

PRÁTICA Nº. 6.5

NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS

INTRODUÇÃO

A maioria dos estudos relacionados à nutrição mineral de plantas é realizada com a utilização de soluções nutritivas. As soluções nutritivas de *Hoagland & Arnon*, de *Clark* e de *Long Ashton* são bem antigas, embora ainda sejam muito utilizadas. As principais vantagens desse sistema são a escolha prévia e a precisão da composição química do meio, além de os sistemas radiculares das plantas poderem ser mais facilmente retirados para análises, o que é dificultado quando as plantas são cultivadas em solo.

A utilização de solos em estudos relacionados à nutrição mineral de plantas é um problema devido à heterogeneidade e à complexidade da sua composição, assim como à presença de íons, dificultando a padronização. Visando-se superar essas limitações, técnicas de cultivo empregando-se soluções nutritivas e a hidroponia foram desenvolvidas a partir da década de 50. Essas técnicas consistem em se cultivar plantas com as raízes submersas em soluções contendo água e sais minerais, com composição química definida, o que possibilita estudar os efeitos dos macro e dos micronutrientes no metabolismo vegetal, assim como observarem-se os sintomas de toxidez e/ou de deficiências nutricionais.

Embora muito utilizado, o cultivo de plantas em soluções nutritivas apresenta limitações. Em geral, há necessidade de aeração artificial e de trocas periódicas das soluções, uma vez que suas composições químicas se alteram à medida que as raízes respiram e absorvem os íons. Além disso, algumas raízes apresentam absorção diferencial de íons, o que também pode levar a grandes variações no pH das soluções nutritivas, alterando o equilíbrio de oxirredução e a forma iônica de vários elementos minerais presentes nessas soluções.

Meios semissólidos, utilizando areia lavada ou vermiculita, têm sido empregados visando eliminar algumas desvantagens do cultivo hidropônico. Esses meios são periodicamente suplementados com soluções nutritivas que lhes fornecem os elementos minerais necessários. Contudo, a areia lavada ou a vermiculita não podem ser empregadas em estudos relacionados aos micronutrientes, pois esses substratos podem apresentar pequenas quantidades desses elementos. Além disso, a obtenção de raízes intactas para análises é dificultada, pois parte do sistema radicular é, em geral, danificado quando as plantas são removidas.

OBJETIVOS

Observar os sintomas de deficiência dos macronutrientes, de alguns micronutrientes (Fe e B) e os efeitos do Al em plantas cultivadas em solução nutritiva.

MATERIAIS

- Frascos de PVC de 1.600 mL de boca larga e pintados de cinza ou de preto para evitar entrada de luz



- Papel-filtro para germinação



- Chapas de isopor e espumas



- Chapas de isopor furadas



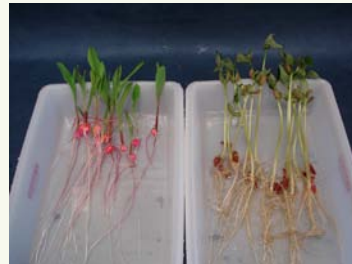
- Tubos de plástico de 2 mm de diâmetro



- Soluções-estoques, preparadas segundo Hoagland e Arnon (1950)



- Plântulas de milho e feijão, com cerca de 5 dias de idade



- Compressor de ar



PROCEDIMENTOS

As soluções-estoques para a preparação das diferentes soluções nutritivas são as seguintes:

Solução Estoque	Composto (P.A)	Concentração
A	Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	1,0 molar (23,6 g/100 mL)
B	KNO ₃	1,0 molar (10,1 g/100 mL)
C	MgSO ₄ .7H ₂ O	1,0 molar (12,3 g/50 mL)
D	KH ₂ PO ₄	1,0 molar (3,4 g/25 mL)
E	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ .H ₂ O	0,01 molar (0,126 g/100 mL)
F	K ₂ SO ₄	0,05 molar (0,215 g/25 mL)
G	CaSO ₄ .2H ₂ O	0,01 molar (0,86 g/1000 mL)
H	Mg(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	1,0 molar (2,56 g/10 mL)
I	Microelementos (*)	
J	Fe -EDTA	0,5%
K	Microelementos sem boro	*

(*) A solução de "microelementos" (Mn, B, Zn, Cu e Mo) tem a composição mostrada a seguir. Para demonstrar a deficiência de boro, o elemento (H₃BO₃) deverá ser omitido:

H ₃ BO ₃	2,86 g
MnCl ₂	1,81 g
ZnSO ₄ .7H ₂ O	0,22 g
H ₂ MoO ₄ .H ₂ O (85% MoO ₃)	0,09 g
CuSO ₄ .5H ₂ O	0,08 g
Água destilada	100 mL

Pinte vasos de 1.600 mL ou envolva-os externamente com papel-alumínio. Lave-os, enxague-os com água destilada, seque-os e identifique-os da seguinte maneira: Solução completa; - Ca; - S; - Mg; - K; - N; - P; - Fe; - B; + Al. Coloque água destilada (500 mL) dentro de cada frasco e adicione as quantidades indicadas das soluções-estoques para cada tratamento, seguindo a Tabela 1.

Misture bem a solução após cada adição de sais para evitar a precipitação. Quando todos os sais estiverem dissolvidos, complete o volume para 1.600 mL. Prepare tampas de isopor perfuradas que se adaptem bem à boca de cada frasco. Obtenha 30 plântulas uniformes de feijão e de milho germinadas em papel-filtro. Durante a remoção dessas plântulas, todo o cuidado deve ser tomado para evitar danos ao sistema radicular. À medida que elas forem removidas, devem ser colocadas em um copo ou bandeja contendo água.

Fixe duas plântulas por tampa com o auxílio de espuma ou algodão. É importante que a espuma não entre em contato com a solução. Coloque todos os recipientes sob arejamento utilizando um sistema de mangueiras adaptadas e um compressor. Os pHs das soluções devem ser ajustados a cada 2 dias para 5,7. Para se observarem os efeitos do Al, devem ser preparadas duas soluções: uma delas será mantida a pH 5,7 e, a outra, terá o pH ajustado diariamente para 4,0. Durante os ajustes de pH, complete o nível das soluções nutritivas para 1.600 mL com a adição de água destilada.

Após duas semanas, anote os sintomas de deficiência e meça o comprimento máximo das raízes e dos caules. Para medição do sistema radicular, as plantas devem ser removidas rapidamente dos frascos.

Tabela 1. Quantidades (em mL) de soluções-estoques a serem tomadas para preparar 1,6 litros da solução nutritiva com água destilada:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
<i>Completa</i>	8	8	3,2	1,6	0	0	0	0	1,6	1,6	0
<i>Sem K</i>	8	0	3,2	0	32	0	0	0	1,6	1,6	0
<i>Sem P</i>	6,4	9,6	3,2	0	0	0	0	0	1,6	1,6	0
<i>Sem Ca</i>	0	8	3,2	1,6	0	0	0	0	1,6	1,6	0
<i>Sem N</i>	0	0	3,2	0	32	8	640	0	1,6	1,6	0
<i>Sem Mg</i>	6,4	9,6	0	1,6	9,6	0	0	0	1,6	1,6	0
<i>Sem S</i>	6,4	9,6	0	1,6	0	0	0	3,2	1,6	1,6	0
<i>Sem Fe</i>	8	8	3,2	1,6	0	0	0	0	1,6	0	0
<i>Sem boro</i>	8	8	3,2	1,6	0	0	0	0	0	1,6	1,6
<i>Al³⁺ (*)</i>	8	8	3,2	1,6	0	0	0	0	1,6	1,6	0

(*) O Al será adicionado na concentração de 185 µM.

ANEXO
PRINCIPAIS SINTOMAS DAS DEFICIÊNCIAS DE MINERAIS

(Fonte: [Maestri et al. \(1995\)](#))

I. Sintomas Generalizados por Toda a Planta ou Localizados nas Folhas Inferiores:

1. Sintomas generalizados por toda a planta (às vezes amarelecimento e morte das folhas inferiores):

A. **Folhagem verde-clara:** Plantas anãs com o caule lenhoso e pouco ramificado; folhas pequenas (as inferiores mais claras do que as superiores); amarelecimento, seguido de dessecação e aparecimento de uma cor marrom-clara; normalmente, queda reduzida de folhas (deficiência de NITROGÊNIO).

B. **Folhagem verde-escura:** Crescimento retardado; folhas inferiores amarelas, às vezes entre as nervuras, mas comumente com tendência a desenvolver coloração púrpura, em particular, no pecíolo; queda prematura das folhas (deficiência de FÓSFORO).

2. Sintomas localizados (clorose com ou sem manchas necróticas nas folhas inferiores, podendo apresentar dessecação):

A. **Folhas cloróticas, que geralmente apresentam necrose mais tarde:** Clorose entre as nervuras que permanecem geralmente verdes; margens das folhas reviradas para cima ou para baixo, podendo apresentar manchas necróticas (deficiência de MAGNÉSIO).

B. **Folhas cloróticas com manchas grandes ou pequenas de tecido morto:**

- Manchas necróticas pequenas, normalmente no ápice e nas internervuras, mais intensas nas margens das folhas, podendo ocorrer queda de folhas (deficiência de POTÁSSIO).

- Manchas generalizadas de rápido crescimento, geralmente nas áreas entre as nervuras, podendo envolver nervuras primárias e secundárias; folhas espessas; caules com entrenós curtos (deficiência de ZINCO).

II. Sintomas Localizados nas Folhas Novas

1) Gema terminal permanentemente viva (folhas cloróticas entre as nervuras, que permanecem verdes)

A. Folhas jovens que permanecem murchas, sem manchas ou clorose profunda; ápice incapaz de permanecer ereto (deficiência de COBRE).

B. Folhas jovens não-murchas e aparecimento de clorose, acompanhada ou não de tecido morto:

- Pontuações necróticas, geralmente presentes e espalhadas sobre a superfície da folha; todas as nervuras, mesmo as mais finas, permanecem verdes, dando um aspecto de rede (deficiência de MANGANÊS).

- Manchas necróticas geralmente ausentes, clorose podendo ou não envolver as nervuras das folhas que podem apresentar cores claras (deficiência de ENXOFRE).

- Pontuações necróticas geralmente ausentes. Em casos extremos, aparece necrose das margens para o interior do mesófilo invadindo grandes áreas. Somente as nervuras maiores permanecem verdes ou esverdeadas (deficiência de FERRO).

2) Gema terminal geralmente morta

A. Deterioração nas pontas e nas margens das folhas. Muitas vezes, as folhas novas apresentam a ponta distintamente recurvada; morte das raízes precedendo os referidos sintomas (deficiência de CÁLCIO).

B. Deterioração nas bases das folhas novas; caule e pecíolos quebradiços; morte das raízes, particularmente nas pontas meristemáticas (deficiência de BORO).