حالات النقص من حيث الأسباب والنوعية والأعراض فيما يلى:

أ- حالات النقص من حيث الأسباب

نقص حقيقى : يرجع هذا النقص إلى نقص مصادر الإمداد بالعنصر الغذائى فى التربة (بسبب عدم إحتواء مادة الأصل .

نقص غير حقيقى : وفيه تكون مصادرالإمداد بالعنصر الغذائى متوفرة وبكميات كبيرة فى التربة ولكنهاغيرصالحة لأن يستفيد منها النبات ، نتيجة للعوامل البيئية فى التربة من حيث رقم حموضة غير مناسب أو نتيجة التضاد بين العناصرأو لعدم التوازن بين الماء والهواء فى التربة أو التثبيت الكيماوى .

بـ - حالات النقص من حيث النوعية:

نقص بسيط : وفيه يكون النقص لعنصر واحد من العناصر المغذية الصغرى ،

نقص مركب : وفيه يكون النقص لأكثر من عنصر ، حيث يكون النقص عادة فى الزنك والمنجنيز والحديد وأحيانًا النحاس.

ج - حالات النقص من حيث أعراض النقص:

نقص ظاهر : حيث تكون أعراض النقص للعنصر واضحة على أوراق النبات ، وتنتشر هذه الحالات في أشجار الفاكهة وفى محاصيل الخضر والمحاصيل الحقلية.

نقص مستتر : حيث لا تظهر أعراض النقص لبعض العناصر على أوراق النبات عندما تكون درجة النقص قليلة ، وتظهر أعراض النقص فى مراحل متقدمة منه ، ومع ذلك يؤثر ذلك على المحصول الناتج . وهذه الحالة من النقص تظهر بكثرة فى محاصيل الخضر والمحاصيل الحقلية ، التى تسبق حالات النقص الظاهرى زمنيًا ، كما أنه لا يمكن التعرف على هذه الحالات إلا بإجراء التحليلات المعملية لعينات نباتية من النباتات المنزرعة.

وقد تظهر الأعراض على النبات كله أو على موضع معين من النبات وهذا الإختلاف فى موضع ظهورالعرض يعتمد بصفة أساسية على حركة العنصر داخل النبات.

وحركة العنصر داخل النبات تعنى قابلية العنصر للإنتقال من عضو أو نسيج نباتى إلى عضو أو نسيج نباتى آخر ، فعند نقص العنصر فإن النبات يحاول حماية حياته فيعمد إلى نقل العناصر السابق إمتصاصه والموجودة فى الأوراق الكبيرة فى السن (الأوراق القديمة) إلى الأوراق الصغيرة فى السن(الأوراق الحديثة) حتى تجد كفايتها من العنصر.

ولذلك نجد أنه فى حالة العناصر المتحركة تقوم النباتات عند نقصها بتحريكها من الأوراق القديمة إلى القمم النامية والأوراق الحديثة وبالتالى يقل تركيزها فى الأوراق القديمة فتظهر أعراض نقصها على هذه الأوراق القديمة أولًا.

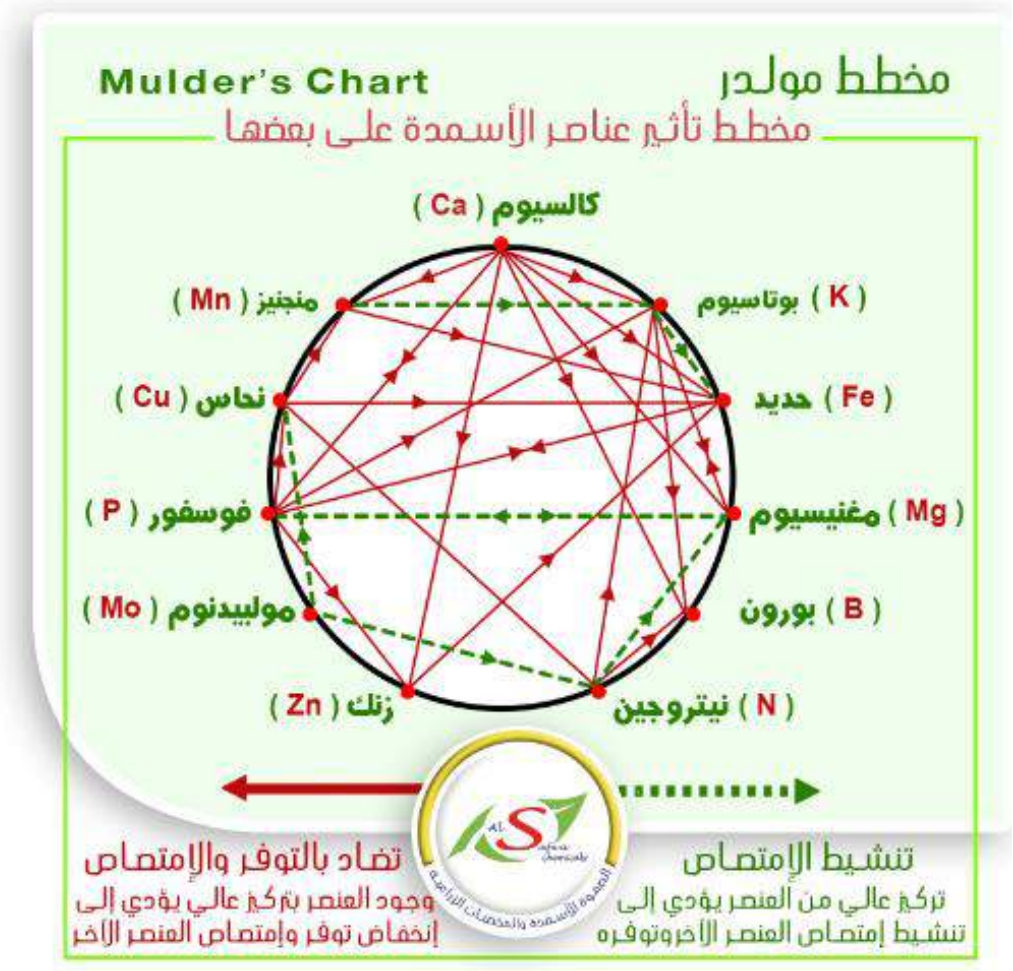
جدول10 أماكن أعراض النقص وعلاقته بالحركة

عناصرعالية الحركة تظهر أعراضها على الأوراق القديمة	عناصرمتوسطة الحركةتظهرأعراضه ا على الأوراق القديمة والحديثة	عناصرقليلة الحركة تظهر أعراضها على الأوراق الحديثة	عناصر غير متحركة تظهر أعراضها على البراعم الطرفية
نيتروجين (N)	الزنك (Zn)	الكبريت (S)	كالسيوم (Ca)
فوسفور (P)		الحديد (Fe)	بورون (B)
بوتاسيوم (K)		المنجنيز (Mn)	
ماغنسيوم (Mg)		النحاس (Cu)	
مولبدنيوم (Mo)		الكلوريد (Cl)	
لا توجد بقع ميتة	توجد بقع ميتة	عروق خضراء	عروق صفراء
نيتروجين (N)	بوتاسيوم (K)	حديد (Fe)	كبريت (S)
فوسفور (P)	مولبدنيوم (Mo)	منجنيز (Mn)	نحاس (Cu)
ماغنسيوم (Mg)		كلوريد (Cl)	
عروق خضراء	عروق صفراء		
ماغنسيوم (Mg)	نيتروجين (N)		
فوسفور (P)			

ظهور أعراض نقص بعض العناصر نتيجة تنافسها فى الإمتصاص مع عناصر أخرى.

ظهور أعراض نقص بعض العناصرنتيجة زيادة تركيزات عناصر أخرى.

ظهور أعراض نقص بعض العناصر نتيجة بعض الظروف البيئية الوثيقة 31



الوثيقة 31 تفاعل التضاد بين العناصر الغذائية للنبات

3- النباتات المرشدة لنقص العناصر

وهى نباتات تستخدم للتعرف على نقص العناصر فى المزرعة فى مرحلة مبكرة حيث أن أعراض نقص العناصر تظهر عليها بوضوح وبدرجة أسرع من أشجار الفاكهة المنزرعة في المزرعة وذلك لحاجتها من هذه العناصر بكميات كبيرة. الجدول 11 يوضح النباتات المستخدمة للتعرف على نقص العناصر المختلفة.

الجدول 11 يوضح النباتات المستخدمة للتعرف على نقص العناصر المختلفة.

العنصر	النباتات المرشدة
النتروجين	الذرة - السورجم
الفسفور	الطماطم – الذرة – البرسيم الحجازى
البوتاسيوم	القطن – الموز – البطاطا – البرسيم الحجازى
الماغنسيوم	القطن
الزنك	الذره – الموالح – الفاصوليا - لوبيا
الكبريت	محاصيل الحبوب
النحاس	الموالح – محاصيل الحبوب
الحديد	قصب السكر – السورجم - الموالح
المنجنيز	عباد الشمس – بنجر السكر – الموالح
الكالسيوم	بنجر السكر – الطماطم – القرنبيط
الموليبدينم	القرنبيط

3 - وظائف العناصر المغذية الضرورية للنبات

نوجز في ما يلي الدور الذي يؤديه كل عنصر من العناصر الضروريه للنبات

3- 1 وظائف_الكربون والأكسجين والهيدروجين

يكفي ان نشير الى عمليه التنفس وعملية التمثيل الضوئي وما يرتبط بها من اكسده واختزال لمعرفه الدور الحيوي للاكسجين والكربون والهيدروجين في النبات كما انه يتحد مع الكثير من العناصر الاخرى لتتكون المواد العضويه والاكاسيد والواقع انه ينظر ان نذكر ان الوثيقة 32

- االعناصر الثلاثة تكون حوالي 96 بالمئه من الماده الجافه التي ينتجها النبات .

- تلعب دوراً أساسياً فى عملية التمثيل الضوئى والنتح فى النباتات.

- تدخل فى تركيب المركبات العضوية البسيطة والمعقدة مثل الكربوهيدرات والنشا والبروتينات.

- المحافظة على بناء الخلية النباتية.

- تساعد على مد النبات بالطاقة اللازمة لنموه وتطوره عن طريق هدم المواد الكربوهيدراتية والبروتينات والدهون خلال عملية التنفس.

3- 2 وظائف النتروجين فى النبات

يمثل النيتروجين من1.5 الى 6 % من الوزن الجاف للنباتات المختلفه فاصله حيث يتراوح بين 1.8 الى 2.2 % في اغلب محاصيل الفاكهه وتصل لاقصى نسبه لها في المحاصيل البقوليه حيث تتراوح بين 4.8 الى6 % ه تختلف هذه النسب تبعا لنوع النبات مرحله النمو والجزء النبات المستخدم في التحليل حيث وجد زياده هذه النسبه في الاوراق الصغيره ثم تقل بالتقدم الاوراق في العمر.

تمتص النباتات النيتروجين غالبا في صوره ايون نترات NO3 بينما بعض النباتات تمتصها في صوره امونيا NH4+.

تمتص النباتات النيتروجين بصوره كبيره خلال مراحل النمو النشطه ولكن تختلف معدلات الامتصاص من صنف لاخر

تمتص النباتات النيتروجين بدرجه كبيره ثم يقل الامتصاص لتقدم النبات في العمر وفي حاله امتصاص النباتات كميه اكبر من حاجتها من النيتروجين تقوم بتخزينه لاستخدامه عند الحاجه له عده ادوار في النبات نذكر منها الوثيقة 32

- يمتص فى الصورة الأيونية الأمونيا والنترات NH_4^+ NO_3^- والأميدات NH_2

- يدخل بصفة رئيسية فى عملية التمثيل الضوئى حيث أنه مكون أساسى للكلورفيل

(الصبغة الخضراء اللازمة لعملية التمثيل الضوئى).

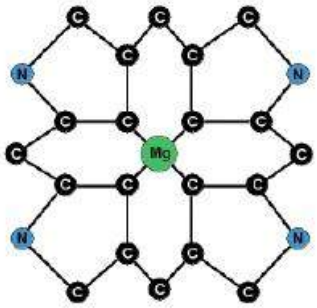
- ضرورى لحياة النبات حيث أنه مكون رئيسى للبروتينات والفيتامينات ٠ النيوكليتيدات »

القلويدات ٠ الإنزيمات ٠» الهرمونات.

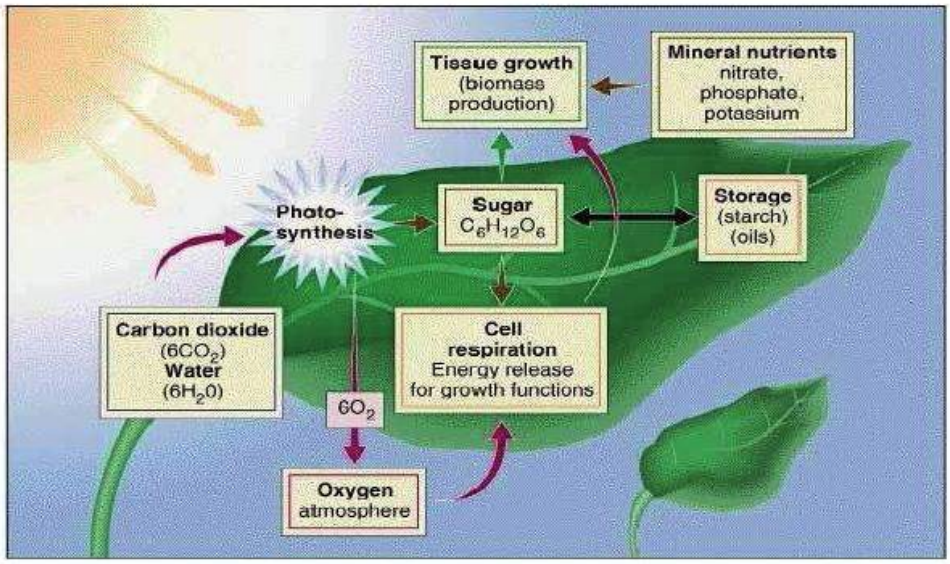
- ينشط النمو الاخضر للنباتات. كما يعطى الأوراق والقلف لون أخضر داكن.

- يحفز تكوين البراعم الزهرية ويزيد من نسبة عقد الثمار ويحسن من خصائص جودتها.

- يتحكم فى إستخدام النبات الجيد لعناصر الفوسفور والبوتاسيوم.



Chlorophyll



الوثيقة 32 : توضح أهمية النتروجين والكربون والاوكسجين والهيدروجين

3- 3 وظائف الفسفور فى النبات

يمثل الفسفور من 0,15 الى 1% من الوزن الجاف في اغلب النباتات وتتراوح تركيزاته المثاليه في الاوراق المكتمله النمو بين 0.2 الى 0.4 % بينما تظهر اعراض النقص عندما يقل التركيز 0.2 % وتظهر اعراض السميه عندما يزيد التركيز عن 1 % ه وقد وجد ان اعلى تركيز للفوسفور في النبات يوجد في الاوراق الحديثه النمو واعناقها

يختلف التسميد الفوسفاتي النيتروجيني ببقائه في التربه فتره طويله بعد الاضافه حيث يلعب الفسفور المتبقي في التربه دورا كبيرا في تسميد النباتات لفتره طويله ، تخضع استجابه النباتات

للفوسفور المضاف لخواص التربه والاصناف وكميه الفسفور وكميه النيتروجين وكذلك طريقه اداره عمليه التسميد

يمتص النبات الفسفور في سوره ايونات الفوسفات ويتراكم في اجزاء ويتراكم في اجزاء التكاثر بالنبات والبذور حيث محاصيل الحبوب على تركيز مقارنه بالمحاصيل الاخرى

تستفيد النباتات 10 % من الاسمده الفوسفاتيه المضافه والباقي بعد فترات طويله فقد يتحول الى صوره غير قابله للاستفاده بواسطه النبات اما يتثبت او يتحول الى صوره غير متحركه

الاسمده الفوسفاتيه قليله الذوبانيه في الماء قليله الحركه في التربه وللاستفاده منها يجب الاداره الجيده بضبط موعد مناسب للاضافه والطريقه الجيده.

له عدة أدوار في النبات نذكر منها الوثيقة 33

ـ يمتص فى صورة أيونات أحادية وثنائية ، عالى الحركة داخل النبات وغير متحرك فى التربة.

ـ أحد مكونات الخلية حيث يوجد في النيكلو بروتينات و الفوسفود ليبدات و الفيتين ؛ والأحماض النووية وغيره من المركبات الغنية بالطاقة .

ـ مكون بنائى لجدر الخلايا والكلوروبلاست والميتوكوندريا والأنسجة المرستيمية وهو مصدر أساسى للطاقة بالنبات.

ـ يقوم بدور أساسي في نمو الانسجة المرستمية و عملية إنقسام الخلية حيث يلعب دوراً مهماً في عملية النمو و تكوين الجذور و نضج الثمار و البذور.

ـ له أهمية في التحولات الكربوهيدراتية و تمثيل الدهون في النباتات و نقل الطاقة.

ـ ينظم الرقم يلعب دور مهم في عملية التنفس بالنبات. الهيدروجيني PH في الخلايا.

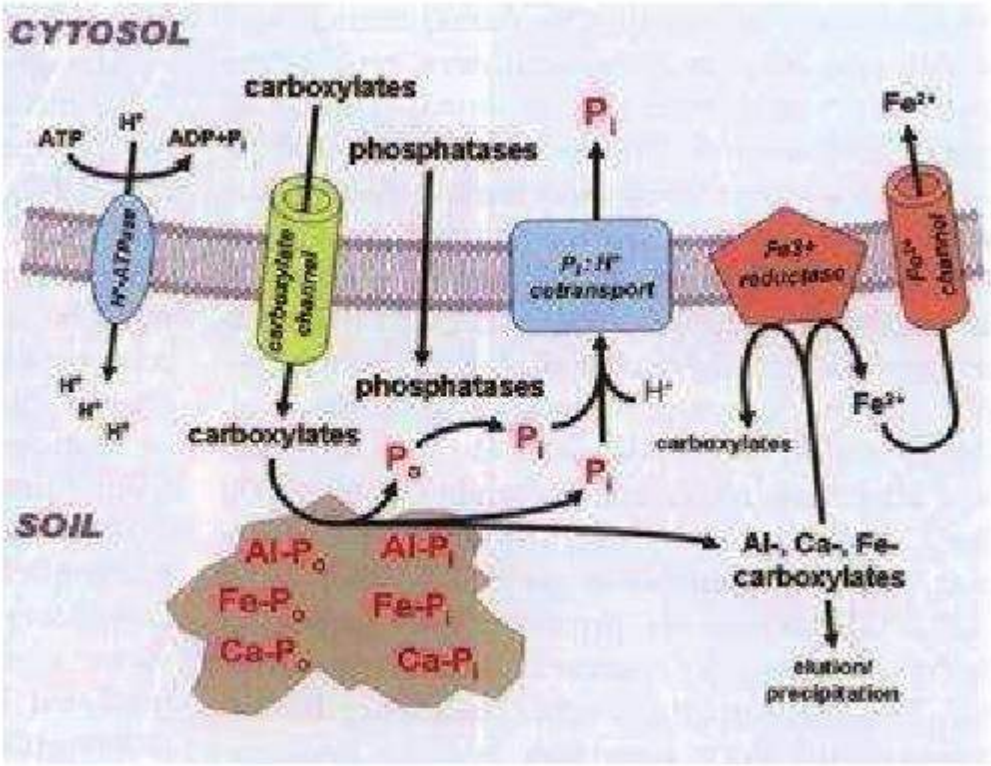
ـ يساعد على تكون البذور وإنباتها وتكوين الأزهار ونضج الثمار وبالتالى يساعد على التبكير فى جمع المحصول

ـ يحافظ على اللون الأخضر اليانع في الأوراق والعروق والسيقان للنباتات والأشجار.

ـ يساعد على سرعة نضج الثمار وزيادة حجمها وظهور الأزهار في قمم النباتات بسرعة أكبر.

ـ يعمل الفسفور بالتعاون مع الأسمدة الطبيعية على تحسين إنتاجية النبات وزيادة المحاصيل الزراعية.

ـ يمنع التساقط الباكر للأوراق في الفصول مثل الخريف وبداية الشتاء مما يحفظ لها نضرتها.



الوثيقة 33 توضح أهمية الفوسفور في تحرير العناصر من التربة ونقله للطاقة بالخلية

4-3 وظائف البوتاسيوم فى النبات :

تواجد البوتاسيوم في النباتات بتركيز يتراوح بين 1 الى 5 % من الوزن الجاف للنبات التركيز المثالي في الاوراق يتراوح من 1.5 الى 3 % في انسجه الاوراق المكتمله النمو وتظهر اعراض نقصه عند التركيز اقل من 1,5% ويكون التركيز زائد عندما يكون اعلى من 3 % احيانا يصل تركيز البوتاسيوم في بعض محاصيل الخضر ما بين 6 الى 8 %، التركيزات العاليه من البوتاسيوم تتواجد في الاوراق الحديثه والساق

اغلب النباتات تمتص البوتاسيوم بكميات اكثر من حاجتها ويطلق على هذه الحاله الاستهلاك الطرفي

يمتص النبات البوتاسيوم بكميات مساويه تقريبا للنيتروجين يتم الامتصاص في سوره ايون البوتاسيوم وتعتبر اشجار الفاكهه مثل العنب ونباتات الخضار مثل الكرنب اكثر النباتات احتياجا لهذا العنصر

المحاصيل العاليه الانتاج والاضافات العاليه من البوتاسيوم تنشط امتصاص البوتاسيوم من التربه وتكون استجابه المحاصيل له اعلى في الارض السوداء والصفراء والحمراء

تقوم النباتات بامتصاص البوتاسيوم من حاجتها في حاله توفره في النبات دون التاثير على النشاط الميتابوليزمي للنبات ويحدث فقد البوتاسيوم من التربه عن طريق الغسيل خاصه في الاراضي الرمليه والغنيه بالكاولينيت بالمناطق الممطره يتثبت البوتاسيوم في معقد الطين. تتمثل وظيفته في ما يلي :

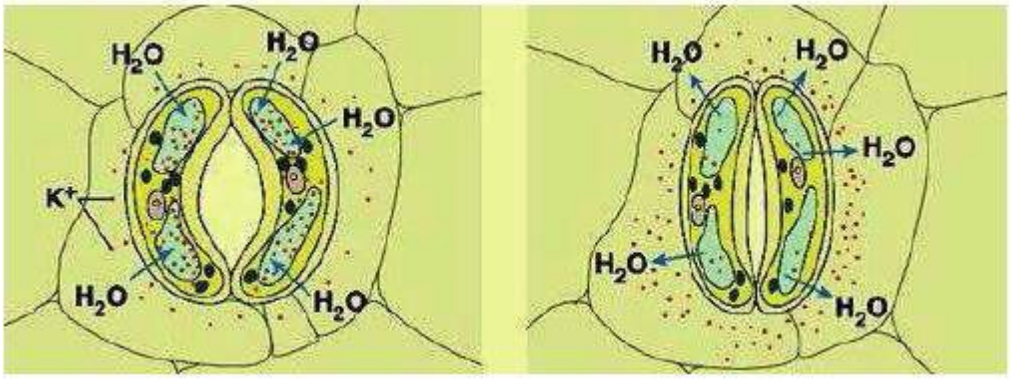
- تحتاجه النباتات بكمية كبيرة مثل النتروجين وهو لا يدخل في تكوين اعضاء وانسجة النبات او مركباته.
- يوجد فى صورة ذائبة في السيتوبلازم والمناطق المرستيمية والعصير الخلوى.
- مؤثر أساسى فى جودة المحصول. له دور تنظيمي او تحفيزي في النبات ويتمثل دوره في :

- تنظيم الجهد الازموزي للنبات لوجوده بصورة ايونية في العصارة الخلوية والنباتات المجهزة بالبوتاسيوم تزداد قدرتها على الاحتفاظ بالماء
- يتسبب في انخفاض معدل النتح يعود الى سيطرة البوتاسيوم على فتح وغلق الثغور الوثيقة 34
- يقلل من الجهد الازموزي لعصير الخشب مما يشجع امتصاص الماء
- يلعب البوتاسيوم دو ا ر هاما في تحفيز معدل عملية البناء الضوئي وانتقال نواتجها
- يقوم البوتاسيوم بتنشيط اكثر من 85 انزيما داخل النبات
- هناك علاقة بين تواجد البوتاسيوم في النبات وعملية تكوين البروتين وله دور مهم في تثبيت النتروجين الجوي في العقد الجذرية للنباتات البقولية.

يحفز مقاومة النباتات للجفاف والحرارة والصفيع يزيد من مقاومة النباتات للأفات والأمراض.

ضرورى لتخليق ويزيد من كفاءة إستخدام النتروجين.

يؤثر بصورة اساسية على تحرك النشا والسكر داخل النبات وبالتالى يكون أكثر أهمية لأشجار الفاكهة والخضروات.



الوثيقة 34 دور البوتاسيوم في آلية عمل الثغور

5-3 وظائف العناصر الثانوية فى النبات

تختلف كميه العناصر الثانويه التي يمتصها النبات من التربه تبعا لنوع النبات الانواع النباتيه المصدر كميه المحصول وبصوره عامه تمتص البقوليات والمحاصيل الجذريه الكالسيوم والمغنيسيوم بدرجه اكبر من محاصيل الحبوب توزيل محاصيل الحبوب من 5 الى 10 كيلوغرام من عنصر الكالسيوم للهكتار بينما يزيل الكرنب حوالي 75 كلغ كالسيوم للهكتار،

الزراعه المستمره تؤدي الى تقليل الكالسيوم القابل للتبادل في التربه الموز ينتج من 20 الى 25 طن في الهكتار تنزيل من 60 الى 70 كيلو غرام من الكلسيوم والمغنيسيوم يستهلك النبات كميه من الكبريت مماثله لكميه الفسفور ويزيل طن من الحبوب من ثلاثه الى اربعه كيلو غرام من الكبريت في التربه

يتراوح تركيز الكالسيوم في النبات بين 2 الى 3 % من الوزن الجاف للانسجه الورقيه بينما التركيز المثالي في اغلب المحاصيل من 0.3 الى 1 % يختلف التركيز الحرج الذي تظهر عنده اعراض النقص على النبات بدرجه كبيره اختلاف النباتات وتتركز التراكيز العاليه من الكالسيوم في الاوراق القديمه

يتراوح تركيز المغنيسيوم بين 0,15 الى 1 % من الوزن الجاف لانسجه الاوراق التركيز المثالي في معظم المحاصيل يصل الى 0.25 % يختلف التركيز الحرج الذي يظهر عنده اعراض النقص باختلاف الانواع النباتيه واعلى تركيز للمغنيسيوم في انسجه النباتات يكون في الاوراق القديمه

في معظم الانواع النباتيه يتراوح تركيز الكبريت في النباتات ما بين 0,15 الى 0.5 % من الوزن الجاف للانسجه الورقيه وتعتبر نسبه بين الكبريت والنيتروجين اكثر اهميه للنباتات من كميه الكبريت الكلي.

3- 5 - 1 وظائف الكالسيوم فى النبات

- غير متحرك داخل النيات ويوجد فى صورة رواسب من أوكسالات الكالسيوم وبكتات الكالسيوم فى الصفيحة الوسط لجدر الخلايا وكربونات الكالسيوم وفوسفات الكالسيوم فى فجوات الخلايا .

وبالرغم من وجوده في النباتات بتركيزات عالية نسبياً مقارنة بعديد من العناصر الغذائية الأخرى إلا أن حاجة النباتات له تكون بكميات صغيرة.

- يتشط النمو المبكر للجذور. .

- يحتاجه النبات فى عمليات إنقسام وإستطالة الخلايا والجذور والأفرع.

- يساعد على تكوين بكتات الكالسيوم داخل الصفيحة الوسطى للخلايا وبالتالى يزيد من مقاومة النباتات للأمراض.

- يؤثر على جودة الثمار عن طريق زيادة الصلابة بجدرها.

- زيادة المقدرة التخزينية للثمار والدرنات والأبصال والجذور الخازنة.

- يدخل في تكوين غشاء البلازما في صورة بكتات الكالسيوم. و في تركيب الكثير من المركبات فوسفات...

- يلعب دور تنشيطي في الإنزيمات مثل إنزيم الاميليز

ـ يساعد الكالسيوم في تكوين البروتينات عن طريق زيادة النترات الممتصة من قبل النبات عند إضافة الأسمدة النيتروجينية في صورة نترات.

ـ يشجع نمو وامتداد جذور النبات وخصوصا الشعيرات الجذرية.

ـ يكون أملاح لحامض الفوسفاتديك (phosphatidic acid) الذي يدخل في تركيب أغشية الخلايا وهو مهم للمحافظة على نفاذيتها وفاعليتها ووجودها بحالة طبيعية والحفاظ على الفجوات والنواة والجسيمات الأخرى مثل الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء فهو ضروري ولا زم لحماية الأغشية البلازميه والجدار الخلوي.

3- 5 - 2 وظائف الماغنسيوم فى النبات

ـ **المغنيسيوم** عنصر أساسي لتكوين جزئ الكلوروفيل ، حيث يدخل في تركيب كل من كلوروفيل أ ، ب ، لذلك فهو أساسي لعملية البناء الضوئي عنصر متحرك في النيات ويمتص فى صورة أيون الوثيقة 35 .

ـ منظم لحموضة الخلية كما يتحكم فى التوازن بين الأيونات والكاتيونات بالخلية النباتية.

ضرورى لتخليق البروتينات .

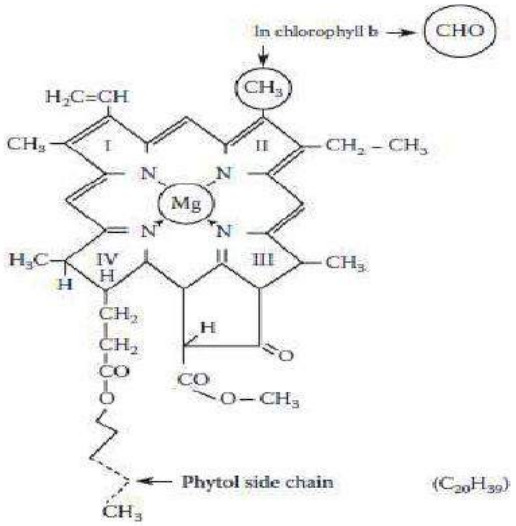
ـ منشط لإنزيمات ميتابولزم الكربوهيدرات وال ATP .

ـ هام فى تكوين الزيوت والدهون بالنبات.

ـ بكتات المغنيسيوم تشترك مع بكتات الكالسيوم في لصق ألياف السليلوز عند بناء جدر الخلايا ، لذلك فهو ضروري لعملية انقسام الخلايا.

ـ يعمل المغنيسيوم كعامل منشط للعديد من الإنزيمات الهامة في تحولات التمثيل الغذائي للمواد الكربوهيدراتية ، كما يعمل كمنشط للإنزيمات التي تشترك في تمثيل الأحماض النووية-RNA DNA

ويبدو أنه يقوم بدور هام كعامل لاصق للميكروزومات microsomes التي يتم عليها تمثيل البروتين ، ويمتص العنصر في صورة أيون المغنيسيوم.++Mg



جزىء الكلورفيل

الوثيقة 35 بنية الكلورفيل

3-5 - 3 وظائف الكبريت فى النبات

- يمتص فى صورة أيونات ويوجد بصورة أساسية فى أوراق النبات. ولا يتحرك بسهوله داخلة.

- هام فى تخليق الأحماض الأمينية المحتوية على الكبريت مثل السيستين والسيستئين والميتايونين الهامة فى تخليق البروتين.

- له دور فى عملية التمثيل الضوئى نتيجه لدخوله فى تكوين كلوروفيل الأوراق.

- دخل الكبريت في تركيب ثلاثة أحماض أمينية أساسية هي : السيستين Cysteine ، والسيستاينCystine ، والميثايونينMethionine

- يدخل في تركيب الثيامين فيتامين ب وهو مرافق إنزيمي ضروري في عملية التنفس ، ويوجد الكبريت أيضاً في تركيب فيتامين البيوتينBiotin ، وفى المرافق الإنزيمي Coenzyme A ،

- يلعب دوراً أيضاً في تلوين الثمار كما في الطماطم والتفاح.

- هام فى تخليق الزيوت

والكبريت عنصر أساسي في تركيب بعض المواد الطيارة التي تعطى الطعم والنكهة المميزتين لبعض الخضراوات ، مثل : البصل ، والثوم ، والصليبيات ، علاوة على أن له دور في حماية النباتات من عديد من الفطريات المسببة للأعفان

3-6 وظائف العناصر الصغرى فى النبات

وهي العناصر التي يحتاجها النبات بكميات صغيرة رغم أهميتها في مراحل النبات الوثيقة 36

3-6 - 1 وظائف الحديد فى النبات :

يدخل في تركيب السايتوكرومات النباتية المسؤولة عن نقل الاليكترونات وتركيب الفيرودوكسين يشارك في عملية الاكسدة والاختزال في عملية التنفس والتركيب الضوئي، يدخل في تركيب الكلوروبلاست الذي يحتوي على % 80 من الحديد الكلي في النبات ، يشارك في تكوين البروتينات النباتية، يشارك في تنشيط العديد من الانزيمات مثل Nitrogenase وغيرها التى تدخل فى عملية التنفس.

- يعتبر أول العناصر الصغرى التى ثم إكتشاف أهميتها الغذائية بالنسبة للنبات يمتص فى صورة أيونات الحديديك والحديدوز وكذلك فى صورة حديد مخلبى . لا يتحرك داخل النبات وبالتالى تظهر أعراض نقصه على الأوراق الصغيرة

- يدخل فى التخليق الحيوى للكلورفيل .

- منظم لعملية التنفس والتمثيل الضوئى وإختزال النترات والكبريتات

3-6 - 2 وظائف المنجنيز فى النبات :

- يمتص فى صورة ايونات وينتقل داخل النبات إلى مناطق إحتياجه.

- يدخل فى تفاعلات الأكسدة والإختزال ونقل الألكترونات

- يدخل بصورة مباشرة أوغير مباشرة فى تكوين الكلوروبلاست.

- ينشط عدد كبير من الإنزيمات.و يساعد فى حركة الحديد.

3- 6 - 3 وظائف البورون فى النبات :

- يوجد فى مناطق النمو وأنسجة التوصيل داخل النبات. يمتص فى صورة أيونات وهو عنصر غير متحرك داخل النبات.

- ضرورى لإنقسام الخلايا داخل الأنسجة المرستيمية.

- هام لتكوين حبوب اللقاح ونمو الأنبوبة اللقاحية وبالتالى يلعب دورا هاماً فى عملية الإخصاب وعقد الثمار وتكوين البذور.

- يؤثر على تخليق الكربوهيدرات وإنتقال السكريات خلال الأغشية الخلوية كما يمنع بلمرة السكريات.

- ينشط تكوين الجذور على العقل.

- يلعب دور فى نشاط الهرمونات وحركتها داخل النبات.

- يزيد من ذوبان وحركة الكالسيوم كما أنه ينظم العلاقة بين الكالسيوم والبوتاسيوم.

- يلعب دور فى العلاقات المائية داخل النبات حيث يزيد من قوة وصلابة الجذور.

3- 6 - 4 وظائف الزنك فى النبات

- يمتص فى صورة أيونات وحركته داخل النبات محدودة وغير متحرك في التربة.

- يدخل فى تركيب عديد من النظم الإنزيمية وبالتالى ينظم عديد من التفاعلات الميتابوليزم داخل النبات.

- يؤثر على تكوين عدد من هرمونات النمو مثل الأكسينات .

- هام فى إكثار عديد من النباتات.

- يلعب دور فى عملية التمثيل الضوئى كما يشارك فى تخليق الكلورفيل والبروتينات.

3- 6 - 5 وظائف النحاس فى النبات_

يمتص فى صورة أيونات النحاس ويحتاجه النبات بكميات قليلة، وأملاح النحاس سامه حتى فى التركيزات القليلة. كما أنه عنصر غير متحرك. ووظائفة مشابهة تقريباً لوظائف الحديد فى النبات.

يدخل فى تفاعلات الأكسدة والإختزال داخل النبات حيث أنه حامل للإلكترونات في الإنزيمات،

يساعد على إستخدام الحديد أثناء تخليق الكلوروفيل.

- يؤثر على نفاذية الخلايا وإختزال النترات.

- يساعد على تخليق ونشاط الإيثلين أثناء نضج الثمار.

- ينشط تكوين فيتامينات فى النباتات.

- يؤثر على تكوين حبوب اللقاح وعملية الإخصاب.

3- 6 - 6 وظائف الموليبدينم فى النبات_

يحتاجه النبات بكميات قليلة ويمتصه فى صورة ايونية .

- كما يدخل فى تركيب انزيمات .

- يلعب دور هام فى إمتصاص وإنتقال الحديد داخل النبات وتخليق البروتينات وتثبيت النتروجين بواسطة البقوليات.

- يشارك فى تفاعلات الأكسدة والإختزال وخاصة الخاصة بإختزال النترات والأمونيا.

- يعمل كقنطره أو وصله لنقل الإلكترونات.

- يلعب دور فى تخليق حمض الأسكوربيك.

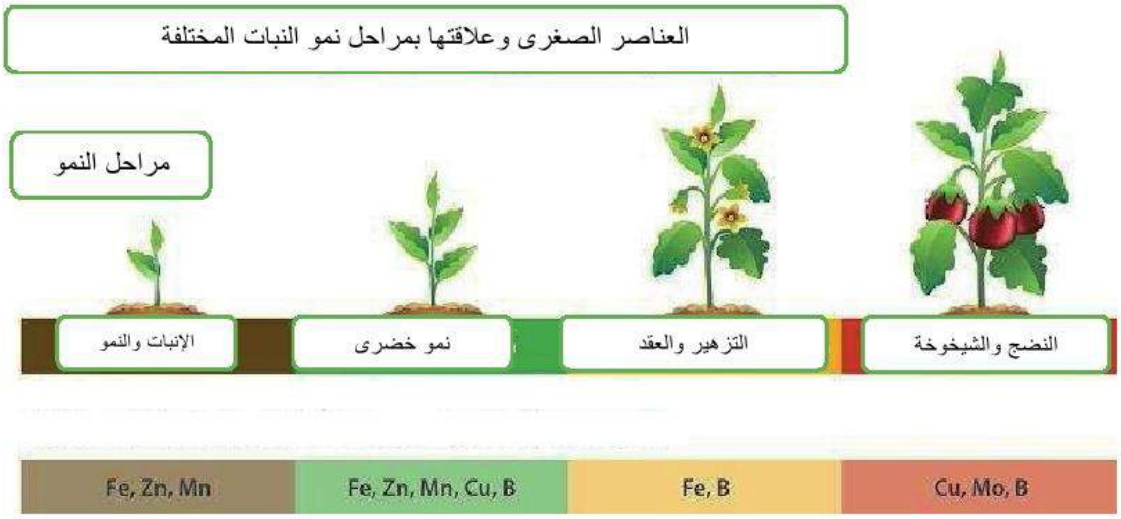
- تعد جزء ضروري من انزيم Nitrogenase المسؤول عن تثبيت النتروجين الجوي ، كما يعد

ضروري للأنزيمات المسؤولة عن عملية اختزال النتراتت، يحفز امتصاص وانتقال عنصر الحديد في النبات .اكثر النباتات احتياجا لهذا العنصر البقوليات والقرنبيط.

3- 6 - 7 وظائف الكلوريد فى النبات

- عنصر متحرك داخل النبات لا يدخل فى تكوين المركبات العضوية ويتفاعل فقط في الصورة الأيونية.

- يلعب دور هام فى إنتفاخ الخلايا الحارسة نتيجة زيادة الضغط الأسموزى. وبالتالى له دور منظم فى عملية غلق وفتح الثغور.



الوثيقة 36 أهمية العانصر الصغرى حسب مراحل نمو النبات

وأخيرا يمكن تلخيص اهم الوظائف للعناصر الغذائية في الجدول التالي

	العناصر الصغري						العناصر الكبري					
	Mo	B	Cu	Mn	Zn	Fe	S	Mg	Ca	K	P	N
امتصاص الماء								■				
النمو المرستيمى		■										
انقسام الخلايا									■			
خصوبة الازهار		■										
تكوين الاجنة			■									
هدم وبناء وتثبيت النيتروجين الجوى	■					■						
هدم وبناء النيتروجين النتراتى	■			■		■		■				
تمثيل الحديد	■											
تكوين وبناء الهرمونات		■			■							
دورة الكربوهيدرات		■										
تمثيل الفوسفور	■							■				
البناء الضوئى	■		■	■		■		■				■
انتاج البذور			■									
تنظيم الضغط الاسموزى										■		
تكوين الميتوكندريا						■						
تنظيم العمليات الانزيمية			■	■	■					■		
تكوين الاحماض الامينية							■					■
تكوين الحامض النووى DNA	■	■			■						■	■
تكوين مركبات الطاقة ATP											■	■
تكوين الكينوانزيمات							■					■
تكوين الزيوت							■					
تكوين البروتينات	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■
تكوين الفيتامينات							■					
تكوين جدر الخلايا									■		■	
نقل الطاقة											■	

4 ـ أعراض النقص والسمية والمعالجة

4 ـ 1 عنصر النتروجين

4- 1- 1 أعراض نقص النتروجين

يمكن أن تظهر أعراض نقص النتروجين على النباتات النامية في الترب الخفيفة لانخفاض قدرتها على الاحتفاظ بالنتروجين وتعرضه للفقد منها بالغسيل كما يمكن أن تظهر هذ الأعراض في الترب الفقيرة بالمادة العضوية لانخفاض محتواها من النتروجين أيضاً.

من المتوقع ظهور أعراض نقص النتروجين على النبات عندما ينخفض محتوى المادة النباتية الجافة من هذا العنصر عن (1.5%) ولما كان النتروجين سريع الحركة في النبات فإن أعراض نقصه تظهر على الجزء السفلي للنبات بدايةً على الأوراق والنموات القديمة للنبات .وتتجلى أعراض نقص النتروجين عموماً بالآتي:

انخفاض معدل النمو حتي تصبح النباتات صغيرة ومتقزمة

تكون الجذور طويلة وقليلة التفرع وبذلك تزداد النسبة(مجموع جذري :مجموع خضري.)

. تكتسب الأوراق القديمة اللون الأخضر الفاتح أو الأخضر المصفر أو الأصفر.

. ينخفض محتوى النبات من البروتينم بينما يزداد محتوا من المواد الكربوهيدا رتية.

تتساقط الأزهار والثمار العاقدة.

. تبقى الثمار صغيرة وتنضج مبكرا وتنخفض الإنتاجية وتسوء النوعية.

. يعالج نقص النتروجين بإضافة الأسمدة النتروجينية للتربة أو رشاً على المجموع الخضري للنبات .وأكثر هذه الأسمدة شيوعاً هي :اليوريا (46 % N) ونترات الأمونيوم (33 % N) وكبريتات الأمونيوم . (21 % N) ويمكن إضافة اليوريا رشاً على المجموع الخضري للنبات على أن لا يزيد تركيز محلول التربة عن. (0.2 – 0.5 %)

4 -1 - 2 اعراض زيادة النتروجين

قد يؤدي الاستعمال غير المناسب للأسمدة النتروجينية سواء من حيث الكمية المضافة أو من حيث موعد التسميد إلى ظهور أعراض زيادة النتروجين على النبات .وتكون هذ الأعراض أكثر وضوحاً عند عدم مواكبة إضافة الأسمدة النتروجينية إضافة مركبات العناصر المغذية الأساسية الكبرى وخاصة الفوسفور والبوتاسيوم وتظهر اعراض زيادة النتروجين بالآتي:

. تتلون الأوراق باللون الداكن وتموت أنسجة قمم الأوراق وحوافها.

. تصبح النباتات غنية بالعصارة وغضّة وقليلة المحتوى من الألياف.

. يتأخر النضج وتصبح النباتات(المحاصيل النجيلية)عرضة للرقاد.

. تتعرض الأشجار متساقطة الأوراق إلى خطر الصقيع المبكر نظراً لتأخر دخولها فـي طور السكون الشتوي.

. قد تؤدي زيادة النتروجين إلى ظهور أعراض نقص بعض العناصر المغذية(مثل Cu (K, B, على النبات.

4 - 2 عنصر الفوسفور

4- 2 1 نقص الفوسفور

تظهر أعراض نقص الفوسفور على النبات عموماً عندما يكون تركيز في المادة 0.1 % وتظهر هذ الأعراض على الأوراق والنموات النباتية الجافة ضمن النبات القديمة فالفوسفور عنصر متحرك ينتقل عند نقص الكميات المتاحة منه في التربة من الأوراق القديمة إلى الأورا ق حديثة النمو.

وتختلف أعراض نقص الفوسفور على النبات باختلاف النوع النباتي وعمر النبات ويمكن إيجاز هذ الأعراض بالآتي:

. تتلون الأوراق القديمة باللون الأخضر الداكن أو الأخضر ذي اللون المزرق الباهت ويعزى ذلك إلى زيادة الكلوروفيل ذي اللون الأخضر اوالأخضر المزرق مقابل الكلوروفيل المصفر.

. تتلون أوراق النباتات البقولية باللون الأصفر بشكل مشابه لنقص النتروجين نظراً لانخفاض فعالية بكتريا العقد الجذرية في تثبيت النتروجين الأمر الذي ينعكس سلباً على تصنيع البروتينات وتشكل الكلوروفيل.

. يزداد تخليق صبغة الأنتوسيانين فتظهر تلونات حمراء أو بنفسجية أو أرجوانية على الأورا ق أو السوق عند النجيليات أو على السطح السفلي أو كلا سطحي الورقة عند النباتات الأخرى.

. يضعف نمو المجموع الجذري وتقل تفرعاته الجانبية تلون هذه التفرعات باللون البني.

. ينخفض معدل نمو النبات وتكون نسبة المادة الجافة للمجموع الخضري إلى المادة الجافة للجذور منخفضة.

. ينخفض معدل تشكل الثمار والبذورم ويتأخر نضج الثمار وتعرضها للسقوط المبكر.

. تنخفض مقدرة النبات على تحمل الصقيع

يعالج النقص بالأسمدة الفوسفاتية المتوفرة على شكل سوبر فوسفات % 46 او غيرها

4 - 2- 2 أعراض زيادة الفوسفور

نادراً ما تظهر أعراض زيادة الفوسفور في الظروف الطبيعية ذلك بسبب تعرض الفوسفور للتثبيت في التربة بآليات وصور شتى ويمكن أن تؤدي إضافة كمية زائدة من الأسمدة الفوسفاتية إلى الإسراع في نضج الثمار بطريقة غير مباشرة من خلال خفض الكمية الممتصة من النتروجين.

وتؤدي زيادة الفوسفور إلى إعاقة امتصاص الزنك والحديد وانتقالهما ضمن النبات كما تختل التغذية بكل من النحاس والمنغنيز والبورون والبوتاسيوم والكالسيوم.

3 4 اعراض نقص البوتاسيوم

- اصفرار في الاوراق عند الحواف و باتجاه الداخل
- التفاف الاوراق على شكل ميزاب
- يتحول لون الاوراق الاصفر الى اسمر او بني محروق
- يسبق الاحتراق عاده لون ارجواني غامق تسبقه بلزمة لخلايا الاوراق

- حجم الاوراق يبقى صغيرا
- اذا كان النقص قليل يتشكل المحصول انما قليل الكم والنوع
- في حالات النقص الشديد تموت الاوراق وخاصه في منتصف الافرع
- يلاحظ ضعف تكوين البراعم الثمريه في الاشجار المثمره
- بشكل عام تكون مواصفات الثمار الناتجه سيئه

يعالج نقص البوتاسيوم بالاسمده المتوفره في الاسواق على شكل سلفات البوتاسيوم 50 %

4 4 أعراض نقص الكالسيوم

- جفاف القمم الناميه للافراح والجذور
- تظهر ميته على الاوراق
- جفاف اطراف الاوراق حديثه النمو بعد ان تلتوي ثم تتقصف
- يلاحظ على الثمار بقعا ميته
- تكون الجذور قصيره وملتويه وتموت معظم الجذور من القمه الاعلى

ان اضافه السوبر فوسفات يعالج باضافه كربونات الكالسيوم

كلوريد الكالسيوم

كبريتات الكالسيوم $CaSO4.2H2O$)

كاربونات الكالسيوم$CaCO\ 3$

اوكسيد الكالسيومCaO

بالاضافه لضرر الذي قد تسببه للضرر الذي قد تسببه ايونات الكالسيوم فهناك ضرر ثاني يرافق هذه الايونات وهو الايونات السالبه المتحده معهم مثلا كلوريد الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم وكربونات الكالسيوم الايون المرافق لهم هو الكلور والكبريتات والكربونات

4- 5- أعراض نقص المغنسيوم:

تبرقش بين العروق مع بقاء العروق الاصلية والثانوية خضراء عادية وفى المراحل المتقدمة تتحول حواف

الاوراق وأطرافها إلى اللون القرمزى ويمكن بقاء أحيانا حافة الورقة خضراء فى البقوليات" بينما عند النباتات العائلة الصليبية يظهر على أوراقها اللون البرتقالى الناصع وبشدة النقص يموت النسيج الاصفر " بنى " وتتساقط الاوراق.

4- 6 اعراض نقص عنصر الكبريت

نظر لدخول الكبريت في تكوين البروتين فان اعراض نقص الكبريت تظهر اولا على الاوراق الحديثه النبات لانه عنصر بطيء الحركه كما ان جميع نص للورقه يكون نصفرا بما في ذلك عروق الورق غضه وطريه لا تجف ولا تتساقط في حين انه تجف وتتساقط في حاله نقص النيتروجين

لا توجد اسمده خاصه بالكبريت لكنه عاده تحتوي الاسمده النيتروجينيه والبوتاسيوم على الكبريت مثل كبريتات البوتاسيوم وكبريتات الامنيوم وحتى سماد السوبر فوسفات ثلاثي يحتوي على ثمانيه على الكبريت وكذلك اليوريا المغلفه بالكبريت

4- 7 **اعراض نقص المنجنيز:**

اصفرار بين العروق الذى يبدأ على الاوراق الحديثة اولا ثم ينتشر الى الاخرى. العروق الدقيقة جدا تظل محتفظة بلونها الاخضر معطية أصفرار شبكى والمناطق المصفرة قد تتحول الى اللون الابيض. وفى الموالح تظهر أعراض النقص على صورة مناطق داكنة الخضرة على طول العرق الوسطى والعروق الجانبية بينما تظهر المساحات بينها بلون أخضر باهت مع حدوث نقص فى طول السلاميات ومساحة الورقة

4- 8 اعراض نقص الحديد

- الحديد من العناصر البطيئه الحركه فيؤدي الى اضرار الاوراق الحديثه ويرجع ذلك الى فقد الكلوروفيل وتحلل الكلورو بلاست وانخفاض في عدد صفائح الجرانا وصغر حجمها
- يحدث نخر موضعي على قمه وحواف الاوراق او موزع بشكل غير منتظم بين العروق او على الورقه نفسها وتكون قمه الورقه مشوهه
- نقص الحديد يسبب انحناء شديد لحواف الاوراق الى الاسفل حيث تبدو الاوراق بشكل القارب المقلوب
- يلاحظ تقزم النبات مع ضعف المجموع الجذري وحدوث الموت التراجعي

- ان انتشار نقص الحديد على اشجار الفاكهه والحمضيات اكثر من انتشاره على المحاصيل الحقليه والخضروات

4- 9 اعراض نقص الزنك

- بقع صفراء بين العروق مع بقايا اجزاء حول العروق الخضراء
- الاوراق الجديده تكون قصيره وصغيره ومتطاوله في مجموعات ورديه تخرج من زر واحد بدلا من الفروع
- موت اطراف الافرع
- يلاحظ وجود بقع زيتيه في اوراق الحمضيات وصغر في حجم الثمار وسمك قشرتها
- تضعف قدره الاشجار على تكوين البراعم الثمريه وكذلك الثمار
- في اللوزيات تكون الاوراق الورديه جالسه على الافراح بدون اعناق

4- 10 اعراض نقص البورون:

تقزم فى نمو النبات فيصبح النمو غير طبيعى. الاوراق الحديثة التكوين تكون مشوهة ومنكمشة سميكة وذات لون أأخضر غامق. موت القمة النامية بزيادة النقص يمنع تكوين الازهار والثمار حيث أن البورون ضرورى لتكوين حبوب اللقاح تصبح السيقان ضعيفة قابلة للكسر الجذور ضعيفة أطرافها ميتة نتيجة عدم إنتقال السكريات من الاوراق الى الجذور.عفن القلب فى بنجر السكر وفيه يحدث إلتفاف الاوراق وتتلون باللون البنى وتبدأ النموات الرئيسية فى الموت فى الطماطم والحمضيات والقرنبيط والتفاح تظهر سطوح خشنة وتكون مواد فلينية على سطوح وداخل الثمار لاشتراك البورون في مادة جدران الخلية مع ملاحظة ان تكوين المادة الفلينية حالة شائعة في نقص كلا من الكالسيوم والبورون ويسمي هذا المرض Internal Cork وتكون مواد فلينية داخل ثمار التفاح

4- 11 اعراض نقص النحاس

- اصفرار الاوراق وموت البراعم - قصر المسافات بين عقد الاغصان - نقل كميه العصير داخل ثمار الحمضيات وخاصه الليمون

يمكن معالجتها بالرش كبريتات النحاس او اي من المركبات النحاسيه المستغله في المعالجات الفطريه

4- 12 اعراض نقص المولبدنم

تتشابه اعراض نقصه مع اعراض نقص النيتروجين حيث تكون النباتات متقدمه مع ضعف واضح في المجموع الجذري

تظهر اعراضه على الاوراق القديمه اكثر من الاوراق الحديثه

الاصابه بمرض ذيل الصوتي كما في القرنبيط وهو ظهور بقع صفراء بين العروق قد تتلون حدود الاوراق رماديا او بني وتذبل انسجه الورقه ثم تتساقط ويبقى العرق الاساسي على شكل سوط

تظهر بقع صفراء على الاوراق غير منتظمه

حدوث انحناء لحواف الاوراق الى الاعلى يشبه الملعقه كما في الحمضيات

الفصل السابع

الملوحة وتغذية النبات

تعتبر الملوحة أحد العوامل الرئيسية المعرقله للتطور الزراعي خصوصًا في المناطق الجافة وشبه الجافة والمناطق الصحراوية .وذلك للتأثير السلبي لملوحة التربة او الماء على نمو وإنتاجية المحاصيل الزراعية، وتسبب عملية الري المتعاقبة غسيل الأملاح تحت منطقة الجذور ، ثم تتجمع الاملاح في أعماق التربة مما يتطلب غسيل الأملاح المتجمعة حيث يؤدي تراكمها الى نقص شديد في امتصاص العناصر الغذائية اللازمة للنبات خاصة البوتاسيوم والمغنسيوم والكالسيوم وبالتالي ضعف النمو وانخفاض انتاجية النبات كما ونوعا .كما أن ارتفاع منسوب الماء الأرضي يعتبر مصدرًا إضافيًا للأملاح نتيجة لحركته للأعلى ووصوله لمنطقة نمو الجذور وذلك لزيادة محتواه من الأملاح الذائبة فيه .وتنتقل الأملاح المتراكمة في أوعية الجذور إلى الساق والأوراق، و الأملاح المتراكمة في الأوراق يمكن أن تسحب منها إلى الجذع وأكثر العناصر بقاء في الأوراق هي Ca و B و Mn والسليكون.

1- تقدير الملوحة

يمكن تقدير الملوحة عن طريق قياس التوصيل الكهربائي أو قياس كمية الأملاح الكلية الذائبة كما تستخدم وحدة قياس تدعى mmho/cm وهي(Millimho per Centimeter ميلي مو/سنتيميتر) وقد تم اعتماد وحدة قياس جديدة وهي (السيمنز) Siemens وتعبر السيمنز عن مقدار التوصيل الكهربائي و يعتبر الديسي سمنز/متر) dS/m (Decisiemens per meter أشهر الوحدات لقياس التوصيل الكهربائي، أم ا تراكيز الأملاح في السوائل أو ما يسمى مجموع المركبات الصلبة الذائبة (TDS) Total Dissolved Solids ، وتقاس بوحدا ت مثل جزء في المليون) ppm (part per million وتعني عدد جزيئات الملح الذائبة في مليون جزءٍ من الماء وهي تعادل 1 (ملغرام/لتر أو جزء في الألف) ppt (Part per thousand وتعني عدد جزيئات الملح الذائبة في ألف جزءٍ من الماء , وأ ن مقدار التوصيل الكهربائي يعتمد على نسبة الأملاح الذائبة و إن كل1 dS/m يساوي ما بين 800 ppm -500 لنوعية الأملاح الذائبة، مع ملاحظة أن التوصيل الكهربائي يزداد بزيادة درجة حرارة الوسط ونوعية الاملاح. فتوصيل كبريتات الأمونيوم Ammonium Sulphate للتيار الكهربائي يبلغ ضعف توصي لنترات الكالسيوم Calcium Nitrateبينما توصيل كبريتات المغنيسيوم يبلغ ثلث توصيل كبريتات الأمونيوم.

2- تصنيف النباتات من ناحية طبيعة تأثرها بالملوحة

تقسم النباتات في الطبيعة الى مجموعتين رئيسيتين من ناحية تأثرها بالملوحة:

.1النباتات الملحية وهي النباتات التي تستطيع النمو بشكل اعتيادي في الظروف الملحية حيث تأقلمت على هذا الوسط وذلك من خلال تطور او تحور بعض الخصائص التشريحية او المورفولوجية او الفسيولوجية لتساعدها على العيش في مثل هذه الاوساط الملحية .من وجه النظر العلمية ان هذه المجموعه من النباتات تستطيع التغلب على اثر الضغط الازموزي العالي للاوساط الملحية وتقسم الى عدة مجاميع اوانواع حسب طريقة التأقلم للملوحة:

أ .**النباتات الملحية المخزنة للاملاح :**وتشمل هذه المجموعه اكثر النباتات الملحية مقاومة للملوحة,وهي تتميز بخلايا لها القدرة على نفاذية الاملاح ولها القدرة على تجميع كميات كبيرة من الاملاح داخلها،

ب . **النباتات الملحية الطارحة للاملاح** وهي نباتات مقاومة للملوحة يتميز برتوبلازم خلايا هذه النباتات بالقابلية العالية على النفاذية للاملاح,ولها القدرة على التخلص من الاملاح . بالتمدد او الانتشار على سطح الأوراق او جسم النبات او من خلال سقوط الاوراق التي تجمعت فيها كميةعالية من الاملاح.

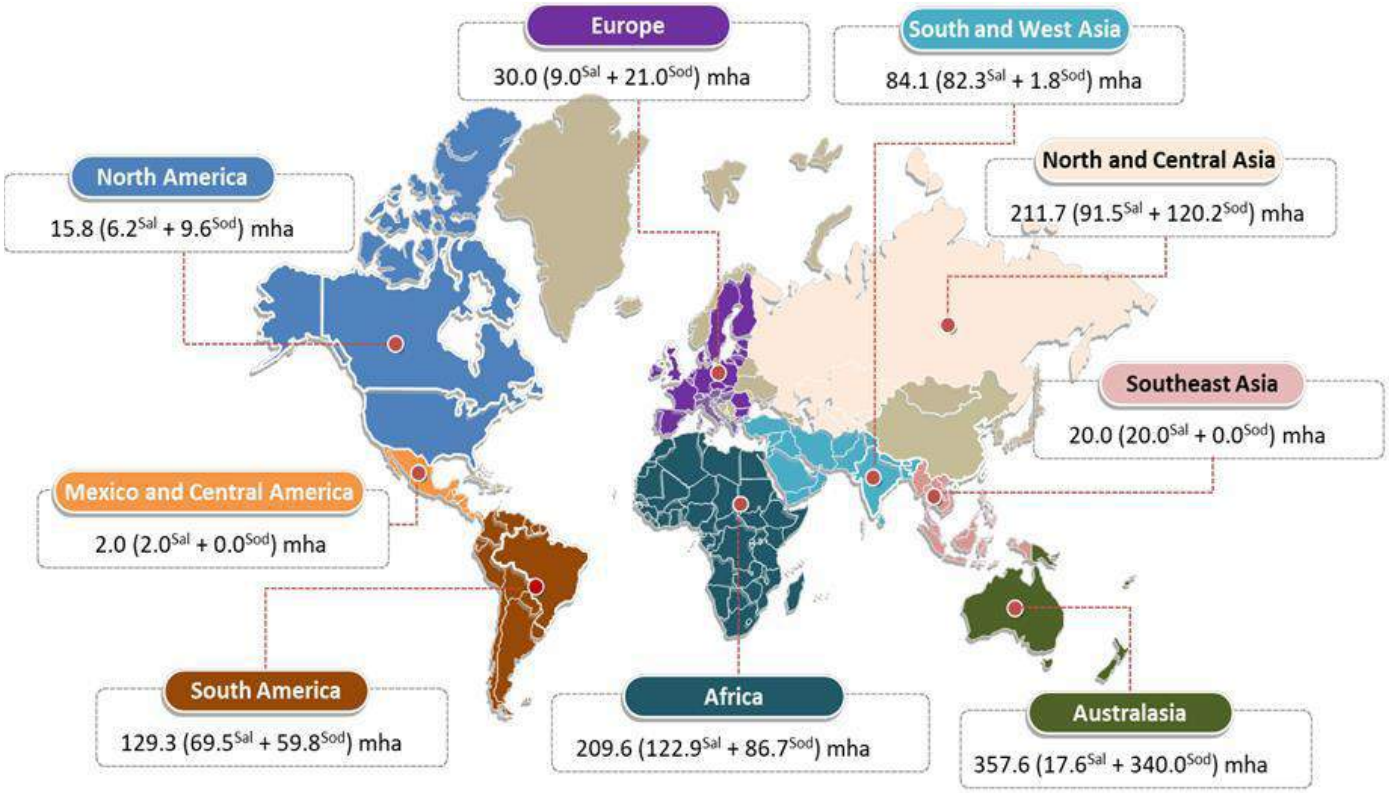
ت . **النباتات الملحية غير النفاذة للاملاح :** تنمو نباتات هذه المجموعه في ظروف غير عالية الملوحة وتعتبر خلايا النباتات في هذه المجموعه اقل سماحا لمرور الاملاح او اقل نفاذية للاملاح وتقاوم الضغط الازموزي العالي من خلال رفع الضغط الازموزي داخل جسمها نتيجة تجمع نواتج عمليات التمثيل الغذائي كالكاربوهيدرات

ث - .**النباتات المجمعه للاملاح موضعيا :**لهذه النباتات القابلية على تجميع الاملاح في بعض المواقع او الاجزاء من جسمها عندما تنمو في ظروف ملحية مثال على ذلك تجميع الاملاح في شعيرات خاصة على السطح العلوي والسطح السفلي للاوراق.

2- **النباتات غير الملحية** وهي المجموعه التي تشمل جميع المحاصيل الزراعية الاقتصادية التي يتاثر انتاجها بالملوحة.

3ـ ملوحة التربة

يقصد بملوحة التربة وجود نسب عالية من المركبات الكيميائية لبعض الأملاح المعدنية مثل كلوريد أو كبريتات الكالسيوم أو المغنيسيوم أو الصوديوم .في محلول التربة ، تشكل الاراضي المتأثرة بالأملاح في العالم حوالي 23 % من مساحة الأراضي المزروعة وتنتشر الأراضي الملحية في حوالي 100 دولة في العالم **الوثيقة** 28 وغالبا في المناطق الجافة وشبه الجافة. تقع أغلب الأراضي العربية ضمن الأراضي الصحراوية أو الأراضي
الجافة وشبه الجافة، نتيجة تجمع المياه وسوء إدارة تلك الأ راضي وتأثر التربة بالأملاح بالقدر الكافي، تؤدي إلى ضعف الإنتاج ونمو كثير من النباتات



الوثيقة 37: خريطة توزع الأراضي الملحية في العالم

وتصنف الترب من حيث نوعية الأملاح إلى ترب ملحية أو قلوية أو ملحية قلوية.

ـ **التربة الملحية** تظهر عليها قشرة بيضاء مكونة من أملاح كلوريد الصوديوم والكالسيوم وكبريتات الصوديوم.

ـ **التربة القلوية** : عند توافر أملاح قلوية من كربونات العناصر الثلاثة السابقة الذكر خاصة عنصر الصوديوم تسمى تربة قلوية أو(السبخه) وتظهر عليها بقع سمراء داكنة
و تكون التربة عجينية القوام ومعظم أملاحها من كلوريد الكالسيوم والمغنيسيوم، وتكثر فيها أملاح كربونات الصوديوم.

التربة قلوية ملحية

وهي التي يصل فيها التوصيل الكهربائي لمحلول التربة المشبع إلى أكثر من4 ميلي مول/سم، وتصل النسبة المئوية للصوديوم القابل للتبادل الأيوني إلى أكثر من 15% وعادة pH لها في حدود 8,5 نتيجة لوجود تركيز مرتفع من الأملاح المتعادلة .

التربة قلوية غير ملحية

وهي التي تحتوي على كمية كافية من الصوديوم القابل للتبادل الأيوني كافية للتأثير على نمو معظم نباتات المحاصيل، ويكون تركيز الأملاح الذوابة فيها منخفض وتصل النسبة المئوية للصوديوم القابل للتبادل الأيوني إلى أكثر من ٪ 15 والتوصيل الكهربائي لمحلول تربتها المشبع أقل من 4 ميلي مول/سم

ويمكن التفريق بين الترب الملحية والقلوية بقياس درجة الملوحة (ECe والرقم الهدروجيني) (pHوالنسبة المئوية للصوديوم القابل للتبادل جدول(12) يبين أصناف الترب حسب **التوصيل الكهربائي والصوديوم القابل للتبادل والرقم الهيدروجيني**

نوع التربة	التوصيل الكهربائي (ECe) ديسيسمنز/متر	النسبة المئوية للصوديوم القابل للتبادل	الرقم الهيدروجيني
ملحية	4 <	15 >	8.5 >
قلوية	4 >	15 <	8.5 <
ملحية قلوية	4 <	15 <	8.5 >

4ـ مصادر الملوحة في التربة

هناك العديد من الأسباب التي تؤدي إلى ملوحة التربة وأهمها:

ـ الأملاح الناتجة عن الذوبان والتعرية المستمرة للصخور(التربة الأم.)

ـ ارتفاع مستوى الماء الأرض ي الناتج عن غياب التصريف الجيد بعد عملية الري.

ـ تداخل مياه البحر مع المياه الجوفية خاصة في الأراضي المحاذية للمناطق الساحلية.

ـ الأملاح الذائبة المضافة خلال مياه الري والتسميد.

ـ الإستخدام المفرط لمحسنات التربة كالجبس والجير

5ـ طرق قياس ملوحة التربة تقاس ملوحة التربة بأخذ عينات من التربة ويتم قياس التوصيل الكهربائي (ECe) أو تركيز الأملاح الذائبة الكلية TDSبمستخلص العجينة المشبعة، كما ظهرت تقنيات حديثة لقياس وتتبع حركة الأملاح في قطاع التربة من خلال وضع أجهزة رصد في الحقل والتي تساعد في معرفة التغييرات في تراكيز الأملاح في التربة . وتصنف التربة حسب درجة ملوحتها وتأثيرها على النباتات إلى الاقسام المبينة في الجدول

الجدول رقم . 13 درجة الملوحة في التربة وتأثيرها على النبات

تصنيف التربة	التوصيل الكهربائي(ECe)	التأثير على النباتات
غير مالحة	اقل من 2	لا تحدث أي ضرر للنبات عند الزراعة بها
خفيفة الملوحة	4 - 2	يحدث فيها تأثير للنباتات الحساسة للأملاح فقط
متوسطة الملوحة	8 - 4	يحدث فيها تأثير على معظم النباتات
عالية الملوحة	16 - 8	ارض لا ينمو فيها سوى النباتات المتحملة للأملاح
شديدة الملوحة	أعلى من 16	لا ينمو فيها إلا النباتات الملحية

إن ارتفاع الملوحة إلى تركيز يعادل ضغط اسموزي مقداره 4 بار يؤدي الى:

ـ انخفاض قوة نفاذية الماء في التربة وبالتالي نقص كمية المياه فيه وبالتالي دخول النبات مرحلة الذبول الدائم

ـ قلة أو توقف نمو النباتات المعروفة بتحملها العالي للملوحة كالبرسيم والقطن والبنجر السكري ونخيل التمر

6ـ ملوحة الميا ه

تحتوي المياه الطبيعية على أملاحٍ مثل الصوديوم والمغنيسيوم والكالسيوم وكلو رید الصوديوم الذي يعد من أكثر أنواعها، ويعد المكوّن الرئيسي لمياه البحر.

تقاس ملوحة المياه بأخذ عينات من مياه الري وقياس التوصيل الكهربائي ECw أو قياس كمية الأملاح الذائبة في المياه ويعبرعنها بالجزء المليون أو ملغرام /لتر(وتعني ملغرام من الأملاح الذائبة في لتر واحد من الماء.)

وتقسم المياه من حيث احتوائها على تراكيز الملوحة إلى الأنواع الآتية وفق الجدول

الجدول رقم 14 . نوعية المياه حسب تركيز الملوحة ICBA, 2012

نوعية المياه	تركيز الملوحة بالمياه ملغرام/لتر	التوصيل الكهربائي ديسيسمنز/متر
عذبة	أقل من 1500	أقل من 2.14
قليلة الملوحة	3000-1500	4.3- 2.14
متوسطة الملوحة	5000-3000	7.0- 4.3
متوسطة على عالية الملوحة	7000-5000	10-7.0
عالية الملوحة	10000-7000	15-10
شديدة الملوحة	أكثر من 10000	أكثر من 15

7 ـ العوامل المحددة لصلاحية مياه الري للزراعة

يعبر عن ملوحة مياه الري ب ECw والعوامل التي تحدد صلاحيتها لري المحاصيل هي:

ـ كمية الأملاح الذائبة ونسب تراكيزها، حيث تتحرك معظم الأملاح الذائبة مع مياه الري فت تس رب إلى أسفل التربة أو تبقى على سطح التربة مسببة بذلك خط ورة على النبات من حيث النمو والإنتاج.

ـ نسبه تراكيز العناصر الضارة في مياه الري ومن أهمها الصوديوم والكلوريد والبورون.

والجدول يبين تراكيز الأملاح في مياه الري وصلاحيتها لزراعة النباتات المختلفة.

الجدول رقم 15 .تراكيز الأملاح بمياه الري وصلاحيتها لزراعة الأنواع النباتية

تركيز الأملاح بمياه الري ملغرام/لتر	المواصفات
أقل من 450	زراعة جميع المحاصيل بما فيها المحاصيل الحساسة لملوحة ماء الري مثل البرتقال - الخوخ - الفاصوليا - البسلة -العدس - الفول السوداني - الفاكهة المتساقطة الأوراق.
2000 -450	زراعة النباتات المتوسطة التحمل للملوحة مثل الجزر والخس والبرسيم والبصل الذرة الرفيعة والقمح والسمسم والطماطم والفلفل والثوم .
اكثر من 2000	زراعة النباتات المتحملة للملوحة مثل الشعير والبرسيم الحجازي والبنجر والقطن وعباد الشمس والخرشوف والكرنب والهليون والبطيخ والكانولا والباذنجان والثوم ومعظم النباتات الطبية والعطرية.

8 ـ الاجهاد الملحي

يعرف الإجهاد في عالم الأحياء بأنه عامل خارجي(بيئي)يسبب تأثيرات غير ملائمة للكائن الحي وتشمل تلك التأثيرات كافة مظاهر الحياة من تغيرات مظهرية(شكلية) وفيزيائية وكيميائية وتشمل المؤثرات البيئية درجة الحرارة والماء والأملاح والضوء وغيرها. الوثيقة 29

الإجهاد الملحي هو عبارة عن وجود فائض من الأيونات على وجه الخصوص ولكن ليس حصريا أيون الصوديوم والكلور الإجهاد الملحي ناتج عن وجود كميات كبيرة من الأملاح في المياه حيث انه يقلل من نسبة الماء في النبات ما يشكل من الناحية الفسيولوجية بيئة جافة كما يعتبر الإجهاد عائقا أمام تحسين المردود، وبعضه مانعا لحياة النبات،

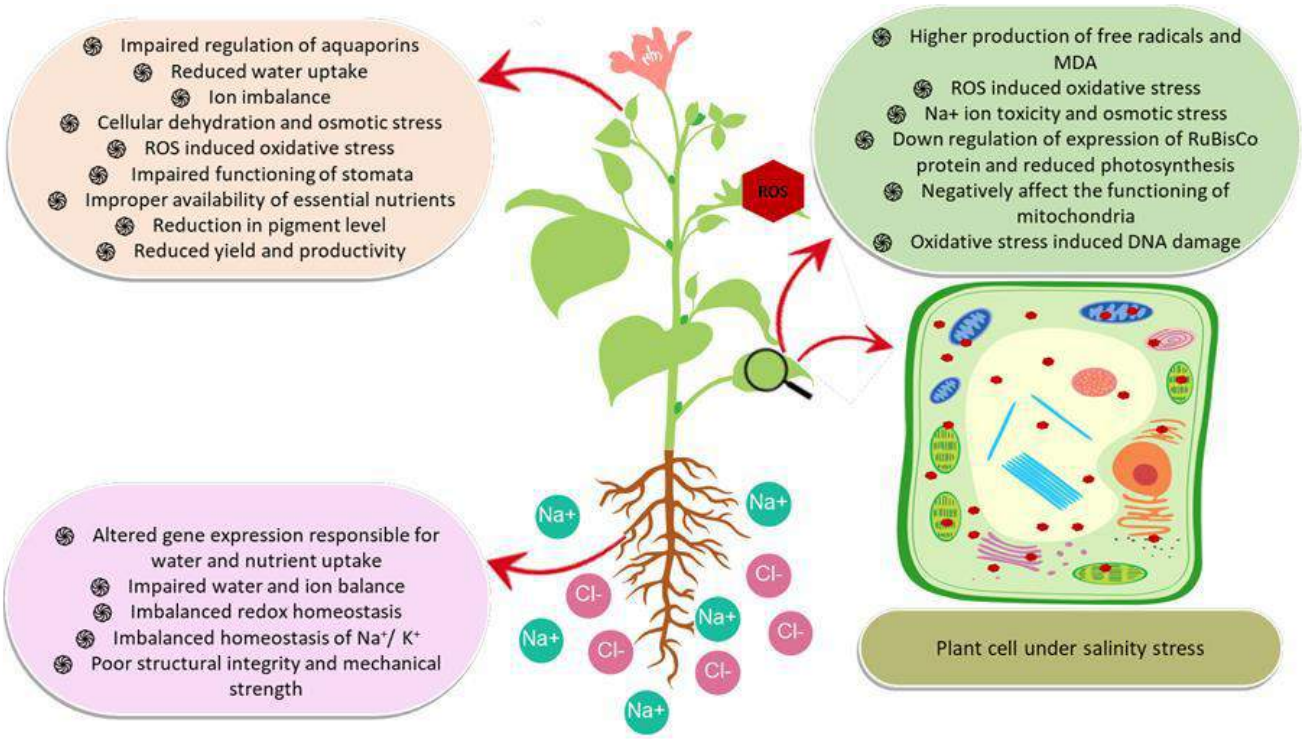
يعامل بعض العلماء وجود الأملاح المذابة في المحلول الغذائي أو محلول التربة على أنها نوع من الإجهاد للنبات ولذا يسمى إجهاد ملحي ويمكن إيجاز ضرر الملوحة على النبات بالآتي:

-إعاقة امتصاص بعض العناصر الأساسية لنمو النبات، بسبب وجود أيونات بعض عناصر الأملاح ولاسيما أيونات الصوديوم

-التسمم الأيوني للخلية نتيجة تجمع معدلات عالية من الصوديوم والكلور والكبريتات فوق طاقة تحمل خلية نبات ذلك النوع

-قلة امتصاص الماء بسبب الشد الأسموزي المسلط على جذر النبات النامي في الوسط الملحي العالي

ـ التسمم الوراثي : إذ إنه بزيادة تركيز الأملاح في سايتوسول الخلية لحد معين يتحطمDNA الخلية وتموت



الوثيقة 38 تأثير ملوحة التربة على النباتات-(Sinha et al 2020

9 ـ تأثير الإجهاد الملحي على المؤشرات المظهرية للنبات

أ ـ اثر زيادة الاملاح في التربة على النباتات النامية

للملوحة تاثيرات متنوعه ومتعدده على المحاصيل الزراعية ويمكن ان تقسم الى ما يلي:

1ـ التاثيرات المباشرة :

التأثيرات المباشرة : يعرف الأثر السلبى للملوحة على النبات والتربة بظاهرتين هما ارتفاع الضغط الاسموزى والأثر التراكمى للأيونات السامة.

1.1 تأثير الضغط الازموزي :

يؤدي وجود الاملاح في التربة الى انخفاض جهد الماء فيها مما يعني ان القوة التي يمسك بها الماء في التربة تزداد مع زيادة نسبة الاملاح رغم ثبات نسبة الرطوبة .ويسمى الشد الاضافي على ماء التربة المتسبب عن الاملاح بالشد الازموزي وينتج هذا الشد بسبب وجود الايونات التي تقوم بمسك كمية من الماء على شكل ماء متميء .

يؤدي ارتفاع الضغط الازموزي في محلول التربة الى عجز النبات عن امتصاص الماء اللازم لفعالياته الحيوية والنتح .

وبذلك تؤثر على تشرب البذور ونمو الجذور وبالتالي على انبات البذور كما وجد Mohsen et al 2014 أن زيادة تركيز الملوحة تقلل نسبة الإنبات عند الذرى الصفراء، كما اشار Houla الى وجود علاقة الانبات والنمو الخضري بكمية وجود الإنتاج في تجربة نبات الطماطم.

ان طور الانبات لا يكون في العادة اكثر حساسية للملوحة من اطوار النمو الاخرى الا ان نمو النبات بعد الانبات مباشرة قد يكون اكثر حساسية للملوحة من الاطوار الاخرى فمثلا يكون طور نمو البدرات من الانبات ولحد اربع ورقات لنباتات الشعير والحنطة والرز اكثر حساسية من طور الانبات او اطوار النمو المتاخرة .

1- 2 التأثير السمي او النوعي للايونات:

ان معظم الايونات الداخلة في تركيب الاملاح والمسببة زيادة ملوحة التربة(مثل الصوديوم والكلور والكالسيوم والمغنيسيوم والكبريتات والكاربونات والبيكاربونات)يمكن ان تسبب زيادة تراكيزها تاثيرات نوعية خاصة على نمو وانتاج المحاصيل الزراعية وذلك من خلال تاثيرات سمية معينة على النبات .

تتزايد نسبة امتصاص الايونات السامة مثل الكلور والبورون والصوديوم عن طريق الجذور فى وجود نسبة مرتفعة منها فى محلول التربة وهو مايسمى بالتأثير النوعي للأملاح (Specific effect). ويؤدى ارتفاع نسبة وجود هذه العناصر فى أوراق النبات إلى اعاقة التغذية وامتصاص العناصر الأخرى. كما أن زيادة تركيزها كافى لاحداث سمية ايونية للنبات

فالكلوريد يسبب حروقا في اوراق عدد كبير من اشجار الفاكهة عند بلوغ تركيز اكثر من % 0,5 في الأوراق والصوديوم اكثر من% 0,2 ، من الايونات الاخرى التي تسبب سمية لمعظم المحاصيل الزراعية البورون الذي يكون ساما عند بلوغ تركيزه في التربة اكثر من 0,5 جزء بالمليون يمكن إيضاح اعراض زيادة تركيز العناصر

ـ الصوديوم : تظهر على أوراق النباتات الحساسة حروق في حالة وصول نسبة الصوديوم ما بين 0,25 - 0,5% على أساس الوزن ـ

ـ الكلوريد :يتحرك هذا العنصر بسهول مع محلول التربة ويستهلكه النبات، ومن خلال النتح يتجمع الكلوريد في الأوراق.وتتحمل معظم أشجار الفاكهة نسب التراكيز التي تتراوح بين 10 – 6 (ملغرام /لتر)إلا أن الضرر يظهر على الأوراق عند التراكيز التي تتراوح بين%. 1.0 – 0.6

•البورون :يصل تركيزه إلى حوالي(15 ملغرام /لتر)في المياه العالية الملوحة .والحد الأعلى لتركيز البورون المسموح به لنمو النبات يتراوح بين(4 – 2 ملغرام/لتر .) .

2- التأثير على التوازن الغذائي في التربة:

ان معظم تاثيرات الملوحة على اختلال التوازن الغذائي للنبات يرتبط بدرجة رئيسية بالتغذية الكاتيونية خاصة وان امتصاص الكاتيونات من قبل النبات لا يعتمد على الكمية المطلقة لها في التربة وانما يعتمد على نسبة هذه الكاتيونات بعضها الى البعض الاخر. حيث لوحظ ان تملح الترب باملاح الصوديوم سبب انخفاض في مستوى الكالسيوم في النبات. ان زيادة الملوحة بشكل عام تسبب حدوث نقص في الكالسيوم في كثير من المحاصيل الزراعية مثل الطماطم والفلفل والكرفس وفي مثل هذه الظروف ينصح عادة باستخدام الرش بمحاليل حاوية على الكالسيوم(مثل محلول نترات الكالسيوم) على النباتات

3 ـ التأثير الفيزولوجي للملوحة:

لوحظ ان زيادة الملوحة في التربة تسبب تأثيرا سلبيا على التوازن الهورموني في النبات حيث تسبب انخفاض عمليات النقل من الجذر الى الاوراق وتجميع بعض الحوامض في الاوراق. كما ان زيادة تركيز بعض الايونات له تأثير خاص على فعالية الانزيمات في النبات ومن الأمثلة على ذلك انخفاض فعالية انزيم dehydrogenase في النبات عند زيادة تركيز الاملاح في الوسط الخارجي للنبات .واشارت بعض الابحاث اخيرا الى ان زيادة الملوحة تسبب ضعف نشاط الانزيمات المسؤولة عن تمثيل البروتين.

2- التاثير غير المباشر :

تؤثر الملوحة بشكل غير مباشر على النبات وذلك من خلال تأثير الملوحة او احد مكوناتها (الكاتيونات او الانيونات)سلبيا على صفات التربة

ـ تؤدي زيادة نسبة الصوديوم على معقد التبادل في التربة الى تكون ظروف فيزيائية وكيمياوية غير ملائمة لنمو النبات

ـ زيادة الصوديوم المتبادل تؤدي الى تشتت مجاميع التربة وانتشار دقائقها مما يؤدي الى كون التربة قليلة التوصيل للماء والهواء

ـ يؤدي ايضا الى تكون قشرة صلبة فوق سطح التربة تؤثر على انبات البذور وبزوغ البادرات .

ـ كذلك فان زيادة نسبة الصوديوم المتبادل في التربة تؤدي الى ارتفاع رقم الحموضة الذي قد يصل الى 10 ورغم ان زيادة رقم الحموضة لا يؤثر بصورة مباشرة على نمو النبات الا انه يؤدي الى انخفاض جاهزية بعض العناصر الغذائية كالكالسيوم والمغنيسيوم والحديد والمنغنيز والزنك والنحاس وعود سبب انخفاض جاهزية الحديد والمنغنيز والزنك والنحاس تحت الظروف القاعدية الى انخفاض قابلية نوبانها اما بالنسبة للكالسيوم والمغنيسيوم فيعود سبب عدم جاهزيتها (عند زيادة نسبة الصوديوم) الى حلول الصوديوم محلهما على معقد التبادل . كذلك فان جاهزية بعض العناصر كالبورون قد تزداد في التربة مع زيادة رقم الحموضة بحيث تكون سامة للنبات وبشكل عام يمكن ادراج تاثيرات الملوحة على النباتات بالنقاط التالية :

أ- زيادة تركيز الاملاح يؤدي الى زيادة الشد الاوزموزي وعدم مقدرة النبات على امتصاص الماء مما يظهر علامات العطش على النبات بالرغم من احتواء التربة على الرطوبة المناسبة .

ب- ايونات بعض الاملاح كالصوديوم والكلور عند تواجدها بتراكيز عالية تكون سامة للنبات لتاثيرها على العمليات الحيوية المختلفة

ت- زيادة ملوحة التربة تؤدي الى اخلال التوازن بين العناصر المغذية المختلفة مما يظهر نقصها على النبات او زيادة تركيزها

ث- الاساءة الى الصفات الفيزيائية للتربة كالتركيب مما يخلق سوءا في تهوية التربة وايصالها للماء بشكل جيد واعاقة انتشار الجذور والاساءة الى الصفات الكيمياوية كالتاثير على جاهزية العناصر المغذية او رفع درجة التفاعل باتجاه القلوية وخفض نفاذية
التربة وضعف البناء وانخفاض حركة الماء بالتربة. ان هذه التأثيرات في صفات التربة ستنعكس حتما على نمو النبات بشكل سلبي

المراجع

احمد الخطيب (2006) اساسيات علم الاراضي جامعه الاسكندريه

الدرفاسي علي بن عبد الله وسليم مصطفى محمد (2008) فيزيولوجيا النبات المتقدم جامعه الملك سعود المملكه العربيه السعوديه

الدسوقي حشمت سليمان والحكيم عبير حمدي اساسيات فسيولوجيا النبات العمليه مكتبه الرشد

الشهير علي عبد الجليل (2019) تغذيه النبات

جابر كريم زينة (2013) الزراعة بدون تربة

حسين عواد الزوبعي الزراعه المائيه

حسام حسن علي غالب (2012) الري والتسميد وتاثير الملوحه على نخيل التمر العراق

حسن رجب الرمادي واخرون (2016) دور السيلينيوم والنانو سيلينيوم في تغذيه النبات صندوق العلوم والتنميه التكنولوجيه مصر

حسن رجب الرمادي واخرون (2016) علم النبات وعلاقته بعلم النانو تكنولوجي البيئي صندوق العلوم والتنميه التكنولوجيه

حسن رجب الرمادي (2016)علم تغذيه النبات وعلاقته بعلوم الاراضي المتقدمه صندوق العلوم والتنميه التكنولوجيه مصر

رجاء علاوي احمد صبره وفتحي عبد الحكيم جمعه (2007) طبيعه الاراضي كليه الزراعه جامعه القاهره

زكريا مسعد الصيرفي (2010) كيمياء الاسمده كليه الزراعه جامعه المنصوره مصر

طلعت رزق البشبيشي محمد احمد شريف (1998) اساسيات في تغذيه النبات دار النشر للجامعات مصر

عبد المنعم محمد بلبع (2002) تغذيه النبات مطبعه الشنهابي للطبع والنشر والتوزيع

عبد الفتاح برر وعبد العزيز عبد الله قاسم (2019)اسس علم البيئه النباتيه كليه التربيه مركز نشر العلمي جامعه الملك عبد العزيز المملكه العربيه السعوديه

عبد العظيم كاظم (2002) اساسيات تغذيه وتسميد النبات المكتب المصري لتوزيع المطبوعات

كاظم ديلي حسن (2016) دروس تغذيه النبات جامعه بغداد كليه الزراعه

محمد خضر عباس (1990) نشوء مورفولوجيا التربه دار الكتاب للطباعه والنشر جامعه الموصل

محمود عبد العزيز ابراهيم خليل 2019 تغذيه النبات والاسمده والتسميد الاراضي الرمليه دار

مظفر احمد داود الموصلي واخرون تغطيه النبات نظري و عملي دار الكتاب العلميه بيروت

مظفر احمد داود الموصلي(2008) الكامل في الاسمده والتسميد تحليل التربه والنباتات والماء دار الكتب العلميه

مهند الحاج حسين (2008) تقدير الاحتياجات المائيه الاداره العامه للتربه والري وزاره الزراعه

ناصر خميس الجيزاوي (2014) دور العناصر الغذائيه في حياه النبات

هدى احمد ياسين تغذيه النبات العملي قسم علوم التربيه والموارد المائيه كليه الزراعه جامعه البصره العراق

ياسين بسام طه (2001) أساسيات فيزيولوجيا النبات كليه العلوم جامعه قطر

يوسف محمد عبد الهادي (1998) فيزياء التربه دار وائل للنشر عمان

الكتاب الحديث

Wiedenhoeft, A. C. (2006). *Plant nutrition*. Infobase Publishing.

Marschner, H. (Ed.). (2011). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Academic press.