فيزيولوجيا التغذية

العناصر المعدنية

التغذية النباتية: تعتبر التغذية نشاط فسيولوجي لأنها مصدر أساسي للطاقة بالنسبة لجميع النشاطات الحيوية وما يحويه الغذاء من مركبات كيميائية تكون ضرورية للنمو : Grouth و للتطور Dovelopment و التكاثر

Reproduction و الفعاليات الايضية الأخرى métabolisme و يسمى حصول كائن حي على هذه المواد بالتغذية Nutrition

وتنقسم الكائنات الحية إلى نوعين حسب التغذية:

1- كائنات حية غير التغذية: Heterotrophic و هي الكائنات الحية التي تحتاج للمواد العضوية مثل الكاربوهيدرات و البروتينات و الدهنيات كذلك و العناصر المعدنية في غذائها.

و تتميز هذه الكائنات بأن المركبات العضوية اللازمة لها تتكون خارج جسمها فهي لا تستطيع أن تعتمد على نفسها

في بناء غذائها العضوي و أمثلة هذه الكائنات هي الحيوانات، الكائنات الخالية من الكلوروفيل مثل الفطريات و البكتيريا و النباتات الزهرية المتطفلة.

2 - كائنات ذاتية التغذية: autotrephic وهي الكائنات الحية التي تستطيع أن تضع غذائها بنفسها بعد حصول

الغذاء المعدني فقط و ذلك باستخدامها للطاقة الشمسية وCO_2 من الجو والماء فتصنع جزئ سكر الجلوكوز و يشكل هذا المركب الأساس الذي تبنى منه الجزيئات العضوية الأكثر تعقدا و لهذا السبب تعتبر تغذية النباتات تغذية معدنية (غير عضوية)

مصدر هذه المعادن هو التربة عدا عناصر الكربون و الأكسجين فيحصل عليها النبات من الجو و الهيدروجين من الماء

أما النيتروجين فبرغم من كونه غازا (78% في الجو) فان النبات يحصل عليه من التربة.

التغذية المعدنية للنباتات الزهرية:

إن عملية التحسين الكبيرة في انتاج المحاصيل الحقلية يأتي من عدة عوامل متحدة مع بعضها منها

1 - المكننة الزراعية

2- استخدام و تطبيق المخصبات

3 - مكافحة الآفات الزراعية pestieides (خاصة الحشرات)

إن عمل المخصبات هو زيادة خصوبة التربة (قدرتها على نشاط ثابت والحصول على نباتات سليمة) و المواد المعدنية هي مركبات كيميائية لا عضوية تستخدم بشكل كبير كمخصبات في العمليات الزراعية و عمليات البستنة

احتياجات النباتات الزهرية للمعادن

في القرن 17 سجل اكتشاف علمي ينبه على أن نمو النباتات يعتمد على التجهيز بالمواد المعدنية ومنذ ذلك الحين و حتى مرور قرنيين من الزمن لم يحصل أي تقدم علمي حتى مجيء العالم الفزيولوجي النباتي الألماني julionovas sacl (1860) الذي قام بوصف نظام معين لنمو النباتات بدون التربة، وبعد عدة سنوات جاء العالم Knop فوضع معادلة لمحلول غذائي سائل مهما بالنسبة لمختلف النباتات.

إن الفائدة الرئيسية في استخدام المزارع المائية هو دراسة متطلبات النباتات بالنسبة للمواد المعدنية و ذلك لتثبيت المركبات الكيميائية في المزرعة المائية و هذه التقنية تساعد على إيجاد كيف يستجيب النبات لأي من العناصر

المعدنية .

تركيب محلول Knop

يتركب محلول كنوب Knop من:

المركب الكيميائي	الكمية
KNO_3	0.2 غ
$Ca(NO_3)_2\ H_2O$	0.08 غ
KH_2PO_4	0.2 غ
$MgSO_4\ 7H_2O$	0.2 غ
$FeCl_3$	0.1 غ

هذه العناصر مذابة في 1 ل من الماء المقطر

و تستخدم المزارع المائية بإذابة المواد المعدنية في الماء المقطر بعد التنظيف الأواني تنظيفا جيدا ، الا أن هذه المزارع المائية عدلت أو حورت من من طرف العالم HewiH 1974 م

العناصر الكبرى	غ/100سل ماء	العنصر	غ/100سل ماء	العنصر
	0.156	K	0.404	KNO3
	0.075	N	0.656	Ca(NO3)2
	0.160	Ca	0.368	Mgso4 7H2o
	0.036	Mg	0.208	NaH2 Po42H2o
	0.048	S	0.350	Fe citrate 5Ho2
	0.041	P		-
	0.005	Fe		-
العناصر الصغرى	0.0055	Mn	0.0223	MnSO4 4H2O
	0.0006	Zn	0.0029	ZnSO4 7H2O
	0.0006	Cu	0.0025	CuSO4 5H2O
	0.0054	B	0.0031	H3BO3
	0.0005	Mo	0.0012	Na2MO4 H2O
	0.0035	Cl	0.0085	NaCl

إن أثر نقص العناصر على نمو النباتات في المزارع المائية يمكن حسابه بعدة طرق وإحدى أبسط هذه الطرق هي مقارنة الكتلة الرطبة مع الكتلة الجاف أو العضو منة، يوضع في محلول ناقص عنصر واحد أو أكثر مع نبات مشابه ينمو في محلول كامل.

التربة كمصدر للمواد المعدنية

تعتبر التربة أكثر تعقيدا من المحلول الغذائي المائي و تحتوي التربة الخصبة على سلسلة من العناصر الغذائية أو المادة العضوية. و خاصة من النباتات الميتة و المتفسخة عن طريق الماء و الهواء و الكائنات الحية الدقيقة و بخاصة البكتيريا و الفطريات و الحيوانات الصغيرة التي تعيش في التربة. ونتيجة للتفاعلات المختلفة للمركبات هذه تصبح المواد المعدنية متيسرة للجذور.

في التربة الطبيعية تتمكن النباتات من الحصول على النيتروجين من تفسخ المواد العضوية بواسطة الكائنات المحللة (البكتيريا+ الفطريات).

إن أغلب K. Cu.Mg.S.P التي تمتص من التربة هي من أصل عضوي. أما بقية العناصر مع Fe و العناصر الأثرية فيمكن الحصول عليها من السلسلة المعدنية بتجوبة المعادن

فالكاتيونات مثل ca^{+2} K^{+} , mg^{+2} تجذب و تربط مع الشحنات السالبة لجزيئات الطين و الغرين و يكون هذا الارتباط غير ثابت حيث يمكن للعناصر أن تتفكك بواسطة التبادل الأيوني أما بالنسبة للأيونات السالبة مثل Cl^{-} SO_4 $-NO_3^{-}$ تكون عادة غير سالكة هذا الطريق و انما توجد بشكل مذاب في ماء التربة و عادة تكون الفوسفات $PO4^{--}$ بشكل مركب غير ذائبة كفسفات الكالسيوم و الحديد و الألمنيوم.

و في النظام البيئي الأرضي تعتبر التربة في حالة من التوازن حيث تقوم النباتات بامتصاص العناصر المعدنية ثم تعود هذه العناصر إلى التربة عندما تموت النباتات و تتحلل من قبل الاحياء الدقيقة. و بالمقابل فان كميات من المواد المعدنية تزال حوليا من التربة المزروعة، و غالبا ما يكون الفقدان العالي للعناصر يرجع لمحتوى العناصر العالي في المحاصيل أثناء عملية الجني

ولهذا السبب يعتبر من الضروري رش التربة بالمخصبات المعدنية أو بواسطة الأسمدة الحيوانية لنمو المحاصيل. و فيما يلي جدول يبين محتوى العناصر الغذائية في أوراق البنجر السكري (after wallau) 1961

Mineral content of leaves of wger geet

العنصر	B	Mn	Fe	P	K	Mg	Ca
ا لكتلة الجافة	0,0029	0,0046	0,0125	0,35	4,21	0,55	26,4

المزارع الصناعية:

و فيها تستبدل التربة بأنواع أخرى من البيئة و تنقسم إلى:

المزارع المائية:watre culture و فيها يزرع النبات في الماء يضاف إليه المغديات المعدنية الكبيرة و الصغيرة معلومة التركيب و الكمية.

المزارع الرملية: sond culture و فيها يزرع النبات في الرمل المغسول يضاف إليه المغديات المعدنية الكبيرة و الصغيرة معلومة التركيب و الكمية تستعمل هذه المزارع في التحكم في بيئة الجذور و في دراسة تأثير العناصر المختلفة على النبات فعند إضافة كل العناصر الغذائية الضرورية ما عدا العنصر المراد دراسته (عنصر Mg أو Ca) **مثلا**

3 - Nutrient Film Technique في السنوات الأخيرة عمل على تطوير نظام زراعي في البيوت الزجاجية في المعاهد البريطانية لزراعة المحاصيل الحقلية بدون تربة حيث تنمو النباتات في قنوات بلاستيكية و خلالها يمر الماء يحتوي على كميات متوازنة من العناصر الغذائية الكبرى و الصغرى، وقد نجحت التجارب بشكل أنه أصبح بالإمكان زراعة الطماطم و الخيار و الشليك و الخس و بشكل تجاري بهذه الطريقة.

إن إحدى الفوائد المهمة لهذه الطريقة في الزراعة هما:

زيادة الإنتاج في المحاصيل الحقلية و بخاصة الخضروات.

و قد تم عمل هذا النظام في أستراليا و أمكن الحصول على محصول الخس لمدة عشرة مرات في السنة هذا من جهة، و من جهة أخرى فان إحدى الفوائد الكبيرة في الحقل الزراعي هي استخدام الطريقة هذه في المناطق ذات التربة الجافة جدا و ذلك لأن الماء خلال عملية التبخر يكون قليل جدا.

التربة كوسط لنمو النباتات

يعتمد نمو النباتات أساسا على التربة للحصول على

1- الماء . 2 العناصر الغذائية. إضافة إلى ذلك يجب أن نهيئ التربة كبيئة تتمكن فيها الجذور من أداء وظيفتها و يتطلب هذا مسامات لاستطالة الجذور 3- يجب توفر الأكسجين لتنفس الجذور و انتشار CO_2 المتراكم . 4 عدم وجود العوامل المعوقة و المثبطة و هي الأملاح السامة أو التراكيز العالية للأملاح . 5 درجة حموضة التربة.

و تقوم التربة بوظائف أخرى تأمين الإسناد للنباتات

1 - احتياجات النباتات للماء

يتطلب إنتاج باوند واحد من المادة الجافة بالنسبة للنبات حوالي 500 باوند و أن حوالي 5 باوندات فقط يصبح جزء من تركيب النباتات و يفقد الباقي من خلال ثغور الأوراق و بما أن نمو جميع النباتات (المحاصيل الاقتصادية) سيتوقف عند حدوث نقص في الماء وقد يكون هذا وقتيا فان قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء ضد قوى الجاذبية تصبح مهمة جدا.

2 تجهيز النباتات بالعناصر الغذائية

هناك 16 عنصر على الأقل هي من العناصر الأساسية لنمو النباتات ويحصل النبات على C وO_2 و H من الماء و الهواء ، و تشكل هذه الثلاثة 90% من المادة الجافة لأنها تكون الكربوهيدرات و الدهنيات و البروتينات أما العناصر 13 الباقية فيحصل عليها النبات من التربة و تقسم هذه العناصر حسب الحاجة إليها إلى عناصر كبرى يحتاجها النبات بكميات كبرى وعناصر صغرى يحتاجها بكميات قليلة، و لقد وجد أن هناك حوالي 40 عنصرا اضافيا في النباتات و ان بعض النباتات تجمع عناصر غير ضرورية و لكن لها تأثيرات مفيدة

فمثلا امتصاص الصوديوم من قبل نبات الكرفس يؤدي فقط إلى تحسين النكهة (المذاق)

و توجد العناصر الغذائية في حالة غير ذائبة أو غير متيسرة للنباتات لكنها تصبح متيسرة للنباتات بواسطة تجوية المعادن أو تحلل المادة العضوية ونادرا ما تكون التربة قادرة على إمداد العناصر الغذائية لفترة طويلة و بالكميات المطلوبة لإنتاج المحاصيل

إن نسب العناصر الغذائية مهمة فزيادة عنصر ما قد يؤدي إلى نقص عنصر آخر فمثلا يؤدي زيادة نسبة كل من عنصري Ca^{+2} Mg^{++} إلى نقص في عنصر k^+ و هذا النقص ناتج من عرقلة العنصرين الأوليين لامتصاص عنصر الـ K^+. ويحصل امتصاص العناصر من التربة إما على هيئة كايتونات (+) أو النيونات (-).

امتصاص العناصر المغذية

العنصر		الصورة الأيونية التي يمتص بها	
N		No^{-}_{3}	NH^{+}_{4}
P		$H_2Po^{-}_{4}$	HPo^{-2}_{2}
S	الكبريت	So_4^{-2}	
B	البورون	BO_3^{-}	
Mo	اللبيدات	MoO_4^{-2}	
Cl		Cl^{-}	
Ca		Ca^{+2}	
Mg		Mg^{+2}	
K		K^{+}	
Mn		Mn^{+2}	
Fe		Fe^{+3} Fe^{+2}	
Zn		Zn^{+2}	
Cu		Cu^{+2}	

2 تجهيز النبات بالماء

يتطلب إنتاج باوند 1 (**1 باوند = 450غ**) بالنسبة للمادة الجافة

و بالنسبة للنبات حوالي 500 باوند ماء و إن حوالي 5 باوندات فقط تصبح جزء من تركيب النبات.

3 احتياج النبات إلى الأكسجين:

للجدر فتحات تدعى بالعديسات تسمح بتبادل الغازات و منها ينفذ الأوكسجين إلى خلايا الجذر و يخرج منها Co_2 الناتج حيث تتحرر الطاقة في عملية التنفس و هذه الطاقة يحتاجها النبات في تكوين خلاياه و نقل المركبات العضوية باتجاه معاكس للتركيز (النقل النشط) تنمو بعض النباتات (مثل الأرز) في مياه غير الجارية لأن تركيبه المورفولوجي يسمح بانتشار داخلي للأكسجين الجوي نحو خلايا الجذور

إن الإنتاج الجيد لأغلبية النباتات في المزرعة المائية يتطلب تهوية المحلول و تختلف النباتات في مقاومتها في تحمل نقص كمية الأكسجين فقد تذبل النباتات الحساسة عند إشباع التربة بالماء ليوم واحد و هذا الذبول نتيجة اضراب في الفعاليات الحيوية(الأيضية) بسبب نقص الأكسجين

4 عدم وجود العوامل المثبطة:

من العوامل المثبطة في محيط التربة هي الحموضة الشديدة و القلوية الشديدة و الأحياء المرضية و الأملاح الزائدة والمواد السامة، فيجب أن تكون التربة خالية منها لتصبح خصبة صالحة لزراعة المحاصيل.

اختلاف متطلبات النبات

يمكن تأمين متطلبات الكثير من النباتات الاقتصادية على نحو مرض إذا كانت التربة جيدة التهوية و تفاعلها قريب من التعادل (بالنسبة إلى PH)

ولا توجد فيها طبقات تمنع تغلغل الجذور و تخلو من الأملاح الزائدة ولها ماء كافي و تخزين وافر من المغديات المعدنية .

فهناك نباتات تنجح زراعتها عندما تكون التربة شديدة الحموضة مثل نبات الأناناس إلا أن البرسيم والشوندر تكون مقاومتهما منخفضة للحموضة و تتطلب تربة معادلة للإنتاج العالي .

و يزرع التبغ الذي يستعمل لصناعة السجائر في ترب تكون منخفضة بمادتها العضوية و لغرض انخفاض في نسبة النيكوتين في التبغ يجب التأكد من حصول نقص فيN الجاهز للنبات قبل الحصاد ببضعة أسابيع. و ذلك للحصول على زيادة في اللذة و النكهة المرغوبتين و أن التربة الرملية ملائمة جدا لهذا الغرض (تثبيت N يكون قليل لعدم وجود ميكروبات التثبيت)

كيف تستغل التربة من قبل النبات:

تؤثر كثافة و توزيع الجذور على كفاءة النبات لاستغلال التربة فمثلا محاصيل الحبوب و الخضر غالبا ما تستجيب للفسفور المضاف أما النباتات المعمرة فتدخر معظم الفسفور الضروري لاحتياجاتها من نسبة لأخرى للقيام بالفعاليات الحيوية و نادرا ما تستجيب للسماد الفوسفاتي.

و يتأثر نمو الجذر بالبيئة لذلك فان توزيع الجذور و كثافتها يعتمدان على كل من النبات و طبيعة بيئة الجذور. فالبذور هي نباتات في دور السباة فعند وضعها في تربة رطبة ملائمة الحرارة تمتص الماء تنافذيا osmosis

و تنتفخ و من ثم تصبح التربة نشطة وينتقل الغذاء المخزون من السويدا Endosperim إلى الجنين لاستهلاكه في النمو، فتنمو أولا الجذور ومن ثم تتكون الأوراق الخضراء و تبدأ عملية التركيب الضوئي ويصبح النبات غير معتمد على البذرة في الغذاء و بامتداد الجذور في التربة يصبح النبات معتمدا كليا على الجو و التربة في معيشته و إلى حد ما فان هذه المرحلة تعتبر حرجة في حياة النبات.

لصغر النظام الجذري الذي قد لا يتمكن من التماس الكافي مع كميات كبيرة من سطح التربة لتجهيز احتياجات الفسفور القليل الحركة جدا في التربة و تظهر على النبات غالبا في هذا الوقت أعراض نقص الفسفور إلا أن الأعراض تختفي بالتدريج حيث أن انتشار الجذور في التربة يمكن النبات من استغلال كميات متزايدة من الفسفور. إن وضع الماء الفوسفاتي الذائب في طريق امتداد الجذور الفتية و خاصة بالنسبة للنباتات الحولية أصبح عملية شائعة في الإنتاج الزراعي.

ومن الواضح أنه كلما عانت حركة المادة الغذائية في ماء التربة أكثر كلما زادت سهولة انتاجها الى الجذور و امتصاصها من قبلا النبات.

أهمية العناصر الغذائية المعدنية للنبات.

لقد وجد أن الماء يشكل من 90 الى80 % من وزن النبات الطري أما الباقي من 10 إلى20% فيشكل المادة الجافة. و قد وجد أن 80 -90 % من المادة الجافة تتشكل من الكربون و الأكسجين أما الباقي فيتكون من المواد المعدنية التي تظهر عند حرف المادة الجافة كرماد

و تختلف النباتات بعضها عن بعض وكذلك أجزاء النبات الواحد في كمية الرماد الناتجة من حرق المادة الجافة حيث وجد أن الأنسجة النشطة (الميراستيم:Merasteem) و الأوراق تحتوي على نسبة عالية من الرماد فتحتوي أوراق الذرة 15 % مثلا أما سيقان و جذور النباتات النجيلية فتبلغ من 4 إلى 5 % و البذور 3% من الوزن الجاف

و يمكن التأكد من أهمية العناصر المكونة للنبات بـ :

1 **حرق النبات و الحصول على رماده** وتحليله تحليلا كيميائيا و كيمياء حيوية من الناحية الوصفية و الناحية الكمية

2 الطريقة الفسيولوجية التركيبية: بواسطة تربية النبات في مزارع خالية من واحد أو أكثر من العناصر الغذائية المعدنية.

ملاحظة: إن درجة الحركية لمختلف العناصر في النبات تتعلق بتوزيعها و ليس بامتصاصها فـ Ca, Mg عنصران قابلان للامتصاص لكنهما يبقيان مثبتان في الورقة و تنقسم العناصر إلى:

1 عناصر غير متحركة: مثل S. Mg. Ca. Fe

2 عناصر متحركة: مثل Na. Cl. K. S. P. N

3 العناصر قليلة الحركة كالعناصر الصغرى

نسبية. إن عملية التدخل بين العناصر يجعل حركة

3- العناصر الكيميائية الحيوية

و تهدف هذه الطريقة للكشف عن ضرورة أي عنصر من ناحية تداخله في تركيب مواد التمثيل أو من حيث كونه عنصر وسيطا لا يستغنى عنه في التمثيل العادي، و بهذه الطريقة يمكن تحديد العنصر الأساسي و لو كان ضئيل في النبات و التي تعجز الطريقة الفيزيولوجية على البرهنة عليه و قد أمكن بهذه الطريقة تحديد الدور الرئيسي لبعض العناصر أما فيما يخص تقدير النمو الحضري فيمكن تقديره بواحدة من الطرق الآتية:

ازدياد الوزن الرطب

ازدياد الوزن الجاف

ازدياد في الطول و في الحجم.

ازدياد في الكتلة البروتوبلازمية: وتعني تقدير كمية N الذي يعتبر 1/6البروتين الكلي بطريقة (كيلداهل)

العناصر العضوية

الكربون C

يحصل عليه النبات من ثاني أوكسيد الكربون الجوي الذي يوجد بنسبة 0.03 % و يدخل في تركيب المواد العضوية بتفاعله مع الأوكسجين و الهيدروجين و نتيجة لذلك تتكون المواد العضوية مثل الكربوهيدرات و البروتينات و الدهون و الحوامض النووية و الأصباغ النباتية، و يكون حوالي 45 % من الوزن الجاف للنبات، و قد دلت التجارب بأنه يمكن زيادة تركيز Co_2 في البيئة من 0.6- 0.9%

الأوكسجينO

و يحصل عليه النبات من الجو عن طريق ثغور الأوراق أو من تحليل الماء (عملية photolysis في التركيب الضوئي) الممتص من التربة، و يشكل حوالي45 % من الوزن الجاف للنبات لأنه يدخل في تركيب جميع المواد العضوية.

الهيدروجين

و يحصل عليه النبات من الماء الممتص من التربة و يدخل أيضا في تركيب المواد العضوية و يشكل حوالي 5% من الوزن الجاف للنبات.

العناصر المعدنية

1/ النيتروجين

يدخل N في تركيب المواد الحية في النبات مثل البروتينات و الليبيدات و الحوامض النووية و يكون N من 1 -15 % من الوزن الجاف للنبات.

كما أنه يدخل في تركيب الأنزيمات و خاصة التي تساعد في عملية التنفس و التي يدخل في تركيبها Fe و Cu .

و يدخل N كذلك في تركيب جزئي الكلوروفيل مع Mg لذا فهو أساس في بناء الخلية و النشاط الميراستيمي و في العمليات النمو الحضري و التكاثر ويدخل كذلك في تركيب أشبه القلويات (مادة النيكوتين في التبغ) و يمتص N من التربة بشكل نترات (NO_3^-) بصورة رئيسية عن طريق الجذور و نادرا بشكل أمونيوم (NH_4^+) و نادرا جدا بشكل عضوي مثل الحوامض الآمينية و البيتيدات.

و يعتبر نقص NO_3^- و NH_4^+ من التربة عامل محددا لنمو كثير من المحاصيل الحقلية، إلا أن بعض المحاصيل النباتية مثل البقوليات التي تتعايش في عقد جذورها نوع من البكتيريا العقدية تسمى Rhisobium الهوائية Colostredium اللاهوائية التي تعمل على تثبيت N الهواء الجوي إلى (NO_3^-) نترات و تستفيد منه النباتات حيث تختزل NO_3^- أولا إلى NH_4^+ و التي تتحد مع الحوامض الكربوكسيلية لتكوين الحوامض الآمينية.

أعراض نقص النيتروجين:

يدل ظهور الأوراق بلون اخضر فاتح مائل إلى الاصفرار على الحاجة المتزايدة لـ N و عادة تبدأ الأوراق السفلية كما في نبات الذرة مثلا

كما يسبب نقصه بالنسبة لنبات الخيار أزهار صغيرة مدببة

و يسبب للحبوب انكماش بذورها و انخفاض وزنها

كما أن موت البراعم الجانبية و قلة الإنتاج و تكوين ثمار غير اعتيادية في أشجار الفاكهة من أعراض نقص N.

كما أن تأثيره على المجموع الجذري يكون بتوقف نمو الجذور و يكون الجذر أصغر لا يناسب المجموع الحضري.

2/ الكبريت S

يمتص عادة على شكل SO_4^{-2} (كبريتات) إما على شكل كبريتات كالسيوم أو أمونيوم و قد ينفد على هيئة غاز SO_2 عبر الأوراق (tomus 1944) علما بأنه غاز سام للنبات

ويوجد في النبات بشكل مختزل على صورة مجموعة سولفوهيدربل(SH^-) لتكوين الحوامض الآمنية و عدد من الأنزيمات . و قد يتحو
الكبريت العضوي إلى كبريت غير عضو SO^{--}_4 في الخلية ذاتها ليعاد توزيعه في النبات ذاته وبهده الطريقة ينتقل مقدار من كبريت الأوراق إلى الثمار والبذور أثناء نضجها.

وتتراوح نسبته حسب الأنواع من 0.1 – 1% من الوزن الجاف وهو عنصر هام لأنه يدخل في تركيب بعض الحوامض الأمنية مثل cystin وcysetin و methionin والتي تتكون منها البروتينات كما انه من مكونات بعض الفيتامينات كالثيامين والبايوتين وفي المرافقات الإنزيمية مثل (COA) الذي يدخل في عمليات التنفس (حلقة كريبس)

ونادرا ما تظهر أعراض نقصه بسبب عدم توفره في التربة ويدخل في تركيب مادة sinigrine التي تكثر في البصل والثوم والخردل وتكسبها رائحة وطعم خاصين.

ويتدخل في عملية تركيب الكلوروفيل إلا أنه لا يدخل في تركيبة.

أعراض نقص الكبريت.

فهي تشبه أعراض نقص N فتكون غالبا النباتات قصيرة وألوانها خضراء فاتحة مائلة إلى الاصفرار (هذا في الأوراق) وتظهر أعراض نقصه بوضوح على الأوراق الحديثة بعكس N التي تظهر في عرض نقصه على الأجزاء(المسنة) بسبب انتقال N من الأخيرة (المسنة) إلى الإجراء الحديثة التكوين.

الفسفورP

وهو من العناصر المهمة الذي يدخل في الجزيئات حاملات الطاقة ATP، و في التمثيل الغذائي النباتي يستخدم لتكوين أسترات لحامض الفسفور مثل Glucase-6-P أوPhosphatid مثل اللسثين lecithin و يدخل كذلك في تركيب الحوامض النووية DNA و RNA و يعمل كمرافق إنزيمي CO-A مثل أنزيمات التخمر مثل أنزيم zymase و يعمل على تنظيم حموضة الخلية pH بسبب وجوده بنسبة كبيرة على هيئة HPO^{-2}_4 و HPO^{-}_4 وهو بعكس N و S حيث أنه لا يختزل و إنما يبنى مباشرة في جزيئات عضوية تسمىorthophosphat و بالإضافة إلى هذا فان هناك مركبات فوسفاتية تتواجد في النباتات الدنيئة (الاشنيات والطحالب) وهذه عبارة عن مركبات بشكل سلسلة من الجزيئات كبيرة تصل إلى حد (10^{6})و يرجع أن تكون هذه السلاسل كمواد احتياطية مخزنة، و يلعب الفوسفات دورا هاما في جميع التفاعلات الحيوية و في جميع العمليات التي تعتمد على الطاقة أضف إلى ذلك فإن الفوسفات تشترك في بناء جدار الخلية بشكل فسفوليبيد،و يخزن الفسفور بالإضافة إلى polyphosphate بشكل آخر هو Phytin. و هو عنصر متحرك داخل النبات بحيث ينتقل من الأنسجة المسنة إلى الحديثة و يدخل في عمليات بناء البروتينات، و في التركيب الضوئي.

و له أهمية خاصة في إنبات البذور و عامل محفز للإزهار و عمليات نضج الثمار و البذور كما أنه يتدخل في نمو وتطور الجذور.

يتراكم جزء كبير منه في البذور و الثمار أثناء فترة تطورها و يمتص على هيئة فوسفات و لقد دلت الأبحاث العلمية أن الأسمدة الفسفورية قد تغير التوازن النيتروجيني للنبات وذلك لوجود علاقة بين دورتيP,N .

وفرة الفوسفور في المحاليل الغذائية تضعف امتصاص النبات للنتروجين، وقلة الفسفور تسبب في الإسراع في امتصاص N

و تراكمه بشكل غير عضوي في الانسجة النباتية أي أن هناك تداخل في العناصر.

هذا يحدث في النباتات العليا و الدنيا على حد السواء و كذلك وجد في بعض التجارب تداخل بين عنصري P,S و قد يؤثر هذا التداخل على بعض التخمرات الصناعية مثل انتاج البنسلين من فطر البنسليوم حيث وجد أن مركبات الفسفور تلعب دور محاليل دارئة في أوساط التخمرات لإنتاج المضادات الحيوية Antibiotic و هو من العناصر المتحركة في النبات إذ أن له القدرة على الانتقال من نسيج لآخر.

أعراض نقص الفسفور

يتميز نقص الفسفور في جميع النباتات بتوقف النمو حيث تتوقف انقسام الخلايا كما أن ملازمة اللون الأخضر الداكن مع اللون البنفسجي في مرحلة نمو البادرات هو أحد أعراض نقص P و أخيرا اصفرار النبات. و يرافق الاصفرار النضج المبكر و تعتبر هذه إشارة إلى الحاجة لهذا العنصر و قد يرافق نقص P قلة التلقيح كما في الذرة الصفراء.

إن نقص الفسفور يؤدي إلى تأخير تكوين البروتينات مما يرافقه تراكم الكربوهدرات و يظهر اللون الأحمر الأرجواني في الأوراق مثل نبات الذرة و الطماطم و تراكم الكربوهيدرات يساعد على تكوين الصبغة الحمراء المعروفة بالانتوسيانين.

العناصر الصغرى:

الزنك Zn^{++} الخارصين:

يوجد أكثر من 70 إنزيم معدني يحوي على الزنك و هذه الإنزيمات تختلف في صفاتها و تفاعلاتها مثل Phosphatase. Déshydrogénase, transphosphorilase, Isomurare

إن دور الزنك هو عامل مساعد لهذه الإنزيمات، و هو ضروري لفعاليات الإنزيمات وتنظيمها و خاصة التي تعمل على نزع الهيدروجين بواسطة مرافقي الإنزيم NADP وNAD و هو ضروري لإنزيم Polymorase لـ RNA و DNA

كما أنه مهم للنبات كعامل مساعد في التفاعلات التي ينتج عنها الاكسينات و هي مواد منظمة للنمو(هرمونات نباتية) فقد لوحظ أن نقص الزنك يخفض المحتوى الاوكسيني حيث يقوم الزنك بدور تكوين الحامض الاميني Tryptophane(و هذا الأخير هو القاعدة الأساسية لتكوين الاكسينات). و هي المادة التي تسبق تكوين الاوكسينات و قد بينت بعض الأبحاث على نبات الطماطم باستنباتها على أوساط صناعية مجردة من الزنك أن مادة Tryptophane تنعدم في النبات المذكور كما ينعدم مجود الاوكسين المعروف (أندول حامض الخليك) و قد بينت هذه الأبحاث أيضا بأن انعدام هذا الاوكسين أدى إلى هزال في النمو وفي تكوين الثمار.

أما بالنسبة للنباتات الدنيا كالفطريات فيعتبر الزنك من العناصر المهمة جدا فقد دلت كثير من الأبحاث على أثر عنصر الزنك على نمو و إنبات الأبواغ الاسبورات و تكوين الصبغات و انتاج السموم الفطرية و تكوين المضادات الحيوية.

و بأن هذا العنصر أساسي لنمو كثير من الفطريات عندما تكون بتراكيز واطئة في الأوساط الغذائية الصناعية مثل فطريات.spergillus.sp كما وجد أنه يعمل على تغيير خواص إنزيم Alcohol dehgdroginase في الخمائر كما أنه أساسي بالنسبة لتمثيل النيتروجين.أما فيما يخص إنبات الأبواغ (الاسبورات) فقد وجد أن الزنك و بتراكيز أكثر من 0.5mg/ml من المثبطات الكبيرة بالنسبة لإنبات كل منconidia و Ascospores

كما أنه يعمل على زيادة تكوين الصبغات في بعض الفطريات و قد وجد أن هناك علاقة مع عملية تكوين الصبغات في إنتاج المضاد للبكتيريا. أما فيما يخص دوره في إنتاج السموم الفطرية فقد وجد أن له دورا مهما لإنتاج هذه السموم.

أعراض نقص الزنك:

يؤدي نقصه إلى هزال في نمو النبات و تكوين الثمار و قصر المسافة بين العقد و ضمور و شحوب في الأوراق مثل أشجار الجوز، و تبقع في أوراق الحمضيات و صغر حجم الثمار و الأعناب و تبرعم أبيض في الذرة و تأخر نضج الفاصوليا و تبقع الأوراق السفلية للتبغ، و قد يحدث انهيار كلي لأنسجة الورقة. و من الجدير بالذكر هنا أن نشير على أن الأعشاب الضارة تتمتع بقدرتها على اقتناص الزنك من التربة فتسبب نقصان هذا العنصر و لا يخفى ما لهذه النقطة من أهمية من الناحية الاقتصادية و لذا يجب القضاء على الأعشاب الضارة من بين المحاصيل للحصول على مردود مناسب منها.

و من الملاحظ أن وجود كميات كبيرة من أحد العناصر الكبرى في التربة يؤدي إلى نقصان في أحد العناصر الصغرى (الديناميكية) فمثلا وجود كميات كبيرة من Ca في التربة يؤدي إلى زيادة pH و هذا يؤثر على امتصاص الزنك.

المنغنيـــــــز Mn

تركيز هذا العنصر يتراوح في الأنسجة النباتية من 30-500 جزء في المليون من الوزن الجاف و يمتص المنغنيز بشكل أيون موجب Mn^{++} بعمليات تتم بصرف الطاقة و يختزل المنغنيز بوجود Mg, Ca.

أهم وظائف Mn للنبات هو العمل على تنظيم نسبة الحديدوز Fe^{+2} إلى الحديديك Fe^{+3} لأنه بزيادة Fe^{+2} يسبب تسمم النبات، و إذا زاد تركيز Fe^{+3} أدى إلى نقص الحديد. و يساعد Mn الحديد في عملية تكوين الكلوروفيل و في عمليات التنفس حيث يدخل كمرافق إنزيمي، كما أنه يؤدي إلى انطلاق O_2 من جزيئات الماء في عملية التركيب الضوئي.

و يعمل كعامل مساعد و منشط للإنزيمات في عمليات الأكسدة و الاختزال، كما يتضح أن له دور في أعمال منظمات النمو (الاوكسينات) في النبات.

أما في النباتات الدنيا كالفطريات فقد وجد أن له تأثير على النمو و تكوين بعض المركبات و منها السموم الفطرية (Toxines)

أعراض نقص المنغنيز:

- يؤدي إلى برقشة الأوراق باللون الأصفر نتيجة تلف في البلاستيدات

- نقصه أيضا يسبب قصر النبات مثل الطماطم و الفاصولياء و التبغ و ظهور ندب بيضاء في القمم و اصفرار أوراق نباتات السبانخ، الخس، الكرافس، و نبات البطاطا.

- كما يسبب التواء أوراق بعض النباتات مثل نبات البصل.