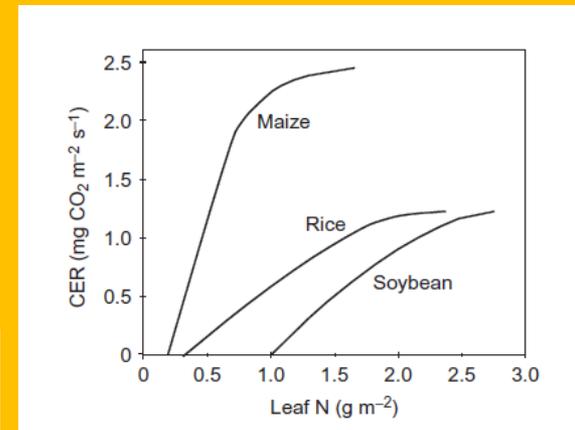
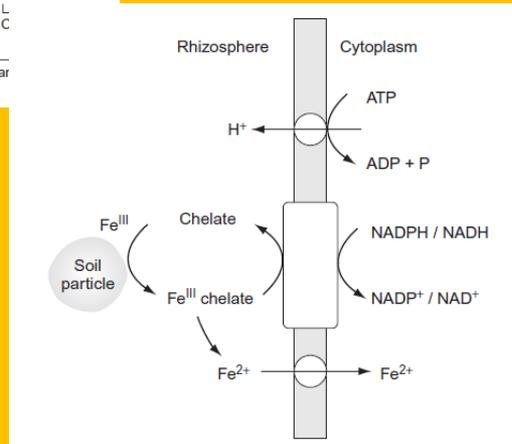
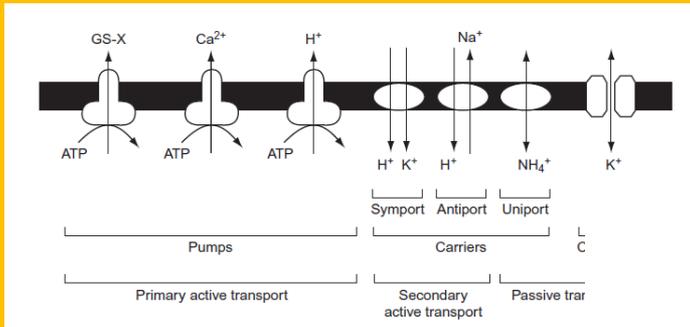


TP NUTRICIÓN MINERAL: repasando ...

¿Cuál es el objeto de estudio de la nutrición mineral?

Es la parte de la Fisiología Vegetal que estudia la función, absorción, disponibilidad, reciclaje, asimilación (nitrógeno, azufre), traslado, síntomas de deficiencias, toxicidad, etc. de los nutrientes minerales



Nutrientes esenciales:

I. ¿ Qué son, cómo se definen?

II. ¿ Cómo se clasifican ?

III. ¿ Cuáles son?

I. ¿Qué son, cómo se definen?

I. Criterios de esencialidad de elementos minerales (Arnon y Stout 1939)

- 1. En ausencia del elemento la planta es incapaz de completar su ciclo de vida**
- 2. La función del elemento no puede ser reemplazada por otro**
- 3. El elemento debe estar involucrado directamente en el metabolismo (por ej, siendo componente de moléculas, o ser requerido para actividad de enzimas etc.)**

Algunos autores agregan un 4to criterio: 'Que los criterios antes mencionados, se cumplan en un número importante de especies'

(nota: ni la presencia, ni la concentración de un elemento son criterios de esencialidad)

II. ¿ Cómo se clasifican ?

En las clase teórica se describieron diferentes criterios de clasificación.

De momento, nos concentraremos en la clasificación según la cantidad en que las plantas usan los diferentes elementos. De acuerdo a este criterio clasificamos a los elementos en dos grandes grupos:

1. **Macronutrientes:** se encuentran en el rango del gramo por kilogramo de materia seca
2. **Micronutrientes (= oligoelementos):** se encuentran en el rango del miligramo por kilogramo de materia seca

Notar que entre macro y micronutrientes pueden existir 3 órdenes de magnitud en la cantidad del elemento por materia seca

III. ¿ Cuáles son considerados los nutrientes esenciales?

Macronutrientes: C H O N P Ca K Mg S

Micronutrientes: Fe Mn Cl Zn Cu Mo Ni B

Aclaración respecto del Na : este elemento no es esencial para la mayoría de la plantas (incluso es tóxico a determinados niveles). Sin embargo, en un grupo de plantas con metabolismo fotosintético llamado C_4 , el Na es considerado esencial.

TABLE 1.3 Average concentrations of mineral elements in plant shoot dry matter sufficient for adequate growth

Element	Chemical symbol	$\mu\text{mol g}^{-1} \text{ dw}$	mg kg^{-1}
Molybdenum	Mo	0.001	0.1
Nickel	Ni	0.001	0.1
Copper	Cu	0.1	6
Zinc	Zn	0.3	20
Manganese	Mn	1.0	50
Iron	Fe	2.0	100
Boron	B	2.0	20
Chlorine	Cl	3.0	100
Sulphur	S	30	1,000
Phosphorus	P	60	2,000
Magnesium	Mg	80	2,000
Calcium	Ca	125	5,000
Potassium	K	250	10,000
Nitrogen	N	1,000	15,000

From Epstein (1965), Epstein and Bloom (2005), Brown *et al.* (1987b).

Observen los diferentes rangos de concentración por Kg de materia seca de macro y micronutrientes (última columna de la tabla)

Estos datos nos muestran el diferente requerimiento que tienen las plantas de los macro y micronutrientes

¿ Cómo estudiar experimentalmente la esencialidad de un elemento?

Hidroponia = cultivo de plantas sin suelo (soluciones nutritivas)



*Plantas creciendo sin tierra,
solo con solución o bien
con algún soporte inerte
(perlita, arena..)*



La hidroponia, además de ser usada con fines experimentales, tiene muchas aplicaciones a nivel productivo (ver la Guía de TPs y la bibliografía adjuntada en el Aula Virtual Libro de Cátedra 'Cultivo en Hidroponia')

¿Qué son las soluciones nutritivas?

Son soluciones de los diferentes elementos, formuladas de manera 'estándar', de forma tal que las concentraciones y la disponibilidad satisfacen los requerimientos nutricionales para la generalidad de las plantas.



Una de las soluciones nutritivas más usadas es la de Hoagland (formulada por el científico del mismo nombre y posteriormente modificada por diversos autores)

Solución nutritiva Hoagland

TABLA PARA LA PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS

Cantidades en ml de soluciones madres para preparar 1 (uno) litro de solución nutritiva en agua destilada.

Solución Madre M	Completa ml	-Ca ml	-S ml	-Mg ml	-K ml	-N ml	-P ml	-Fe ml	-Micro ml
Ca (NO ₃) ₂	5	-	5	-	-	-	5	5	5
KNO ₃	5	5	5	-	-	-	-	-	-
MgSO ₄	2	2	-	-	-	-	-	-	-
KH ₂ PO ₄	1	1	1	-	-	-	-	-	-
EDTA Fe	1	1	1	-	-	-	-	-	-
Micrenut	1	1	1	-	-	-	-	-	-
Na NO ₃	-	10	-	-	-	-	-	-	-
MgCl ₂	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Na ₂ SO ₄	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CaCl ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KCl	-	-	-	-	-	5	1	-	-
PO ₄ H ₂ Na	-	-	-	-	1	-	-	-	-

Concentrándonos por el momento en el recuadro rojo: en la primer columna vemos las sales utilizadas para incorporar los distintos elementos esenciales y en la segunda columna vemos cuántos ml de cada solución 'madre' (soluciones de 'stock', a menudo 1 Molar) debemos poner para un volumen final determinado (en este caso, 1 L) y así obtener una solución 'completa'

- El EDTA Fe (Sal Sódica del Ácido etilendiamino tetracético y FeSO₄·7H₂O) es un quelato que favorece la absorción de ese elemento.
- La solución de micronutrientes posee la siguiente composición en g/l: MnCl₂·4H₂O, 1,81g; H₃BO 2,83g; ZnCl₂, 0,11g; CuCl₂·2H₂O 0,05g; Na₂MoO₄·2H₂O, 0,025g.



Algunas observaciones más...

TABLA PARA LA PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS

Cantidades en ml de soluciones madres para preparar 1 (uno) litro de solución nutritiva en agua destilada.

Solución Madre M	Completa ml	-Ca ml	-S ml	-Mg ml	-K ml	-N ml	-P ml	-Fe ml	-Micro ml
Ca (NO ₃) ₂	5	-	5	-	-	-	-	5	5
KNO ₃	5	5	5	-	-	-	-	-	-
MgSO ₄	2	2	-	-	-	-	-	-	-
KH ₂ PO ₄	1	1	1	-	-	-	-	-	-
EDTA Fe	1	1	1	-	-	-	-	-	-
Micrenut	1	1	1	-	-	-	-	-	-
Na NO ₃	-	10	-	-	-	-	-	-	-
MgCl ₂	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Na ₂ SO ₄	-	-	-	2	-	-	-	-	-
CaCl ₂	-	-	-	-	-	5	-	-	-
KCl	-	-	-	-	-	5	1	-	-
PO ₄ H ₂ Na	-	-	-	-	1	-	-	-	-

Habrán observado que en el caso del hierro, la solución 'madre' no es de una sal, sino como quelato (EDTA, etilendiaminotetracético, un agente quelante que coordina metales de transición como el Fe). ¿A qué se debe esto? (responder en el informe del TP)

- El EDTA Fe (Sal Sódica del Ácido etilendiamino tetracético y FeSO₄·7H₂O) es un quelato que favorece la absorción de ese elemento.

- La solución de micronutrientes posee la siguiente composición en g/l: MnCl₂·4H₂O, 1,81g; H₃BO₃ 2,83g; ZnCl₂, 0,11g; CuCl₂·2H₂O 0,05g; Na₂MoO₄·2H₂O, 0,025g.



Algunas observaciones más...

TABLA PARA LA PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS

Cantidades en ml de soluciones madres para preparar 1 (uno) litro de solución nutritiva en agua destilada.

Solución Madre M	Completa ml	-Ca ml	-S ml	-Mg ml	-K ml	-N ml	-P ml	-Fe ml	-Micro ml
Ca (NO ₃) ₂	5	-	5	-	-	-	5	5	5
KNO ₃	5	5	5	-	-	-	-	-	-
MgSO ₄	2	2	-	-	-	-	-	-	-
KH ₂ PO ₄	1	1	1	-	-	-	-	-	-
EDTA Fe	1	1	1	1	1	1	1	-	1
Micrenut	1	1	1	1	1	1	1	1	-
Na NO ₃	-	10	-	-	5	-	-	-	-
MgCl ₂	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Na ₂ SO ₄	-	-	-	2	-	-	-	-	-
CaCl ₂	-	-	-	-	-	5	-	-	-
KCl	-	-	-	-	-	5	1	-	-
PO ₄ H ₂ Na	-	-	-	-	1	-	-	-	-

Los micronutrientes se preparan como una solución madre que consta de diferentes sales (ver composición al pie de tabla)

• El EDTA Fe (Sal Sódica del Ácido etilendiamino tetracético y FeSO₄·7H₂O) es un quelato que favorece la absorción de ese elemento.

• La solución de micronutrientes posee la siguiente composición en g/l: MnCl₂·4H₂O, 1,81g; H₃BO₃ 2,83g; ZnCl₂, 0,11g; CuCl₂·2H₂O 0,05g; Na₂MoO₄·2H₂O, 0,025g.



¿ Cómo manipular la solución nutritiva para el estudio de la esencialidad?

1. No se incluyen en la solución nutritiva las sales en las que ese elemento se encuentra

2. Se usan sales de reemplazo (= sustitución) : son sales que contienen al anión o catión que no pretende excluirse de la solución (compensa la eliminación de otro elemento, para no introducir una variable no deseada al experimento)

Veamos un ejemplo que aclara esto en la diapositiva siguiente ...

TABLA PARA LA PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS

Cantidades en ml de soluciones madres para preparar 1 (uno) litro de solución nutritiva en agua destilada.

Solución Madre M	Completa ml	-Ca ml	-S ml
Ca (NO ₃) ₂	5	-	5
KNO ₃	5	5	5
MgSO ₄	2	2	-
KH ₂ PO ₄	1	1	1
EDTA Fe	1	1	1
Micrenut	1	1	1
Na NO ₃	-	10	-
MgCl ₂	-	-	2
Na ₂ SO ₄	-	-	-
CaCl ₂	-	-	-
KCl	-	-	-
PO ₄ H ₂ Na	-	-	-

Tomemos como ejemplo el caso del tratamiento 'Sin Calcio' (-Ca):

- No se incluye en la formulación el nitrato de calcio

- pero...¿qué sucede?: al no incluir el nitrato de calcio, estaríamos agregando otra variable al tratamiento, ya que estamos poniendo menos nitrógeno ('nitrato')

- Para resolver esta cuestión, se agrega otra sal, en este caso un nitrato que NO tenga calcio (nitrato de sodio). En este ejemplo, el nitrato de sodio es la sal de reemplazo.

- El EDTA Fe (Sal Sódica del Ácido etilendiamino tetracético y FeSO₄·7H₂O) es un quelato que favorece la absorción de ese elemento.
- La solución de micronutrientes posee la siguiente composición en g/l: MnCl₂·4H₂O, 1,81g; H₃BO 2,83g; ZnCl₂, 0,11g; CuCl₂·2H₂O 0,05g; Na₂MoO₄·2H₂O, 0,025g.

TABLA PARA LA PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS

Cantidades en ml de soluciones madres para preparar 1 (uno) litro de solución nutritiva en agua destilada.

Solución Madre M	Completa ml	-Ca ml	-S ml	-Mg ml
Ca (NO ₃) ₂	5	-	5	5
KNO ₃	5	5	5	5
MgSO ₄	2	2	-	-
KH ₂ PO ₄	1	1	1	1
EDTA Fe	1	1	1	1
Micrenut	1	1	1	1
Na NO ₃	-	10	-	-
MgCl ₂	-	-	2	-
Na ₂ SO ₄	-	-	-	2
CaCl ₂	-	-	-	-
KCl	-	-	-	-
PO ₄ H ₂ Na	-	-	-	-

Otro ejemplo: el caso del tratamiento 'Sin Azufre' (-S):

- No se incluye sulfato de magnesio

- Para compensar la cantidad de magnesio, se agrega como sal de reemplazo el cloruro de magnesio

- El EDTA Fe (Sal Sódica del Ácido etilendiamino tetracético y FeSO₄.7H₂O) es un quelato que favorece la absorción de ese elemento.
- La solución de micronutrientes posee la siguiente composición en g/l: MnCl₂.4H₂O, 1,81g; H₃BO 2,83g; ZnCl₂, 0,11g; CuCl₂.2H₂O 0,05g; Na₂MoO₄.2H₂O, 0,025g.

TABLA PARA LA PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS

Cantidades en ml de soluciones madres para preparar 1 (uno) litro de solución nutritiva en agua destilada.

Solución Madre M	Completa ml	-Ca ml	-S ml	-Mg ml	-K ml	-N ml	-P ml	-Fe ml	-Micro ml
Ca (NO ₃) ₂	5	-	5	5	5	-	5	5	5
KNO ₃	5	5	5	5	-	-	5	5	5
MgSO ₄	2	2	-	-	2	2	2	2	2
KH ₂ PO ₄	1	1	1	1	-	1	-	1	1
EDTA Fe	1	1	1	1	1	1	1	-	1
Micrenut	1	1	1	1	1	1	1	1	-
Na NO ₃	-	10	-	-	5	-	-	-	-
MgCl ₂	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Na ₂ SO ₄	-	-	-	2	-	-	-	-	-
CaCl ₂	-	-	-	-	-	5	-	-	-
KCl	-	-	-	-	-	5	1	-	-
PO ₄ H ₂ Na	-	-	-	-	1	-	-	-	-

Ahora ustedes...

- ¿ Qué sal o sales no se agrega/n en el tratamiento 'Sin potasio'?
- ¿ Cuále/s es/son la/s sal/es de reemplazo en este caso ?

De esta manera se prepararon las soluciones:

sin Ca,

sin S,

sin Mg,

sin K,

sin N,

sin P,

sin Fe,

sin micronutrientes

con el fin de compararlas con la solución completa (que será el 'control' del experimento)

Requisitos que deben tener los insumos para hidroponia experimental (estudios de deficiencias)

El agua debe ser bidestilada o de ósmosis reversa (estudio de macronutrientes) o de pureza mayor (ultrapura 'milli Q', tratada con resinas de intercambio) (estudio de micronutrientes)

Los reactivos deben ser pro análisis o aún mas puros (micronutrientes)



Los ensayos experimentales para el estudio de deficiencias de micronutrientes tienen algunas dificultades, básicamente por dos razones:

- Presencia de trazas del elemento en el agua y/o reactivos usados
- **Contenido del elemento en la semilla** (ej. si se trabaja con plántulas, lo que la semilla re-moviliza al germinar es utilizado y es suficiente, y se demora la aparición de la deficiencia)



¿Qué haremos en el TP?

Someteremos plántulas de tomate a tratamientos (en hidroponía) con ausencia de diferentes elementos (fundamentalmente macronutrientes y Fe) con el objetivo de poner en evidencia síntomas de deficiencia (ver más adelante en la presentación los tipos de síntoma)



Materiales

- Potes plásticos (prismas rectangulares) de 1,25 L para hidroponia
- . Plántulas de tomate var 'Platense' de aprox. 1 mes de edad (germinadas con anterioridad por el docente en vermiculita húmeda)
- Soluciones 'madre' 1M ('stock') de las diferentes sales para la formulación de la solución nutritiva (preparadas por el docente con anterioridad)
- Agua bidestilada
- Pipetas de diferentes volúmenes (1, 2, 5, 10 ml) y Propipetas
- Aireadores y mangueras 'de acuario'
- Materiales diversos: Tijeras, algodón, Telgopor para confección de tapas, trinchetas



Procedimiento

1. Se preparan las diferentes soluciones de los tratamientos (Hoagland completa, -N, -P, -S etc. colocando los ml de cada sal (uso de pipeta con propipeta, soluciones 'madre') según lo que indica la tabla correspondiente (ver también Guía de TPs). Los pots de cada tratamiento deben ser correctamente rotulados según corresponda.

2. Paralelamente se preparan las tapas de telgopor (con tres ranuras y sendos orificios para la colocación de las plántulas; ver foto)



TABLA PARA LA PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS
Cantidades en ml de soluciones madres para preparar 1 (uno) litro de solución nutritiva en agua destilada.

Solución Madre M	Completa ml	-Ca ml	-S ml	-Mg ml	-K ml	-N ml	-P ml	-Fe ml	-Micro ml
Ca (NO ₃) ₂	5	-	5	5	5	-	5	5	5
KNO ₃	5	5	5	5	-	-	5	5	5
MgSO ₄	2	2	-	-	2	2	2	2	2
KH ₂ PO ₄	1	1	1	1	-	1	-	1	1
EDTA Fe	1	1	1	1	1	1	1	-	1
Micronut	1	1	1	1	1	1	1	1	-
Na NO ₃	-	10	-	-	5	-	-	-	-
MgCl ₂	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Na ₂ SO ₄	-	-	-	2	-	-	-	-	-
CaCl ₂	-	-	-	-	-	5	-	-	-
KCl	-	-	-	-	-	5	1	-	-
PO ₄ H ₂ Na	-	-	-	-	1	-	-	-	-

• El EDTA Fe (Sal Sódica del Ácido etilendiamino tetracético y FeSO₄·7H₂O) es un quelato que favorece la absorción de ese elemento.
• La solución de micronutrientes posee la siguiente composición en g/l: MnCl₂·4H₂O, 1,81g; H₃BO 2,83g; ZnCl₂·0,11g; CuCl₂·2H₂O 0,05g; Na₂MoO₄·2H₂O, 0,025g.



3. Una vez 'pipeteadas' cada una de las soluciones madre para cada tratamiento, se enrasa el pote con agua bidestilada

Procedimiento

4- Se extraen las plántulas de la vermiculita (con especial cuidado de no romper las raíces) y se lavan bien las raíces para sacar los restos del sustrato. Se eligen unas 30 plántulas en similar estado de crecimiento para uniformar las condiciones iniciales del experimento



Procedimiento

5- Se colocan las plántulas en los orificios de las tapas, rodeando el cuello de la raíz con algodón o goma espuma (evitando una presión excesiva para prevenir la muerte de la plántula)



Tenemos que asegurarnos que las raíces estén correctamente sumergidas en la solución nutritiva

Procedimiento

6-Una vez completado el paso anterior para todos los tratamientos, los potes se llevan al invernadero y se les colocan las mangueras de aireación dentro de las soluciones (la agitación que producen las burbujas del aireador facilita la difusión de oxígeno desde la atmósfera hacia la solución)





Detalle de un pote con la tapa levantada para observar las raíces

Mangueritas de aireación

7- Mientras transcurre el experimento (varias semanas):

- Se repone diariamente el agua evapo-transpirada de los potes, con agua bidestilada***
- Los primeros días se puede reemplazar alguna plántula que haya muerto por la manipulación***
- Periódicamente se puede controlar el pH y la conductividad eléctrica de la solución. Cambios en estos parámetros pueden indicarnos la necesidad de reemplazo total de las soluciones (nota: en experimentos con fines didácticos no suele ser necesario el reemplazo de las soluciones, pero en ensayos de investigación es importante tener en cuenta este aspecto)***



8- Detección y diagnosis de síntomas de deficiencia

Al transcurrir los días y las semanas, las plantas de los diferentes tratamientos pueden presentar síntomas de deficiencia a determinado elemento...

...por eso, a continuación repasaremos brevemente lo descrito en la clase teórica virtual acerca de los síntomas de deficiencia



Síntomas de deficiencia

1. Tipo de síntoma

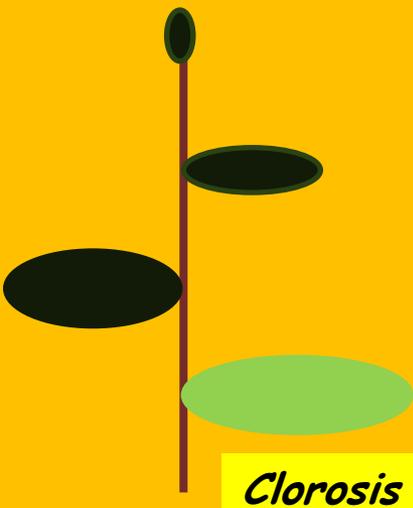
- Disminución del crecimiento (enanismo, menos biomasa, menos área foliar.)
- Clorosis (color verde claro, o amarillento) Puede ser en la venas o ser intervenial (venas verdes)
- Necrosis (muerte parcial o total del órgano, color amarronado)
- Moteados (ej. manchas cloróticas, que luego se necrosan..)
- Antocianismo (color púrpura por acumulación de pigmentos antocianinas)
- Deformaciones, de la hoja

2. Posición del síntoma (relacionado la movilidad del elemento)

- Síntoma en hojas viejas (basales): elemento **móvil**
- Síntoma en hojas nuevas (apicales): elemento **inmóvil** (o movilidad intermedia)

TABLE 3.9 Mobility of nutrients in the phloem

Mobility		
High	Intermediate	Low
K	Fe	Ca
Mg	Zn	Mn
P	Cu	
S	B	
N (amino-N)	Mo	
Cl		
(Na)		



Elemento móvil

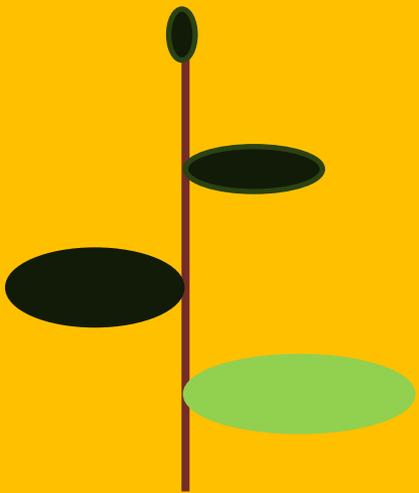


Elemento poco móvil

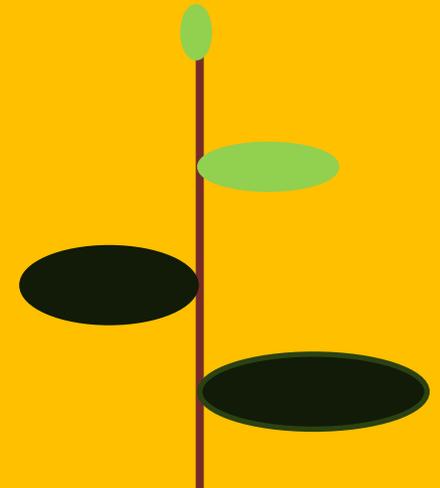
Para pensar...

¿Para qué puede servirnos desde el punto de vista del manejo de cultivos (ya sea extensivos o forestales) el concepto de movilidad de un elemento?

(responder en el informe, ver más adelante en esta presentación)



Elemento móvil



Elemento poco móvil

Importante: los síntomas descritos como deficiencias también pueden ser producidos por otras causas:

- Clorosis ('mosaico') por virus (no el 'corona', otros...)
- Antocianismo por estreses abióticos (ej. frío, en ciertas especies)
- Necrosis por patógenos

En base a las fotografías que se adjuntan (que corresponden a 12 y 17 días de iniciados los experimentos) y la Guía de TPs, complete la tabla de la Guía y responda:

- Describa el aspecto general de las plantas de los tratamientos y de haberlo, señale el síntoma de deficiencia que ha observado en cada caso. Tome como referencia de comparación el 'control' (en nuestro caso, las plantas en la solución 'Completa')
- ¿En qué tratamientos observa disminución sensible del crecimiento? Establezca una relación causal entre este síntoma y la función que cumplen en la célula los elementos implicados.
- ¿En qué tratamientos observa clorosis? ¿En qué tipo de hoja en cada caso? ¿apicales, basales? ¿Qué conclusiones saca de estas observaciones respecto de la movilidad del elemento considerado?
- ¿Cómo diferencia la deficiencia en N, respecto de la de P ?
- ¿ En qué tratamiento observa necrosis? ¿ Es el elemento implicado móvil o inmóvil?

A continuación se adjuntan fotografías tomadas antes de la cuarentena

Tengan en cuenta algunas cuestiones:

- Las fotografías son deficientes en ciertos casos (capturadas con celular)
- En algunos casos, algún tratamiento puede no dar el resultado esperado (ej. errores en la preparación de la solución)
- Dado que el experimento estaba en su inicio, quizás el síntoma en algún tratamiento aún no es notorio o es incipiente
- Estudien detenidamente las fotos que les adjuntamos, complementando con lo que puedan hallar en otros medios, clase teórica, información de la Guía de TPs y libros etc. De esta manera, les proponemos que vayan caracterizando cómo son los síntomas de deficiencia de cada elemento.

Fotografías del experimentos de las COM1 y COM2 (12 días de iniciado el experimento; vista general)







17 días de iniciado el experimento (vista general)





-N T.M.

-Mg T.M.

-Fe T.M.

-S T.M.

-P T.M.





-Micro T.M.

Ca T.n.

COMPLETA T.M.

-K T.n.

Fotografías que corresponden al experimento de las COM 3 y COM 4 (16 días de iniciado el experimento)



Completa



Sin Fósforo



Sin Nitrógeno



Sin Calcio



Sin micronutrientes



Sin Hierro



Sin Azufre



Sin Potasio

nota: por razones técnicas de la fotografía, no se incluye el tratamiento 'Sin Magnesio'

No olviden realizar un Informe (Objetivo, Materiales y Métodos, Resultados, Conclusiones) respondiendo las preguntas realizadas anteriormente y caracterizando los síntomas de los elementos estudiados.

Enviar documento Word por e-mail al docente a cargo de la comisión correspondiente