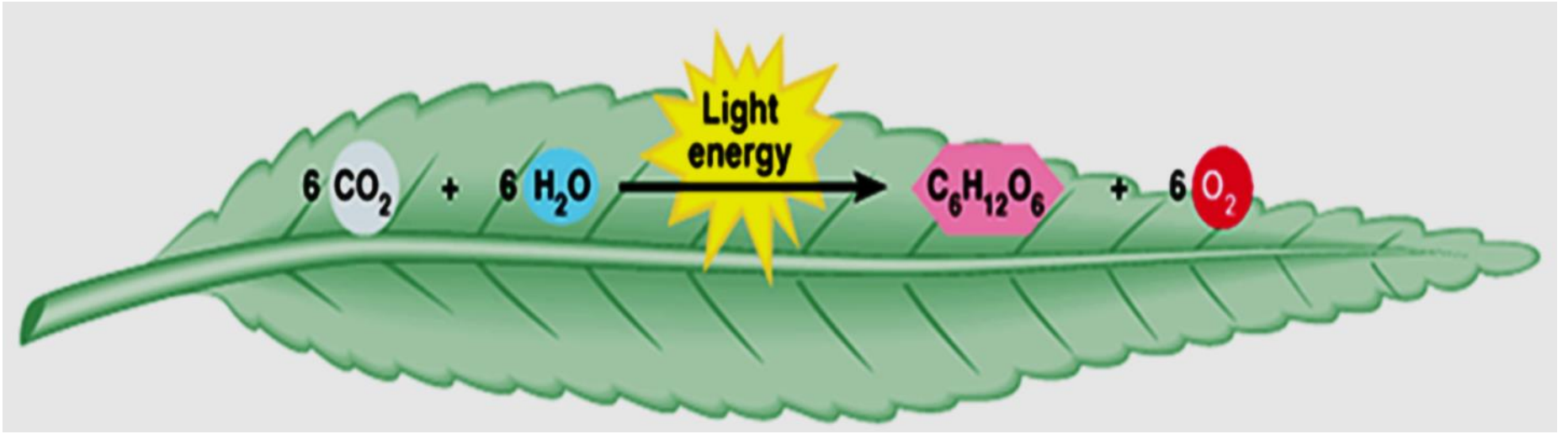
التغذية المعدنية Mineral Nutrition

إنّ المصدر الرئيس في تغذية النبات هو تثبيت غاز ثاني أكسيد الكربون الجوي على شكل سكر بسيط باستعمال طاقة الشمس، حيث يدخل غاز CO_2 إلى النبات من خلال مسامات الورقة، كما يدخل الأوكسجين الجوي O_2 من خلال مسامات الورقة أيضاً، إضافة للأوكسجين الناتج عن أكسدة الماء ضوئياً بعملية التمثيل الضوئي، حيث يستعمل الأوكسجين في التنفس الخلوي لإطلاق مركبات الطاقة من الروابط الكيميائية للسكر لدعم نمو النبات وتطوره.

إنّ غاز الكربون وطاقة الضوء، وحدهما غير قادرة على اصطناع كافة المركبات المطلوبة لحياة النبات؛ فالنبات يتطلب عدداً من العناصر المعدنية المغذية.



تحصل النباتات على العناصر المعدنية المغذية على شكل شوارد معدنية Inorganic ions من التربة بواسطة جذور النباتات، ويمكن أن تستخلص النباتات كميات كبيرة من العناصر المعدنية المغذية من التربة، بسبب امتلاكها مجموعاً جذرياً متشعباً، الأمر الذي يزيد من مساحة سطوح الامتصاص، بالإضافة إلى مقدرة الجذور على امتصاص العناصر المعدنية المغذية حتى لو كانت بتراكيز منخفضة جداً في محلول التربة، لذلك تُعد عملية امتصاص العناصر المعدنية عملية فعّالة جداً Effective process، وتُسمى النباتات تبعاً لذلك بمنقبات التربة Miners of the earth crust. تُنقل العناصر المعدنية بعد امتصاصها إلى أجزاء النبات المختلفة، حيث يتم استعمالها في العديد من الوظائف الحيوية Biological functions. ويمكن أن تُسهم بعض الكائنات الحية الدقيقة مثل المايكوريزا mycorrhizal والبكتريا المثبتة للآزوت الجوية nitrogen-fixing bacteria مع جذور النباتات في الحصول على العناصر المعدنية المغذية.

ويُسمى موضوع دراسة امتصاص العناصر المعدنية المغذة واستعمالها من قبل النباتات اصطلاحاً التغذية المعدنية Mineral nutrition.

,

العناصر المغذية الأساسية والاضطرابات الناجمة عن نقصها
ESSENTIAL NUTRIENTS, DEFICIENCIES, AND PLANT DISORDERS

يُعرف العنصر الأساسي **Essential element** بأنّه العنصر الذي يمنع غيابه النباتات من إكمال دورة حياتها، أو العنصر الذي له دوراً فيزيولوجياً واضحاً لا تتم تلك العملية الفيزيولوجية المهمة بغيابه. وعندما تُعطى النباتات تلك العناصر المعدنية المغذية الأساسية (الضرورية) بالإضافة إلى الطاقة من الأشعة الشمسية، سيكون بمقدورها تصنيع كل المركبات التي تحتاج إليها لنموها بالشكل الأمثل. ويبين الجدول الآتي العناصر التي تُعد اساسية لجميع النباتات الراقية، والعناصر الثلاثة الأولى (الهيدروجين، والكربون، والأوكسيجين) لا تُصنّف كعناصر معدنية مغذية، لأنه يتم الحصول عليها من الماء وغاز الفحم (CO_2):

وتقسم العناصر الضرورية عادةً إلى عناصر معدنية مغذية كبرى **Macronutrients**، وعناص معدنية مغذية صغرى **Micronutrients**، حسب تركيزها النسبي في الأنسجة النباتية.

TABLE 5.1
Adequate tissue levels of elements that may be required by plants

Element	Chemical symbol	Concentration in dry matter (% or ppm)[a]	Relative number of atoms with respect to molybdenum
Obtained from water or carbon dioxide			
Hydrogen	H	6	60,000,000
Carbon	C	45	40,000,000
Oxygen	O	45	30,000,000
Obtained from the soil			
Macronutrients			
Nitrogen	N	1.5	1,000,000
Potassium	K	1.0	250,000
Calcium	Ca	0.5	125,000
Magnesium	Mg	0.2	80,000
Phosphorus	P	0.2	60,000
Sulfur	S	0.1	30,000
Silicon	Si	0.1	30,000
Micronutrients			
Chlorine	Cl	100	3,000
Iron	Fe	100	2,000
Boron	B	20	2,000
Manganese	Mn	50	1,000
Sodium	Na	10	400
Zinc	Zn	20	300
Copper	Cu	6	100
Nickel	Ni	0.1	2
Molybdenum	Mo	0.1	1

التربة كمصدر رئيس للعناصر المعدنية المغذية للنبات:

تُعرَّف التربة الزراعية بأنّها الطبقة السطحية المفككة من القشرة الأرضية التي تنمو فيها جذور النباتات وتمدها باحتياجاتها من الماء والعناصر الغذائية، كما تتخذ الجذور من الأرض وسطاً تثبت به نفسها، ومكاناً تنمو وتنتشرفيه الجذور.

تتألف التربة الزراعية Soil من ثلاثة أطوار: الطور الصلب والطور السائل والطور الغازي، التي تتفاعل جميعها مع العناصر المعدنية. تُعد العناصر المعدنية التي تمثل الطور الصلب للتربة مخزوناً يزود النبات بالبوتاسيوم والكالسيوم والمغنزيوم والحديد، وترتبط مع هذا الطور الصلب المركبات العضوية التي تُعد مستودعاً للآزوت والفوسفور والكبريت؛ أما الجزء السائل من التربة فيشكل محلول التربة Soil solution، الذي تنحل فيه معظم العناصر المعدنية، ويُعد وسطاً لحركة الأيونات إلى سطح جذور النباتات. أما الغازات مثل الأوكسجين (O_2) وثاني أكسيد الكربون (CO_2) فتنحل في محلول التربة، لكن التبادل الغازي مع الجذور يتم من خلال المسامات البينية للتربة.

العناصر المغذية التي يحتاجها النبات: يحتاج النبات إلى 16 عنصراً مغذياً من أجل نموه وإكمال فترة حياته هي: الكربون، والاكسجين، والهيدروجين، والآزوت، والبوتاسيوم، والفوسفور، والكبريت، والمغنزيوم، والكالسيوم، والحديد، والمنغنيز، والزنك، والنحاس، والبورون، والموليبدينوم، والكلور. بالإضافة إلى أربعة عناصر أخرى هي: الصوديوم، والكوبالت، والفناديوم والسيليكون، يتم امتصاصها من قبل بعض النباتات لأغراض خاصة، ولكنها غير مطلوبة للنباتات الأخرى. يُشكل الكربون والأكسجين والهيدروجين نحو 95% من تركيب المادة الجافة للنبات، وهي عناصر غير معدنية يمتصها النبات من الهواء والماء، ويتم تمثيل هذه العناصر خلال عملية التركيب الضوئي Photosynthesis، أما بقية العناصر فهي معدنية يمتصها النبات من محلول التربة بأشكالٍ مختلفة (أيونية أو غير أيونية)، وتقوم بوظائف محددة في النمو وعمليات الاستقلاب، وتطور النبات.

العنصر	الشكل الذي يمتصه النبات	النسبة المئوية من الوزن الجاف للنبات	أهم الوظائف التي يؤديها للنبات
العناصر الكبرى (تركيزها في النبات بالـ%)			
الكربون	CO_2	44	المكون الرئيسي للمركبات العضوية
الأوكسجين	H_2O, O_2	44	المكون الرئيسي للمركبات العضوية
الهيدروجين	H_2O	6	المكون الرئيسي للمركبات العضوية
الآزوت	NO_3^-, NH_4^+	4-1	المكون الرئيسي للأحماض الأمينية، البروتينات، الأحماض النووية، الأنزيمات، الكلوروفيل.الخ.
البوتاسيوم	K^+	6-0.5	إصطناع البروتينات، فتح وإغلاق المسامات
الفوسفور	$H_2PO_4^-$, HPO_4^-	0.8-0.1	المكون الرئيسي للـADP و ATP ، الأحماض النووية، الليبيدات، الأنزيمات المرافقة
الكالسيوم	Ca^{+2}	3.5-0.2	المكون الرئيسي لجدر الخلايا، تركيب ونفاذية الأغشية، تنشيط بعض الأنزيمات
المغنزيوم	Mg^{+2}	0.8-0.1	المكون الرئيسي للكلوروفيل، تنشيط بعض الأنزيمات
الكبريت	SO_4^-	1.0-0.05	المكون الرئيسي للأحماض الأمينية والبروتينات وأنزيمAالمرافق
العناصر الصغرى (تركيزها في النبات بالـppm)			
الكلور	Cl^-	10000-100	التعديل الحلولي والتوازن الأيوني
الحديد	Fe^{+2}, Fe^{+3}	300-25	اصطناع الكلوروفيل،السايتوكروم،أنزيم النتروجيناز
المنغنيز	Mn^{+2}	800-15	تنشيط بعض الأنزيمات
الزنك	Zn^{+2}	100-15	تنشيط العديد من الأنزيمات، تنشيط وظيفة الكلوروفيل
البورون	BO_3^-, $B_4O_7^-$	75-5	نقل الكربوهيدرات، اصطناع الاحماض النووية
النحاس	Cu^{+2}	30-4	تنشيط مكونات بعض الانزيمات
الموليبدينوم	MoO_4^-	5-0.1	تثبيت الآزوت الجوي، أنزيم الـ nitrate reductase

معايير ضرورية وأهمية العنصر المغذي للنبات:

أظهرت نتائج تحليل النبات باستعمال طرق التحليل الحديثة أنّ جسم النبات يحتوي على نحو 30 عنصراً، لكن وجود عدة عناصر في النبات لا يعني أنّ كل هذه العناصر ضرورية للنبات. ذكر العالم Arnon (1954) أنّ العنصر يكون ضرورياً للنبات إذا حقق الشروط التالية:

أ- عندما لا يستطع النبات إكمال مراحل نموه الخضري والثمري عند غياب هذا العنصر أو نقصه.

ب- وعندما لا يُصحح هذا النقص إلا بإضافة هذا العنصر.

ج- وعندما يدخل هذا العنصر بشكلٍ مباشر في عمليات الاستقلاب في النبات.

بالاعتماد على هذا التعريف فإنّ العناصر الستة عشر الأولى هي عناصر ضرورية، والعناصر الأربعة الأخرى هي عناصر غير ضروية ولكنها عناصر وظيفية Functional elements في بعض النباتات حسب رأي العالم Nicolas (1961).

تصنيف العناصر الضرورية Classification of essential elements

يمكن تصنيف العناصر الضرورية حسب الكمية المطلوبة للنبات، ووظيفة العناصر في النبات، وحركية العناصر في النبات والتربة، وحسب طبيعتها الكيميائية.

1- التصنيف حسب الكمية المطلوبة Amount required

أ- العناصر الأساسية Basic nutrients: وهي الكربون والأوكسجين والهيدروجين، حيث تشكل نحو 95% من المادة الجافة للنبات.

ب- العناصر الكبرى Macronutrients: يتطلبها النبات بكمياتٍ كبيرة وأهمها: الآزوت، والفوسفور، والبوتاسيوم، والمغنزيوم، والكالسيوم والكبريت، حيث يُعد الآزوت والفوسفور والبوتاسيوم عناصر أولية Primary elements، ويُعد المغنزيوم والكالسيوم والكبريت عناصر ثانوية Secondary elements.

ج- العناصر الصغرى Micronutrients: يتطلبها النبات بكمياتٍ قليلة، أهمها: الحديد، والمنغنيز، والزنك، والنحاس، والبورون، والموليبدينوم، والكلور. وأي نقص أو زيادة لهذه العناصر له تأثير ضار في النبات وفي الغلة النهائية للمحصول.

2- التصنيف حسب وظيفة العناصر في النبات Function in the plants

أ- العناصر التي تدخل في التركيب الرئيس في النبات مثل: الكربون والأوكسجين والهيدروجين.

ب- العناصر الضرورية لتخزين ونقل الطاقة مثل: الآزوت والفوسفور والكبريت.

ج- العناصر الضرورية لمعادلة وتنظيم الشحنات مثل: البوتاسيوم والمغنزيوم والكالسيوم.

د- العناصر الداخلة في تفعيل الأنزيمات وسلسلة نقل الإلكترونات مثل: الحديد، والمنغنيز، والزنك، والنحاس، والبورون، والموليبدينوم، والكلور.

TABLE 5.2
Classification of plant mineral nutrients according to biochemical function

Mineral nutrient	Functions
Group 1	**Nutrients that are part of carbon compounds**
N	Constituent of amino acids, amides, proteins, nucleic acids, nucleotides, coenzymes, hexoamines, etc.
S	Component of cysteine, cystine, methionine, and proteins. Constituent of lipoic acid, coenzyme A, thiamine pyrophosphate, glutathione, biotin, adenosine-5′-phosphosulfate, and 3-phosphoadenosine.
Group 2	**Nutrients that are important in energy storage or structural integrity**
P	Component of sugar phosphates, nucleic acids, nucleotides, coenzymes, phospholipids, phytic acid, etc. Has a key role in reactions that involve ATP.
Si	Deposited as amorphous silica in cell walls. Contributes to cell wall mechanical properties, including rigidity and elasticity.
B	Complexes with mannitol, mannan, polymannuronic acid, and other constituents of cell walls. Involved in cell elongation and nucleic acid metabolism.
Group 3	**Nutrients that remain in ionic form**
K	Required as a cofactor for more than 40 enzymes. Principal cation in establishing cell turgor and maintaining cell electroneutrality.
Ca	Constituent of the middle lamella of cell walls. Required as a cofactor by some enzymes involved in the hydrolysis of ATP and phospholipids. Acts as a second messenger in metabolic regulation.
Mg	Required by many enzymes involved in phosphate transfer. Constituent of the chlorophyll molecule.
Cl	Required for the photosynthetic reactions involved in O_2 evolution.
Mn	Required for activity of some dehydrogenases, decarboxylases, kinases, oxidases, and peroxidases. Involved with other cation-activated enzymes and photosynthetic O_2 evolution.
Na	Involved with the regeneration of phosphoenolpyruvate in C_4 and CAM plants. Substitutes for potassium in some functions.
Group 4	**Nutrients that are involved in redox reactions**
Fe	Constituent of cytochromes and nonheme iron proteins involved in photosynthesis, N_2 fixation, and respiration.
Zn	Constituent of alcohol dehydrogenase, glutamic dehydrogenase, carbonic anhydrase, etc.
Cu	Component of ascorbic acid oxidase, tyrosinase, monoamine oxidase, uricase, cytochrome oxidase, phenolase, laccase, and plastocyanin.
Ni	Constituent of urease. In N_2-fixing bacteria, constituent of hydrogenases.
Mo	Constituent of nitrogenase, nitrate reductase, and xanthine dehydrogenase.

Source: After Evans and Sorger 1966 and Mengel and Kirkby 1987.

3- التصنيف حسب حركية العناصر في النبات والتربة:

1) التصنيف حسب حركية العناصر في التربة: تؤثر حركية العناصر في التربة في وفرة العناصر للنبات وطريقة إضافة الأسمدة، وتقسم العناصر حسب حركيتها في التربة إلى:

أ- عناصر متحركة Mobile elements: وهي منحلة في محلول التربة بشكلٍ كبير ولا تُدمص على معقدات الطين، مثال: NO_3، SO_4، BO_3، Cl، Mn.

ب- عناصر قليلة الحركة Less mobile elements: وهي منحلة في محلول التربة لكنها تُدمص على معقدات الطين، لذلك تقل حركيتها في التربة، مثال: NH_4، K، Ca، Mg، Cu.

ب- عناصر غير متحركة Immobile elements: وهي عالية التفاعل ويتم تثبيتها في التربة، مثال: H_2PO_4، HPO_4، Zn .

2) التصنيف حسب حركية العناصر في النبات: تفيد معرفة حركية العناصر في النبات في تحديد نقص أي عنصر، فالعنصر المتحرك يتحرك إلى نقاط النمو (نحو الأعلى) عند نقصه، لذلك تظهر علامات النقص على الأوراق السفلية، وتقسم العناصر حسب حركيتها في النبات إلى:

أ- عناصر عالية الحركة: مثل N، K، P.

ب- عناصر متوسطة الحركة: مثل Zn.

ج- عناصر قليلة الحركة: مثل S، Fe، Mn، Cu، Mo، Cl.

د- عناصر غير متحركة: مثل Ca، B.

3- التصنيف حسب الطبيعة الكيميائية للعناصر: يمكن تصنيف العناصر حسب طبيعتها الكيميائية إلى:

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

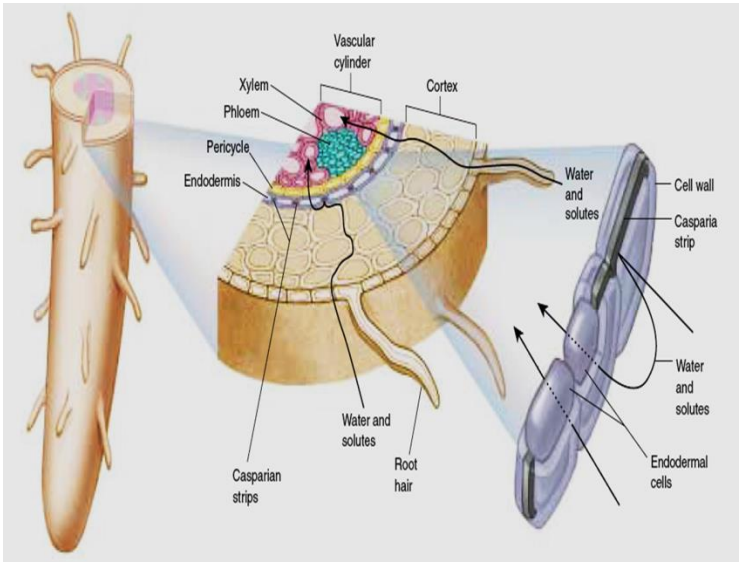
ب- الأنيونات: NO_3، H_2PO_4، SO4.

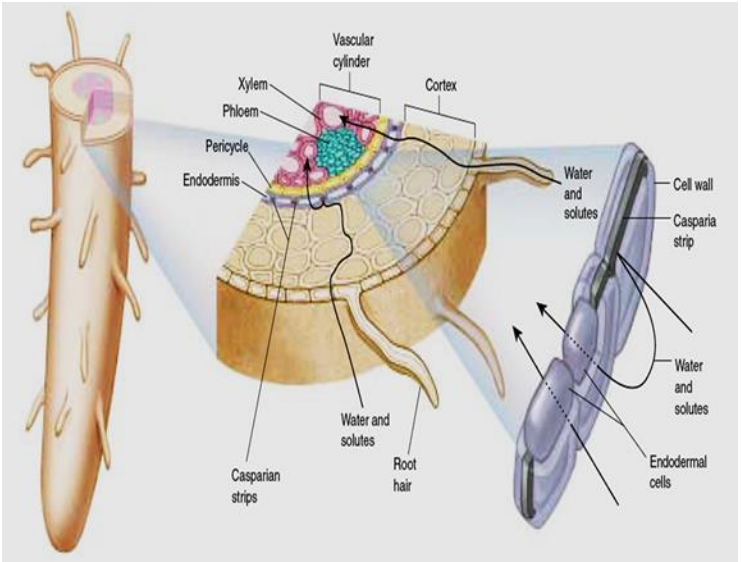
ج- العناصر المعدنية: K، Ca، Mg، Fe، Mn، Zn، Cu.

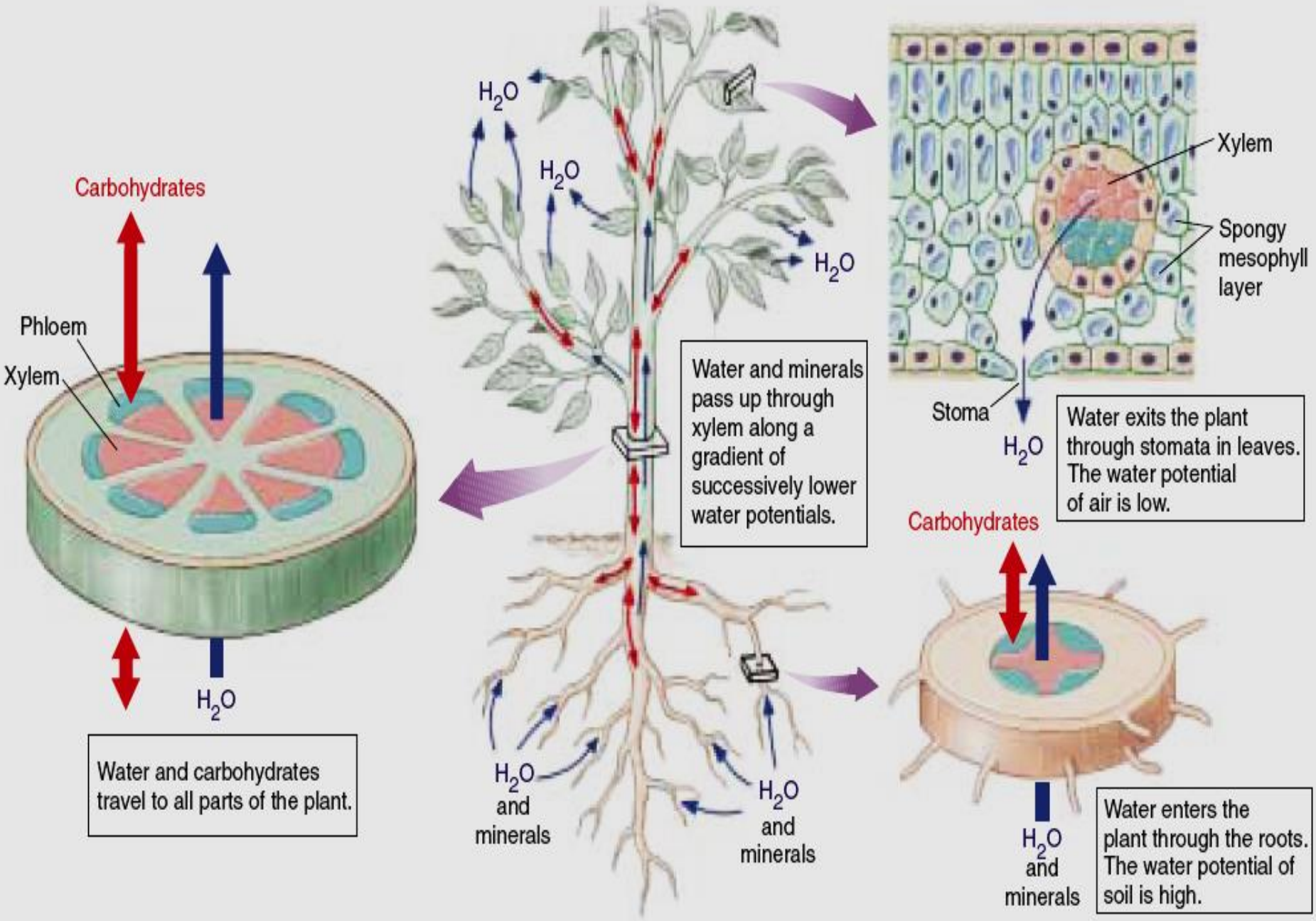
د- العناصر اللامعدنية: N، P، S، B، Mo،Cl.

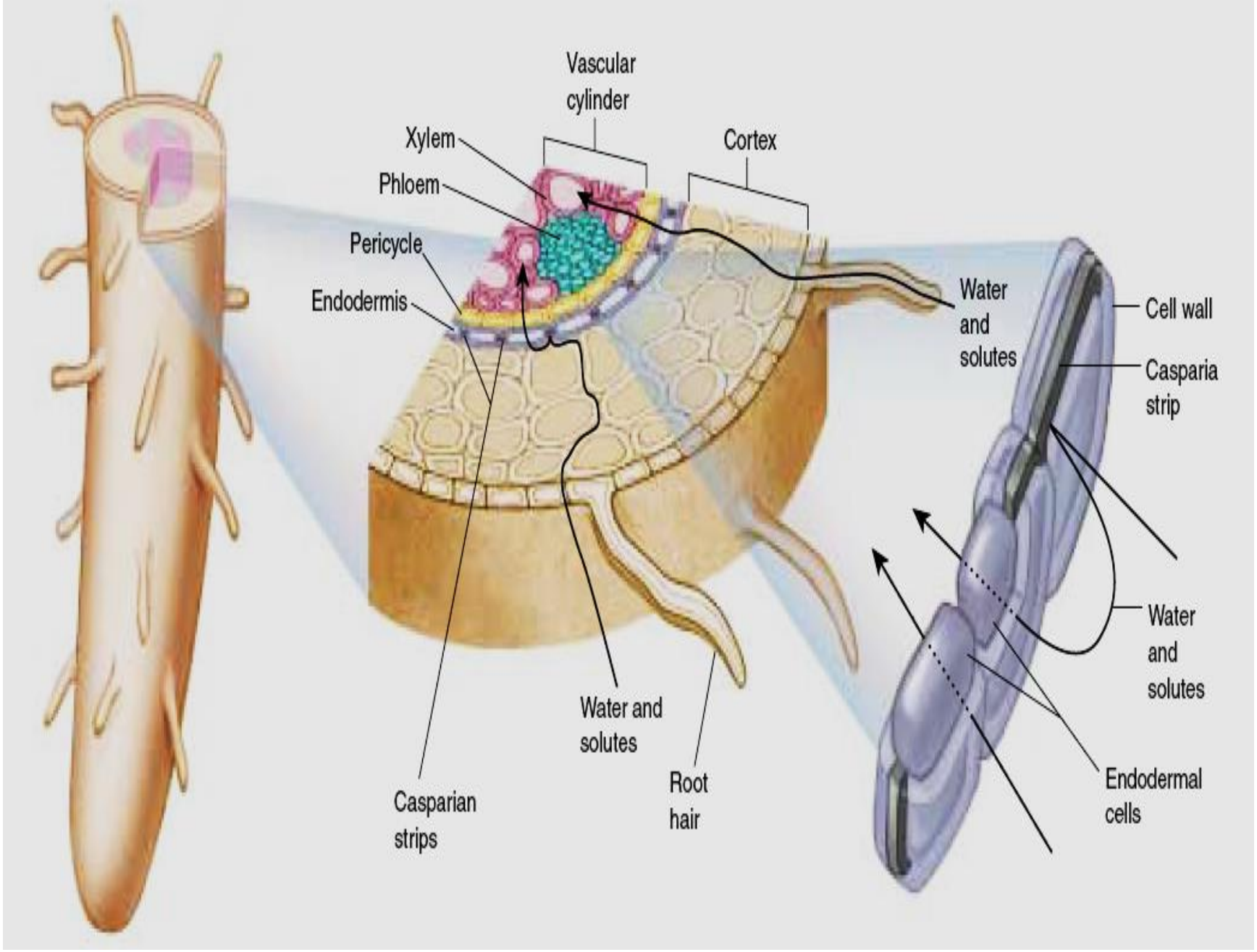
نقل العناصر المعدنية المغذية إلى سطح الجذور Transport of nutrients to root surface

1- نظرية محلول التربة Soil solution theory: حسب هذه النظرية فإنّ العناصر المعدنية تنحل في الماء وتنتقل إلى سطح الجذور بواسطة الجريان الكليMass flow أو الانحلال Diffusion. في حالة الجريان الكلي تنتقل الأيونات والأملاح مع حركة الماء إلى الجذور، أمّا في حالة الانحلال فإنّ انتقال العناصر يعتمد على فرق التركيز بين سطح الجذور والتربة، حيث تنتقل العناصر من المنطقة عالية التركيز إلى المنخفضة التركيز للعناصر.






Carbohydrates
Phloem
Xylem
H_2O
Water and carbohydrates travel to all parts of the plant.
H_2O
H_2O
H_2O
Water and minerals pass up through xylem along a gradient of successively lower water potentials.
H_2O and minerals
H_2O and minerals
Xylem
Spongy mesophyll layer
Stoma
H_2O
Water exits the plant through stomata in leaves. The water potential of air is low.
Carbohydrates
H_2O and minerals
Water enters the plant through the roots. The water potential of soil is high.



مسار نقل العناصر المعدنية من التربة عبر جذور النبات.

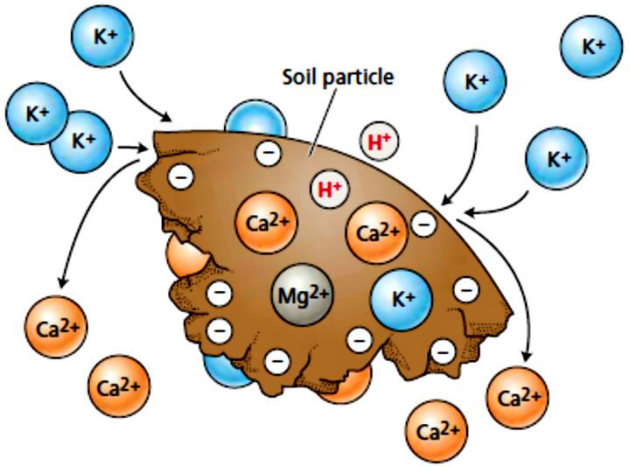
TABLE 5.3
Composition of a modified Hoagland nutrient solution for growing plants

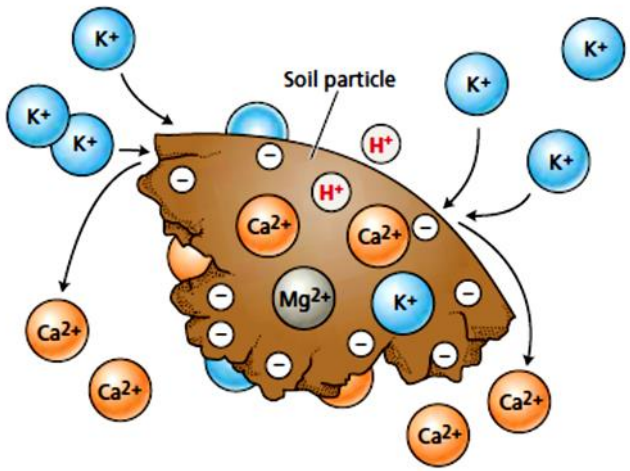
Compound	Molecular weight	Concentration of stock solution	Concentration of stock solution	Volume of stock solution per liter of final solution	Element	Final concentration of element	
	$g\ mol^{-1}$	mM	$g\ L^{-1}$	mL		µM	ppm
Macronutrients							
KNO_3	101.10	1,000	101.10	6.0	N	16,000	224
$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	236.16	1,000	236.16	4.0	K	6,000	235
$NH_4H_2PO_4$	115.08	1,000	115.08	2.0	Ca	4,000	160
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	246.48	1,000	246.49	1.0	P	2,000	62
					S	1,000	32
					Mg	1,000	24
Micronutrients							
KCl	74.55	25	1.864	2.0	Cl	50	1.77
H_3BO_3	61.83	12.5	0.773		B	25	0.27
$MnSO_4 \cdot H_2O$	169.01	1.0	0.169		Mn	2.0	0.11
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	287.54	1.0	0.288		Zn	2.0	0.13
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	249.68	0.25	0.062		Cu	0.5	0.03
H_2MoO_4 (85% MoO_3)	161.97	0.25	0.040		Mo	0.5	0.05
NaFeDTPA (10% Fe)	468.20	64	30.0	0.3–1.0	Fe	16.1–53.7	1.00–3.00
Optional[a]							
$NiSO_4 \cdot 6H_2O$	262.86	0.25	0.066	2.0	Ni	0.5	0.03
$Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O$	284.20	1,000	284.20	1.0	Si	1,000	28

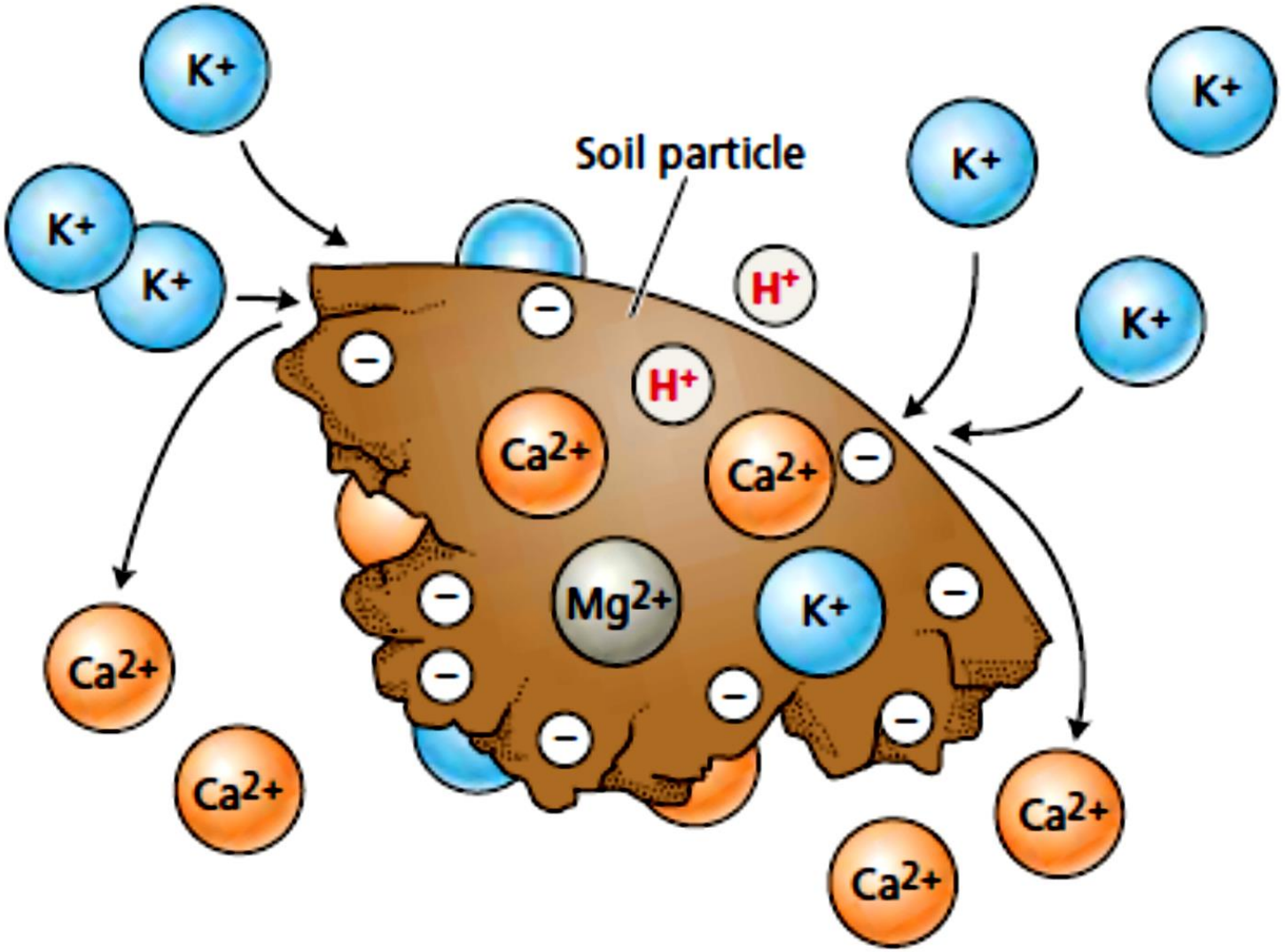
Source: After Epstein 1972.

2- نظرية التبادل المباشر Contact exchange theory: حسب هذه النظرية فإنّ 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 (H_2CO_3) الناتج عن اتحاد الماء مع غاز ثاني أكسيد الكربون المتشكل نتيجة تنفس الجذور.

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





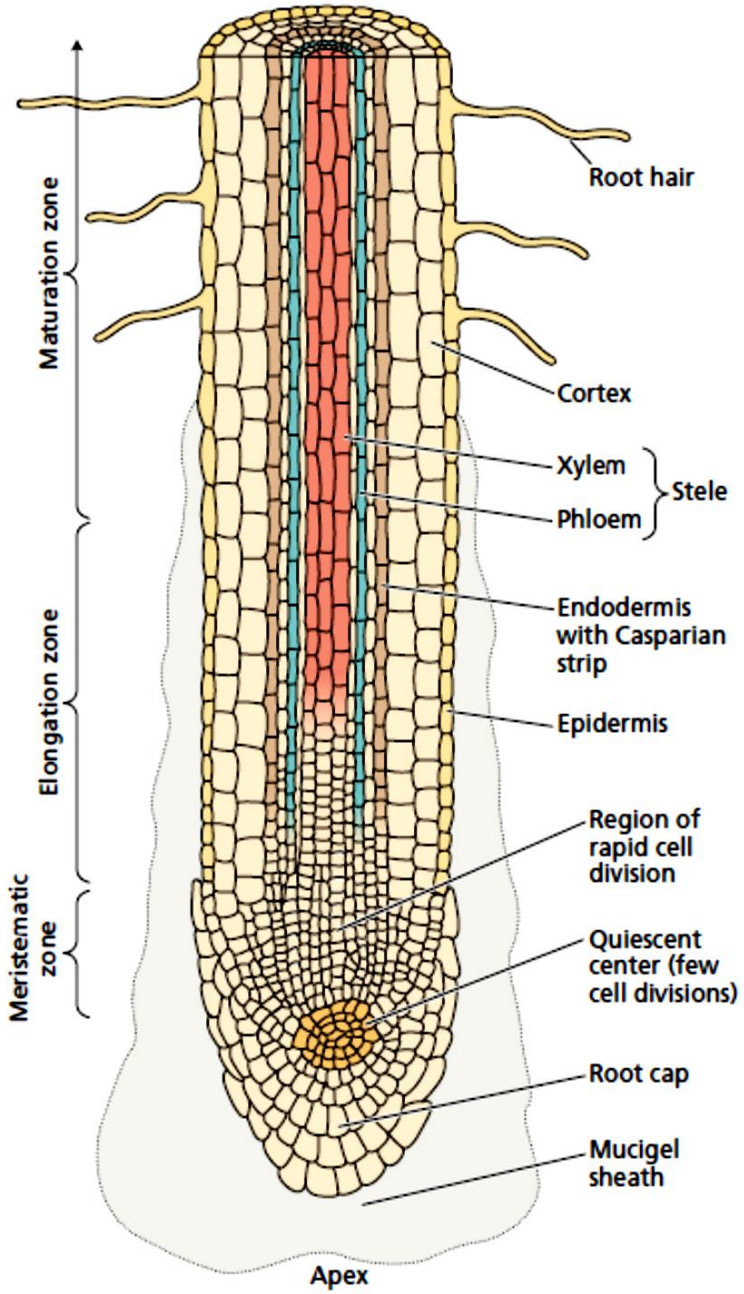


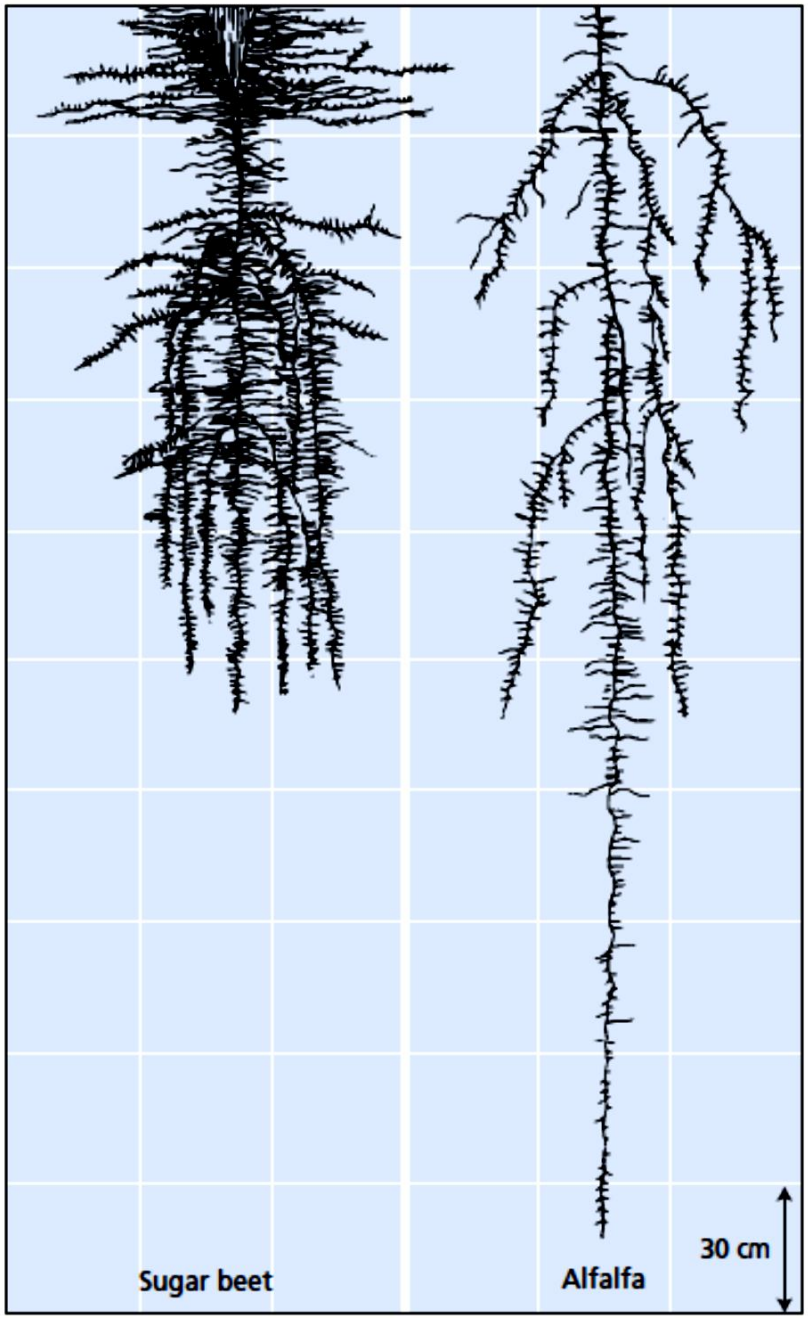
أساس التبادل الأيوني على سطح حبيبة التربة المشحونة سلباً، حيث تُساعد إضافة عنصر البوتاسيوم في استبدال عنصر الكالسيوم الذي يُصبح متاحاً للامتصاص من قبل جذور التربة.

امتصاص العناصر المعدنية Absorption of nutrients: يتم امتصاص العناصر المعدنية من محلول التربة حسب آليات الامتصاص التالية:

1- الامتصاص الفعّال Active absorption: حيث يتم امتصاص العناصر المغذية من محلول التربة الذي يحتوي تركيز منخفض من العناصر بالمقارنة مع نسغ النبات، وذلك ببذل الطاقة. 2- الامتصاص غير الفعّال Passive absorption: تدخل العناصر إلى النبات مع تيار النتح بدون بذل أي طاقة.

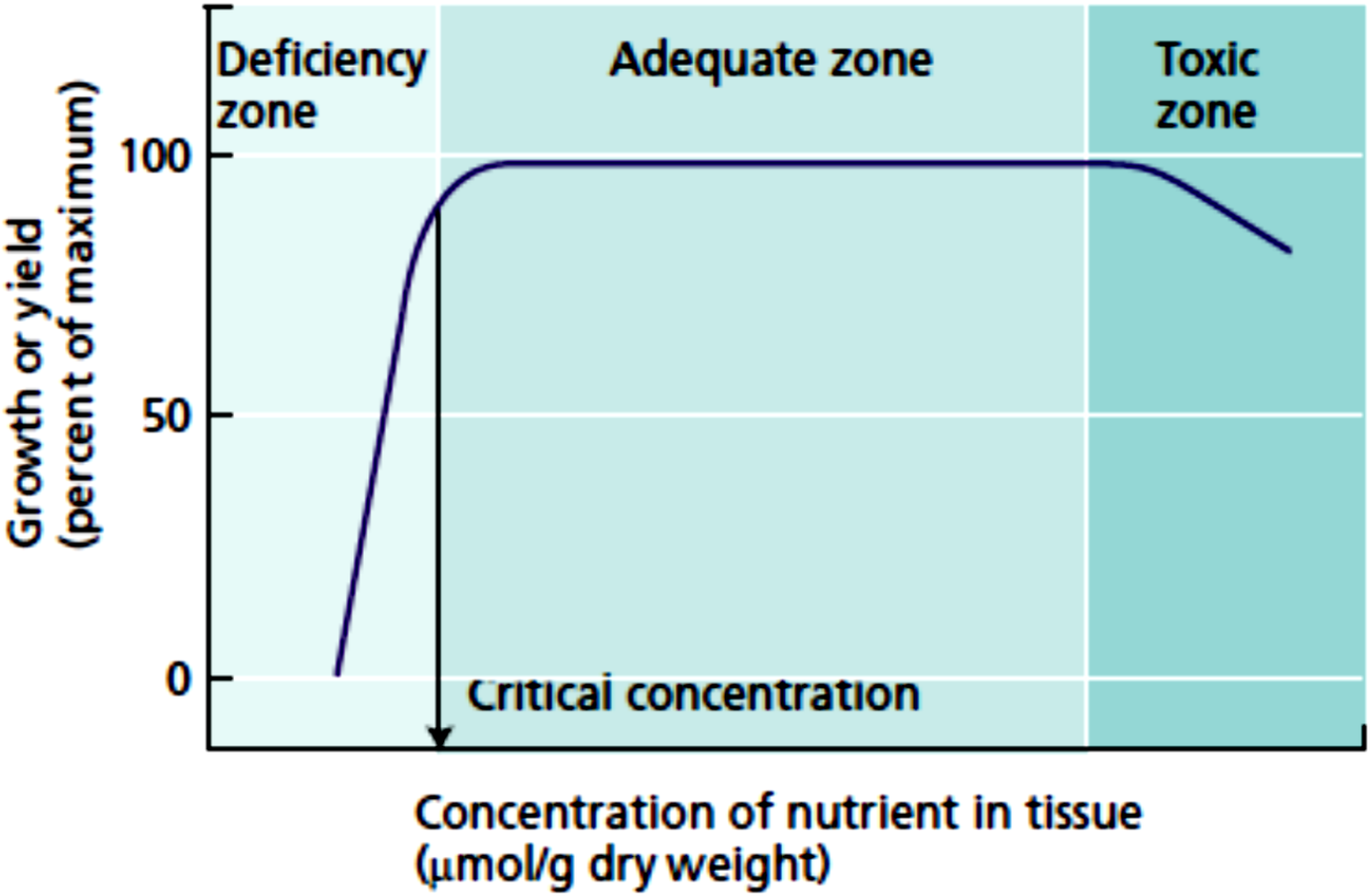
نقل العناصر المعدنية المغذية وتراكمها داخل النبات: تدخل العناصر الممتصة عبر الشعيرات الجذرية إلى منطقة القلنسوة الجذرية، حيث تتراكم هناك عكس فرق التدرج بالتركيز، ومن منطقة القلنسوة تدخل العناصر المعدنية إلى الأوعية الخشبية Xylem vessels، وتصل إلى الأوراق بالجريان الكلي Mass flow عن طريق تيار النتح Transpirational stream. بالنسبة إلى الآزوت فإنّ جزءاً من الآزوت النتراتي (NO_3-N) يتم إرجاعه إلى آزوت أمونياكي (NH_4-N) وحمض غلوتامين في الجذور. تجتاز هذه المركبات مع الجزء المتبقي من الآزوت النتراتي الجزء الحي بين الخلايا والمسمى Symplast وتدخل الأوعية الخشبية، حيث تنتقل فيها نحو الأعلى بوساطة الجريان الكلي مع تيار النتح، وينتهي بها المطاف في الأوراق حيث يتم إرجاع النترات هناك، ثمّ تدخل المركبات المُرجعَة الأوعية اللحائية Phloem vessels وتُنقل إلى نقاط النمو مثل الأوراق الفتية، والجذور، والثمار..إلخ.


Maturation zone
Elongation zone
Meristematic zone
Root hair
Cortex
Xylem
Phloem
Stele
Endodermis with Casparian strip
Epidermis
Region of rapid cell division
Quiescent center (few cell divisions)
Root cap
Mucigel sheath
Apex

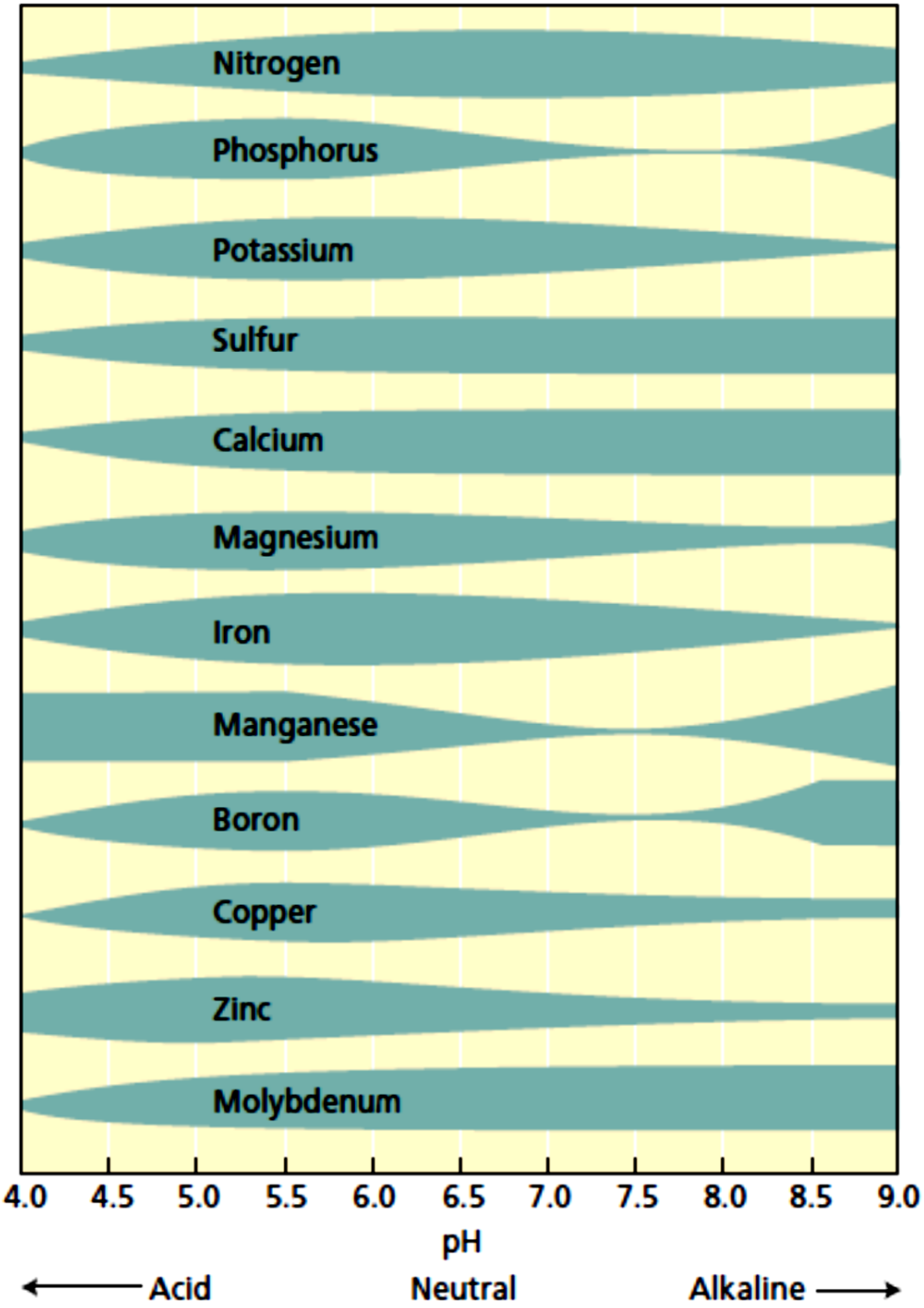

Sugar beet
Alfalfa
30 cm

نقص العناصر المغذية وسميتها Deficiency and toxicity of nutrients:

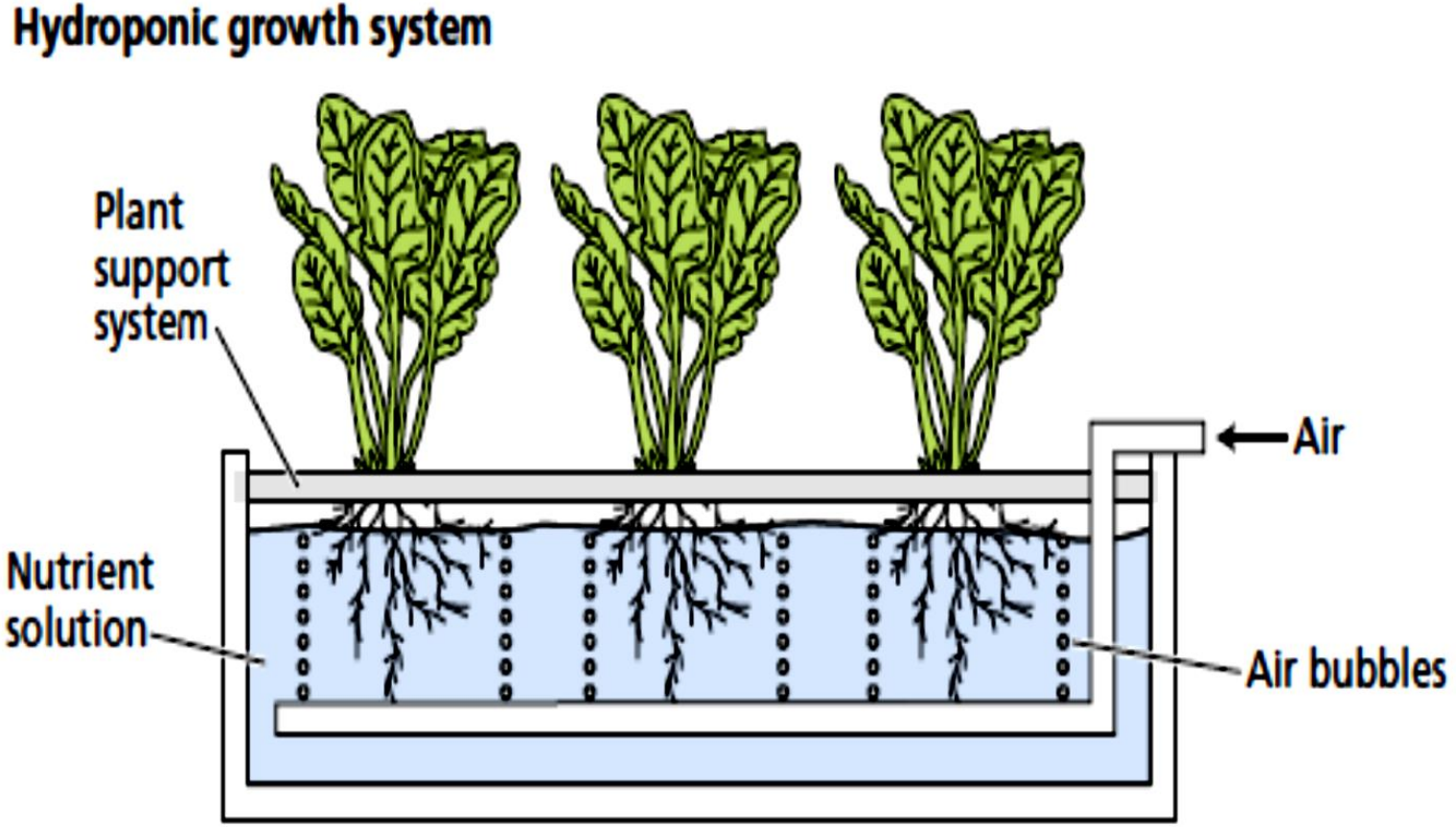
عندما لا تتوافر العناصر المعدنية المغذية للنبات بالكمية الكافية، فإنّ نمو النبات يتأثر، من الممكن أن لا تظهر أعراض النقص على النباتات حتى حدٍ معين من محتوى هذه العناصر في النباتات، لكن النمو يتأثر وهذه الحالة تعرف بالجوع المخفي Hidden hunger، وإذا ما تناقص محتوى هذه العناصر في الأنسجة النباتية بشكلٍ أكبر تظهر على النبات أعراض النقص Deficiency symptoms. تختلف أعراض النقص من محصول لآخر لكنها تمتلك أنموذجاً عاماً من حيث التأثير، وتكون بعض أعراض النقص متداخلة مع أعراض بعض الأمراض التي تصيب النباتات وبعض أعراض الإجهادات، لذلك يجب أخذ الحيطة عند التشخيص، أما إذا زاد تركيز العناصر المعدنية في محلول التربة عن متطلبات النبات فيمكن أن يمتص النبات كمياتٍ زائدة من هذه العناصر ما يؤدي إلى عدم توازن محتوى العناصر داخل النبات وظهور أعراض السمية Toxicity symptoms.



العلاقة بين الغلة (شكل من أشكال النمو) ومحتوى الأنسجة النباتية من العناصر المعدنية المغذية.



تأثير درجة حموضة التربة (pH) في مدى
إتاحة العناصر المعدنية المغذية.



سيتم خلال الجلسة العملية تنفيذ تجربة لدراسة أعراض نقص العناصر المعدنية المغذية لأهم العناصر المعدنية الكبرى والصغرى. ويتم تدوين أعراض نقص كل عنصر مع التوثيق بالصور