

Fisiología Vegetal

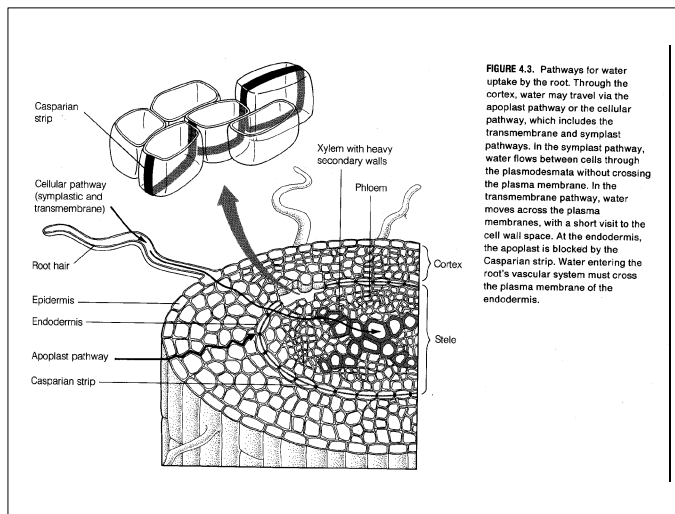
Clase - 4

<http://www.biouls.cl/>

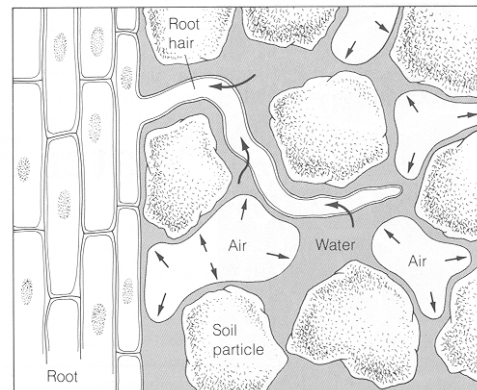
1

¿Preguntas de la clase anterior?

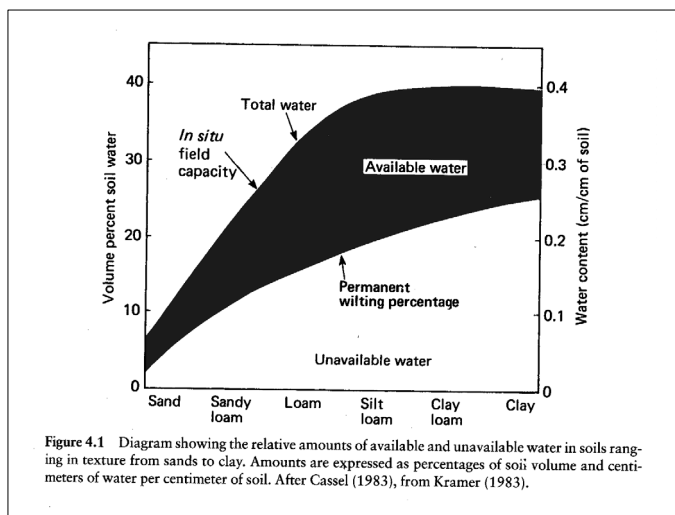
2



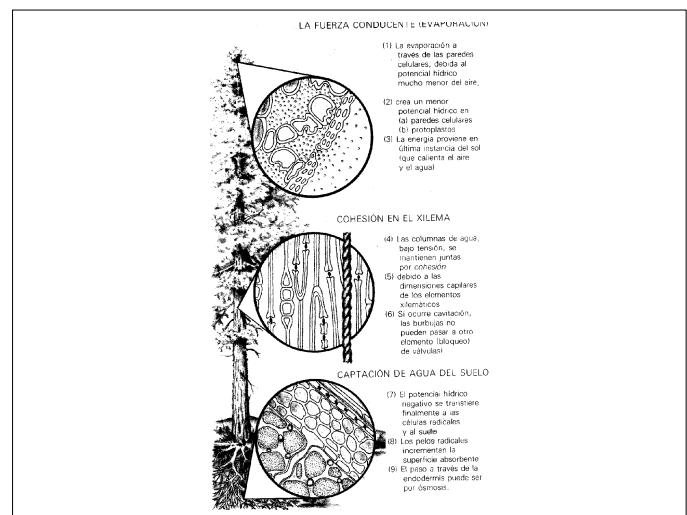
3



4

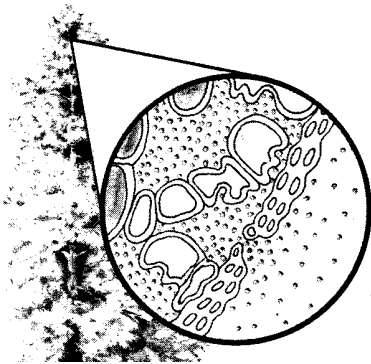


5



6

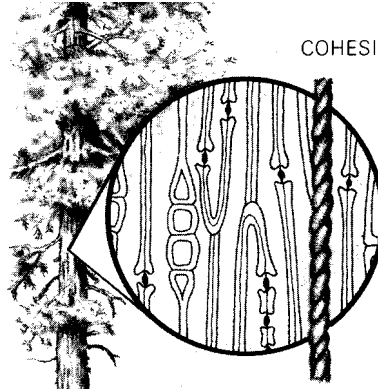
LA FUERZA CONDUCTENTE (EVAPORACIÓN)



- (1) La evaporación a través de las paredes celulares, debida al potencial hídrico mucho menor del aire,
- (2) crea un menor potencial hídrico en (a) paredes celulares (b) protoplastos
- (3) La energía proviene en última instancia del sol (que calienta el aire y el agua)

7

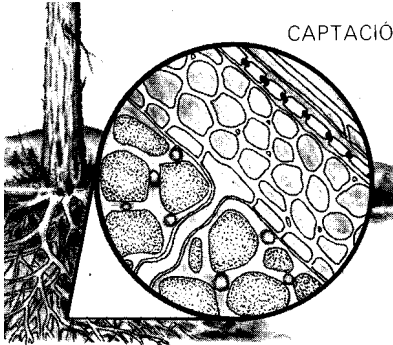
COHESIÓN EN EL XILEMA



- (4) Las columnas de agua, bajo tensión, se mantienen juntas por *cohesión*
- (5) debido a las dimensiones capilares de los elementos xilemáticos
- (6) Si ocurre cavitación, las burbujas no pueden pasar a otro elemento (bloqueo) de válvulas)

8

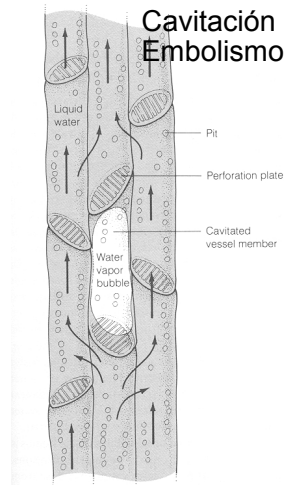
CAPTACIÓN DE AGUA DEL SUELO:



- (7) El potencial hídrico negativo se transfiere finalmente a las células radicales y al suelo
- (8) Los pelos radicales incrementan la superficie absorbente
- (9) El paso a través de la endodermis puede ser por ósmosis.

9

Cavitación Embolismo



10

Nutrición Mineral

Clase 4

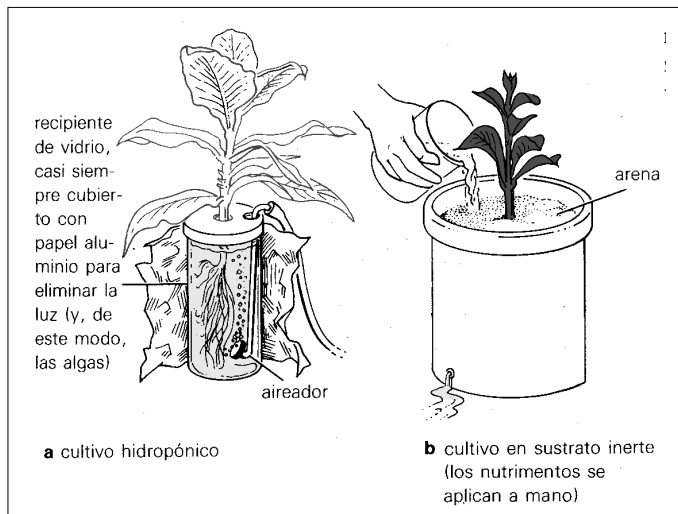
- Análisis elemental
- Métodos para el estudio de nutrición mineral
- Solución para cultivo hidropónico
- Criterios para definir un elemento esencial.
- Función de elementos esenciales
- Existencia de translocación del elemento.

11

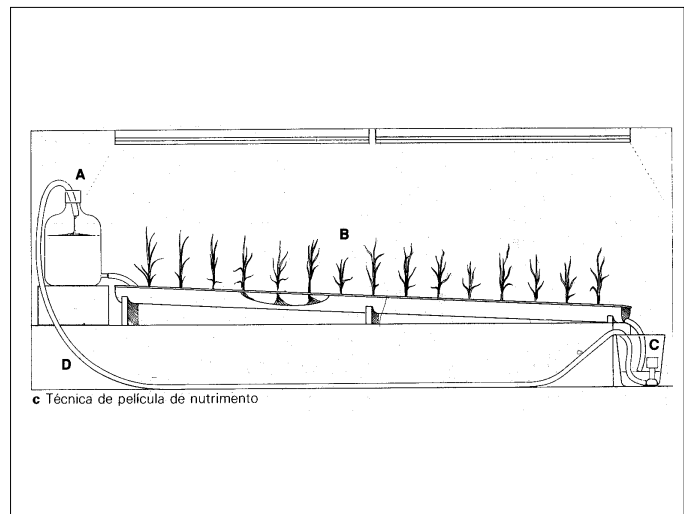
Tabla 6-1 Análisis elemental de partes vegetales seleccionadas

Elemento	Parte aérea de maíz (% de peso seco)	Hoja de maíz (% de peso seco)	Hojas de cerezo (% de peso seco)
Oxígeno	44.4	—	—
Carbono	43.6	—	—
Hidrógeno	6.2	—	—
Nitrógeno	1.5	3.2	2.4
Potasio	0.92	2.1	0.73
Calcio	0.23	0.52	1.7
Fósforo	0.20	0.31	0.15
Magnesio	0.18	0.32	0.61
Azufre	0.17	0.17	0.15
Cloro	0.14	—	—
Hierro	0.08	0.012	0.0058
Manganeso	0.04	0.009	0.0044
Cobre	—	0.0009	0.0006
Boro	—	0.0016	0.003
Cinc	—	0.003	0.001
Silicio	1.2	—	—
Aluminio	0.89	—	—
Sin determinar	0.28	—	—

12



13

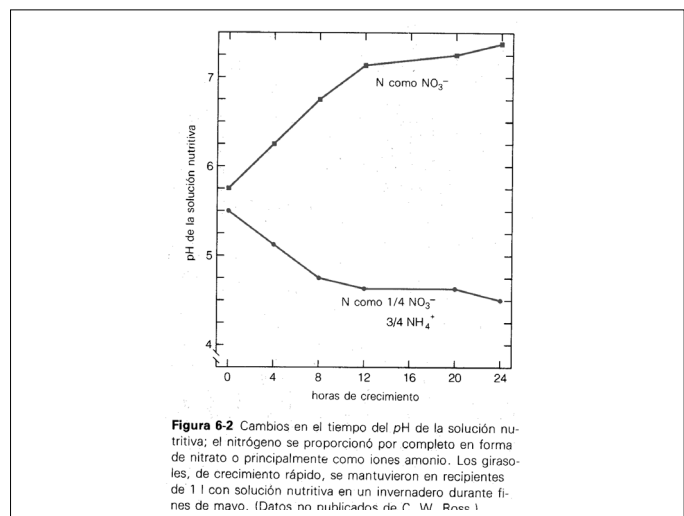


14

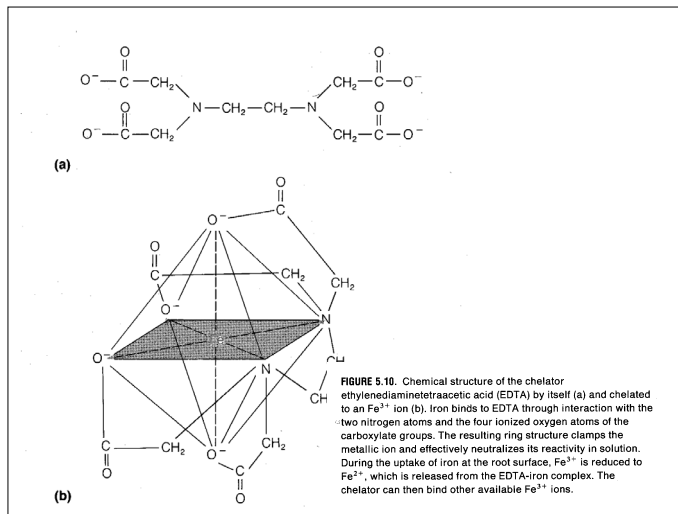
Tabla 6-2 Dos soluciones nutritivas para cultivos hidropónicos

Solución núm. 2 de Hoagland y Arnon			Solución de Shive modificada por Evans		
Sal	mM	mg/L(ppm)	Sal	mM	mg/L(ppm)
KNO ₃	6.0	235 K 196 N como NO ₃	Ca(NO ₃) ₂ •4H ₂ O	5.0	140 N como NO ₃ 200 Ca
Ca(NO ₃) ₂ •4H ₂ O	4.0	14 N como NH ₄ ⁺ 160 Ca	K ₂ SO ₄	2.5	216 K 160 S
NH ₄ H ₂ PO ₄	1.0	31 P 49 Mg	KH ₂ PO ₄	0.5	49 Mg 16 P
MgSO ₄ •7H ₂ O	2.0	64 S	MgSO ₄ •7H ₂ O	2.0	
Fe (quelato) ^c			Fe (versanato)		0.5 Fe
MnCl ₂ •4H ₂ O	0.009	0.5 Mn; 6.5 Cl	KCl		9.0 Cl
			MnSO ₄		0.25 Mn
H ₃ BO ₃	0.046	0.5 B	H ₃ BO ₃		0.25 B
ZnSO ₄ •7H ₂ O	0.0008	0.05 Zn	ZnSO ₄ •7H ₂ O		0.25 Zn
CuCO ₃ •5H ₂ O	0.0003	0.02 Cu	CuSO ₄ •5H ₂ O		0.02 Cu
H ₂ MoO ₄ •H ₂ O	0.0001	0.01 Mo	Na ₂ MoO ₄		0.02 Mo

15



16



17

Criterios para definir un elemento esencial

(Epstein 1972)

- Un elemento es esencial:
- Si a planta no puede completar su ciclo de vida (formando semillas viables) en total ausencia del elemento)
- Si se muestra que es constituyente de una molécula que es esencial para la planta.

18

Table 1.3
Average Concentrations of Mineral Nutrients in Plant Shoot Dry Matter that are Sufficient for Adequate Growth^a

Element	Abbreviation	$\mu\text{mol g}^{-1}$ dry wt	mg kg^{-1} (ppm)	%	Relative number of atoms
Molybdenum	Mo	0.001	0.1	—	1
Nickel ^b	Ni	~0.001	~0.1	—	1
Copper	Cu	0.10	6	—	100
Zinc	Zn	0.30	20	—	300
Manganese	Mn	1.0	50	—	1 000
Iron	Fe	2.0	100	—	2 000
Boron	B	2.0	20	—	2 000
Chlorine	Cl	3.0	100	—	3 000
Sulfur	S	30	—	0.1	30 000
Phosphorus	P	60	—	0.2	60 000
Magnesium	Mg	80	—	0.2	80 000
Calcium	Ca	125	—	0.5	125 000
Potassium	K	250	—	1.0	250 000
Nitrogen	N	1 000	—	1.5	1 000 000

^aFrom Epstein (1965).

^bBased on Brown *et al.* (1987b).

19

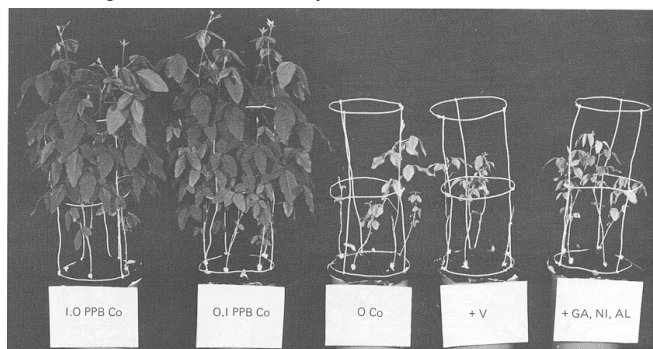
Elementos esenciales para plantas superiores e inferiores

Table 1.2
Essentiality of Mineral Elements for Higher and Lower Plants

Classification	Element	Higher plants	Lower plants
Macronutrient	N, P, S, K, Mg, Ca	+	+
Micronutrient	Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl, Ni	+	+
Micronutrient and 'beneficial' element	Na, Si, Co	±	±
	I, V	—	±

20

Requerimiento específico de Cobalto para la fijación biológica de nitrógeno en Poroto de Soya



21

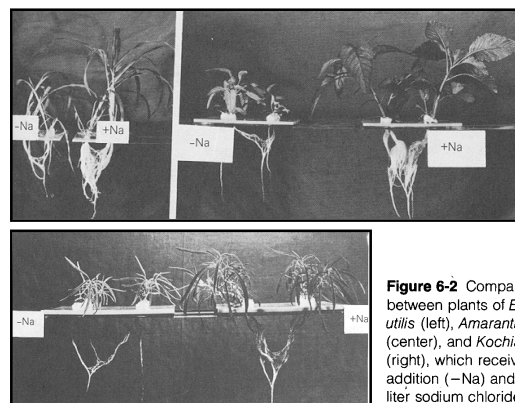


Figure 6-2 Comparisons between plants of *Echinochloa utilis* (left), *Amaranthus tricolor* (center), and *Kochia childsii* (right), which received no addition (-Na) and 0.10 meq/liter sodium chloride (+Na).

22

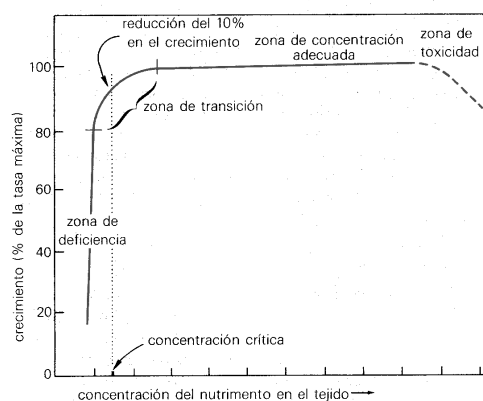
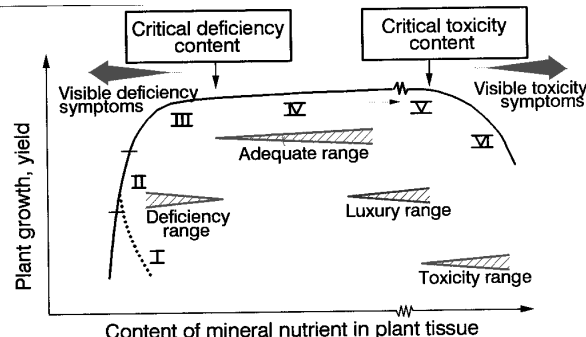


Figura 6-5 Gráfica generalizada del crecimiento como función de la concentración de un nutriente en el tejido vegetal. (Según Epstein, 1972.)

23



Range	I deficient	II low	III adequate	IV adequate	V high	VI toxic
Element*						
P (%)	<0.16	0.16-0.25	0.26-0.50	0.51-0.80	>0.80	
K (%)	<1.26	1.26-1.70	1.71-2.50	2.51-2.75	>2.75	
Mn (mg kg ⁻¹)	< 15	15 - 20	21 - 100	101 - 250	> 250	

24

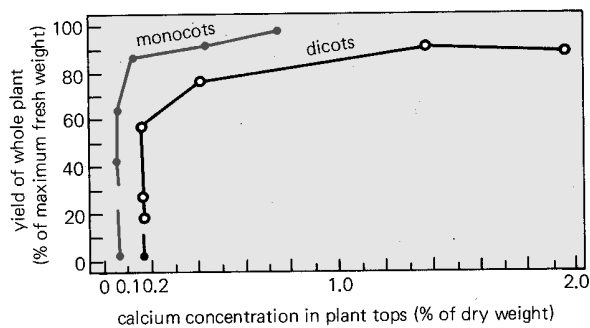


Figura 6-6 Relación entre la concentración de calcio en la porción superior de la planta y el rendimiento relativo de 18 dicotiledóneas y 11 monocotiledóneas después de 17 a 19 días de crecer en una solución con calcio a concentración constante. Cada punto representa los valores promedio para todas las especies en cada grupo de plantas, dado un solo tratamiento con Ca^{2+} (0.3, 0.8, 2.5, 10, 100 o 1 000 μM). (De J. F. Longergan, 1968.)

25

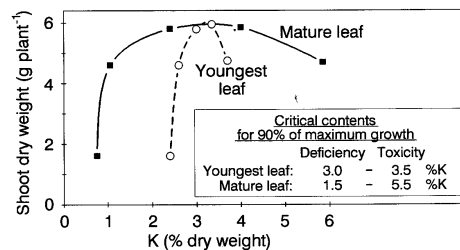


Fig. 12.4 Relationship between shoot dry weight and potassium content of mature and youngest leaves of tomato plants grown in nutrient solutions with various potassium concentrations. Inset: calculated critical contents.

26

Table 6-4 Percentage of Calcium, Potassium, Magnesium, Nitrogen, and Phosphorus in the Tops of Several Species of Plants Grown in a Greenhouse in an Alberta Loam Soil*

Species	Percent of Dry Weight				
	Ca	K	Mg	N	P
Sunflower	1.68	3.47	0.730	1.47	0.080
Bean	1.46	1.19	0.570	1.48	0.053
Wheat	0.46	4.16	0.225	2.26	0.058
Barley	0.68	4.04	0.292	1.94	0.125

*Data of Newton, 1928, Soil Science, 26:86.

27

Table 2.1
Relationship between Ion Concentration in the Substrate and in the Cell Sap of *Nitella* and *Valonia**

Ion	<i>Nitella</i> concentration (mm)			<i>Valonia</i> concentration (mm)		
	A, Pond water	B, Cell sap	Ratio B/A	A, Seawater	B, Cell sap	Ratio B/A
Potassium	0.05	54	1080	12	500	42
Sodium	0.22	10	45	498	90	0.18
Calcium	0.78	10	13	12	2	0.17
Chloride	0.93	91	98	580	597	1

*Modified from Hoagland (1948).

28

TABLE 5.5. Roles of essential mineral elements

Element	Role(s)
N	Constituent of amino acids, amides, proteins, nucleic acids, nucleotides and coenzymes, hexosamines, etc.
P	Component of sugar phosphates, nucleic acids, nucleotides, coenzymes, phospholipids, phytic acid, etc. Has a key role in reactions in which ATP is involved.
K	Required as a cofactor for 40 or more enzymes. Has a role in stomatal movements. Maintains electroneutrality in plant cells.
S	Component of cysteine, cystine, methionine, and thus proteins. Constituent of lipoic acid, coenzyme A, thiamine pyrophosphate, glutathione, biotin, adenosine-5'-phosphosulfate, and 3-phosphoadenosine.
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 nonspecifically by a large number of enzymes involved in phosphate transfer. A constituent of the chlorophyll molecule.
Fe	Constituent of cytochromes and of nonheme iron proteins involved in photosynthesis, N_2 fixation, and respiration.
Mn	Required for activity of some dehydrogenases, decarboxylases, kinases, oxidases, and peroxidases, and required nonspecifically by other cation-activated enzymes. Required for photosynthetic evolution of O_2 .
B	Indirect evidence for involvement in carbohydrate transport. Borate forms complexes with certain carbohydrates. Natural borate complexes in plants have not been identified.
Cu	An essential component of ascorbic acid oxidase, tyrosinase, monoamine oxidase, uricase, cytochrome oxidase. Component of plastocyanin in spinach.
Zn	Essential constituent of alcohol dehydrogenase, glutamic dehydrogenase, carbonic anhydrase, and other enzymes.
Mo	A constituent of nitrate reductase. Essential to N_2 fixation.
Cl	Required for the photosynthetic reactions involved in O_2 evolution.

29

Table 12.1
Some principles of visual diagnosis of nutritional disorders

Plant part	Prevailing symptom	Disorder
Deficiency		
Old and mature leaf blades	Chlorosis	Uniform
		Interveneal or blotched
	Necrosis	Tip and marginal scorch
		Interveneal
Young leaf blades and apex	Chlorosis	Uniform
		Interveneal or blotched
	Necrosis (chlorosis)	
	Deformations	
Old and mature leaf blades	Necrosis	Spots
		Tip and marginal scorch
	Chlorosis, necrosis	
Toxicity		
		Mn (B)
		B, salt (spray injury)
		Nonspecific toxicity

30

Tabla 6-4 Una guía para síntomas de deficiencia de nutrientes en vegetales.

Síntomas	Elemento deficiente	Síntomas	Elemento deficiente
Las hojas más antiguas o de la parte inferior son las más afectadas; efectos localizados o generalizados.		Se ven afectadas las hojas o brotes jóvenes; síntomas localizados.	
Los efectos en su mayor parte están generalizados por toda la planta; las hojas inferiores se hallan más o menos secas o quemadas; la planta tiene color verde oscuro o claro.		Las yemas terminales mueren; después de la aparición de distorsiones en las puntas o bases de las hojas jóvenes.	
La planta de color claro; las hojas están amarillentas; y cuando se secan, de color café claro; tallos cortos y delgados si el elemento es deficiente en etapas avanzadas del crecimiento.	Nitrógeno	Las hojas jóvenes de la yema terminal, al principio típicamente curvadas, mueren en puntas y márgenes, por lo que el crecimiento posterior se caracteriza por una apariencia de recorte en estos puntos; el tallo por último muere en la yema terminal.	Calcio
Planta color verde oscuro; con frecuencia desarrolla coloración roja y púrpura; los tallos son cortos y delgados si la deficiencia se presenta en etapas avanzadas del crecimiento.	Fósforo	Las hojas jóvenes de la yema terminal adquieren un color verde claro en la base, con descomposición final en ese punto; en el crecimiento subsecuente las hojas están retorcidas; por último, el tallo empieza a morir a partir de la yema terminal.	Boro
Efectos muy localizados; apariencia moteada o clorosis; con o sin manchones de tejido muerto en hojas de la parte inferior; poco o nulo desecamiento de las hojas de la parte inferior.		La yema terminal por lo común permanece viva; marchitez o clorosis de las hojas jóvenes o la yema foliar; con o sin manchones de tejido muerto; venas verde claro u oscuro.	
Hojas moteadas o cloróticas; frecuentemente pueden estar teñidas de rojo, como en el algodón; a veces con manchones de tejido muerto; las puntas o márgenes vueltos o curvados hacia arriba; tallos delgados.	Magnesio	Las hojas jóvenes marchitas de manera permanente debajo de marchitez en puntas sin recorte o clorosis pronunciada; el tallo que se halla justo debajo del ápice o de los brotes foliares con frecuencia no se puede mantener erguido en etapas avanzadas; cuando la escasez es aguda.	Cobre
Hojas moteadas o cloróticas; con manchones grandes o pequeños de tejido muerto.		Las hojas jóvenes se marchitan; clorosis presente; con o sin manchones de tejido muerto dispersos sobre la hoja.	Manganeso
Manchones de tejido muerto pequeños, por lo común en las puntas y entre las venas; más notables en los márgenes de las hojas; tallos delgados.	Potasio	Manchones de tejido muerto dispersos sobre la hoja; las venas más pequeñas tienden a permanecer verdes; dando una apariencia de jaqueado o reticulación.	
Manchones generalizados de rápido crecimiento; por lo general afectan áreas entre las venas y finalmente las venas secundarias y aun las primarias; hojas gruesas; tallos con internudos más cortos de lo normal.	Cinc	Por lo común no se presentan manchones muertos; la clorosis puede o no interesar las venas; volviéndolas de un verde claro u oscuro.	Azufre
		Hojas jóvenes con venas y tejido entre venas de color verde claro.	Hierro
		Hojas jóvenes cloróticas; las venas principales típicamente verdes; los tallos son cortos y delgados.	

31

Síntomas

Elemento deficiente

Las hojas más antiguas o de la parte inferior son las más afectadas; efectos localizados o generalizados.

Los efectos en su mayor parte están generalizados por toda la planta; las hojas inferiores se hallan más o menos secas o quemadas, la planta tiene color verde oscuro o claro.

La planta de color claro; las hojas están amarillentas, y cuando se secan, de color café claro; tallos cortos y delgados si el elemento es deficiente en estadios avanzados del crecimiento.

Planta color verde oscuro, con frecuencia desarrolla coloración roja y púrpura; los tallos son cortos y delgados si la deficiencia se presenta en etapas avanzadas del crecimiento.

Nitrógeno

Fósforo

32

Efectos muy localizados; apariencia moteada o clorosis; con o sin manchones de tejido muerto en hojas de la parte inferior; poco o nulo desecamiento de las hojas de la parte inferior.

Hojas moteadas o cloróticas; típicamente pueden estar teñidas de rojo, como en el algodón; a veces con manchones de tejido muerto; las puntas o márgenes vueltos o curvados hacia arriba; tallos delgados.

Hojas moteadas o cloróticas, con manchones grandes o pequeños de tejido muerto.

Manchones de tejido muerto pequeños, por lo común en las puntas y entre las venas; más notables en los márgenes de las hojas; tallos delgados.

Manchones generalizados de rápido crecimiento; por lo general afectan áreas entre las venas y finalmente las venas secundarias y aun las primarias; hojas gruesas; tallos con internudos más cortos de lo normal.

Magnesio

Potasio

Cinc

33

Síntomas

Elemento deficiente

Se ven afectadas las hojas o brotes jóvenes; síntomas localizados.

Las yemas terminales mueren, después de la aparición de distorsiones en las puntas o bases de las hojas jóvenes.

Las hojas jóvenes de la yema terminal, al principio típicamente curvadas, mueren en puntas y márgenes, por lo que el crecimiento posterior se caracteriza por una apariencia de recorte en estos puntos; el tallo por último muere en la yema terminal.

Las hojas jóvenes de la yema terminal adquieren un color verde claro en la base, con descomposición final en ese punto; en el crecimiento subsecuente las hojas están retorcidas; por último, el tallo empieza a morir a partir de la yema terminal.

Calcio

Boro

34

La yema terminal por lo común permanece viva; marchitez o clorosis de las hojas jóvenes o la yema foliar, con o sin manchones de tejido muerto; venas verde claro u oscuro.

Las hojas jóvenes marchitas de manera permanente (efecto de marchitez en puntas) sin moteado o clorosis pronunciada; el tallo que se halla justo debajo del ápice o de los brotes frutales con frecuencia no se puede mantener erguido en etapas avanzadas, cuando la escasez es aguda.

Las hojas jóvenes sin marchitarse; clorosis presente, con o sin manchones de tejido muerto dispersos sobre la hoja.

Manchones de tejido muerto dispersos sobre la hoja; las venas más pequeñas tienden a permanecer verdes, dando una apariencia de jaqueado o reticulación.

Cobre

Manganeso

35

Por lo común no se presentan manchones muertos; la clorosis puede o no interesar las venas, volviéndolas de un verde claro u oscuro.

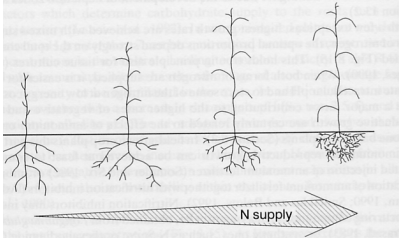
Hojas jóvenes con venas y tejido entre venas de color verde claro.

Hojas jóvenes cloróticas, las venas principales típicamente verdes; los tallos son cortos y delgados.

Azufre

Hierro

36



Representación esquemática del efecto del incremento en los niveles de fertilización con nitrógeno durante los primeros estados de desarrollo sobre las raíces y tallos de cereales.

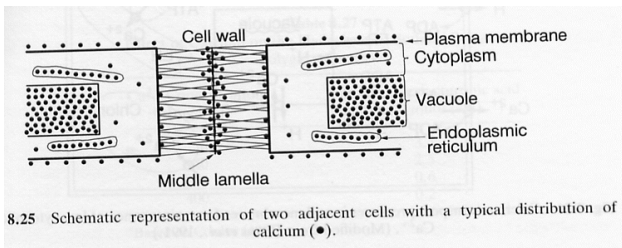
37

Table 8.5
Effect of Increasing Nitrogen Supply as NH_4NO_3 on Leaves of Rice

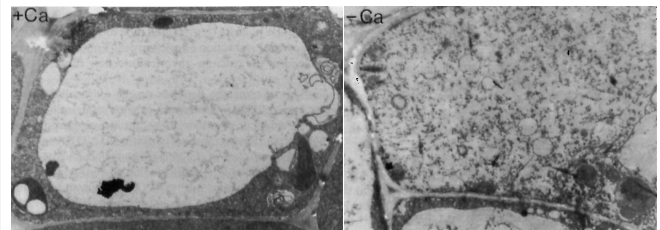
N supply (mg l^{-1})	Leaf blade			
	Length (cm)	Width (cm)	Area (cm^2)	Thickness (mg cm^{-2})
5	49.0	0.89	30.6	4.9
20	56.1	1.13	47.8	4.1
200	60.3	1.25	56.1	3.8

"Based on Yoshida *et al.* (1969).

38

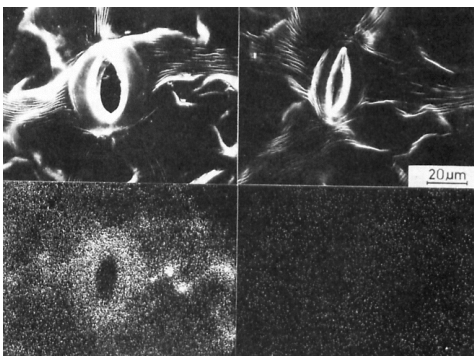


39



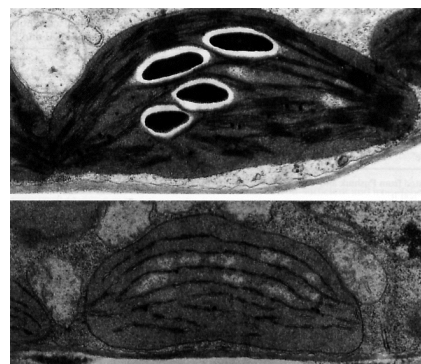
Estado nutricional de Calcio y la estructura fina de células de papa. Izquierda: calcio-suficiente; derecha: Calcio-deficiente, con pérdida de compartimentalización.

40



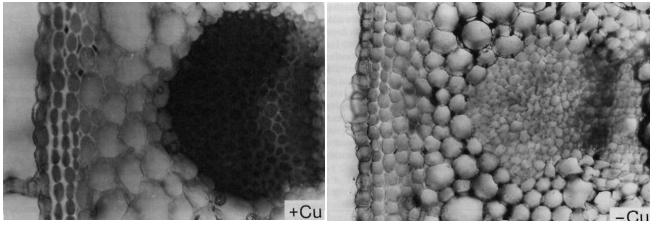
Fotografía electrónica de barrido (arriba) y imagen de rayos X mostrando la distribución de potasio (abajo) en estomas abiertos y cerrados de poroto.

41



Estructura fina de los cloroplastos en poroto de soya. Arriba: hierro-suficiente, abajo: hierro-deficiente

42



Secciones de tallo de girasol.

Izquierda: con suficiente suministro de cobre, paredes de la células del esclerénquima son gruesas y lignificadas.

Derecha: deficiente en cobre, paredes de las células del esclerenquima son delgadas y no lignificadas.

43



Deficiencia de Zinc en manzano. Se muestra la típica inhibición de la elongación de los internudos (arrosetamiento) y reducción del tamaño de las hojas.

44