

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DO SOLO**

**- 1 9 9 7 -**

**ASPECTOS BÁSICOS PARA O CULTIVO DE PLANTAS**  
**EM SOLUÇÃO NUTRITIVA<sup>(1)</sup>**

**Fabiano Ribeiro do Vale<sup>(2)</sup>**  
**Valdemar Faquin<sup>(2)</sup>**

## **1. INTRODUÇÃO**

O solo, principal substrato mineral das plantas terrestres, é um sistema bastante heterogêneo, consistindo de uma fase sólida composta de material mineral e orgânico, de uma fase líquida, representada pela solução do solo, e de uma fase gasosa representada pela atmosfera do solo.

Em estudos de nutrição mineral de plantas o solo não é o substrato mais adequado, principalmente por: **(a) Falta de controle rígido do suprimento de nutrientes para as plantas** - a composição da solução do solo que circunda as raízes é desconhecida em termos quantitativos, variando de uma raiz para a outra e de momento para momento; **(b) Heterogeneidade** - pelo próprio processo de formação do solo pode-se ter, mesmo em pequenas áreas, uma heterogeneidade muito grande.

---

(1) As observações contidas nesta Apostila têm por objetivo primordial servir como material didático para os estudantes das disciplinas CSO-111 Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas e PCS-503 Nutrição Mineral de Plantas.

(2) Professores Titulares DCS/UFLA

Acrescenta-se ainda o fato de ser a composição da rizosfera completamente diferente da massa de solo adjacente.

Desta forma, no estudo de nutrição mineral de plantas usa-se como substrato soluções nutritivas, nas quais pode-se ter cada nutriente, dentro de certos limites, com concentração bastante variável. Assim, tem-se um controle mais preciso das variáveis, pois pode-se manipular, de forma adequada, a composição da solução que vai suprir as raízes das plantas em nutrientes.

## **2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS**

A solução nutritiva deve conter todos os elementos considerados essenciais (macro e micronutrientes). No preparo da solução nutritiva utiliza-se soluções de diversos sais, chamadas "**soluções estoque**". Para os macronutrientes, as soluções estoque, normalmente, são preparadas com concentração 1M. Logicamente, em função da solubilidade, alguns sais não permitem o preparo da solução com essa concentração. As soluções estoque devem ser guardadas de preferência em frasco escuro e em lugar fresco. Para os micronutrientes, faz-se uma solução com todos eles (coquetel), excetuando-se o ferro, que é suprido, na maioria das vezes, na forma de quelado sintético, entre os quais se destacam: EDTA, HEEDTA, ETPA, EDDHA e NTA. As soluções com ferro quelado devem ser armazenadas em frascos envoltos com papel alumínio e em baixa temperatura (geladeira). No item 10 são apresentados detalhes da preparação do Fe-EDTA.

É importante observar que, para maior facilidade, a concentração dos micronutrientes no coquetel, bem como do ferro no quelado, deve ser 1000 vezes maior que a concentração na solução nutritiva final, para que ao pipetar-se 1 mL da

solução estoque e diluir para 1 litro, seja obtida a concentração desejada, expressa em mM (ver item 10). No caso de ensaios com alumínio, deve-se evitar o preparo da solução estoque contendo alumínio ( $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , etc.) em concentrações elevadas, pois a precipitação de  $\text{Al}(\text{OH})_3$  é evidente.

### 3. pH DAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS

Uma vez preparada a solução nutritiva é necessário ajustar o pH, pois esse influencia o equilíbrio de oxi-redução, a solubilidade e a forma iônica de vários nutrientes. Normalmente, as soluções nutritivas apresentam pH entre 5 e 6.

Para a correção do pH deve-se utilizar bases, normalmente NaOH, ou ácidos, normalmente HCl, em concentrações bastante baixas (Quadro 1).

Quadro 1 - Quantidade de compostos necessários para a preparação de 1 litro de solução padrão, de diferentes normalidades .

Compostos	Peso molecular	Equi-valente	0,5 N			0,2 N		0,1 N	
$\text{H}_2\text{SO}_4$ d = 1,84	98,09	49,04	14 mL	5,6 mL	2,8 mL				
HCl d = 1,19	36,47	36,47	41 mL	16,4 mL	8,2 mL				
NaOH	40,01	40,01	20 g	8 g	4 g				

A maneira mais prática de fazer a correção do pH (ajustamento inicial ou correção durante o ensaio) consiste na utilização de um potenciômetro portátil, que levado a cada vaso com solução nutritiva torna a correção bastante rápida e precisa. Ajusta-se o pH no valor desejado, introduzindo-se o eletrodo na solução e adicionando-se lentamente ácido ou base, sob agitação contínua da solução. Na falta

do potenciômetro portátil, tem-se que retirar uma alíquota da solução, levar ao potenciômetro no laboratório e titular com ácido ou base de concentração conhecida.

Como exemplo, suponha a correção de uma solução, de acordo com os dados abaixo:

- pH da solução = 4,8
- pH da solução após correção = 5,5
- Volume da alíquota = 50 mL
- Volume NaOH 0,1 N gasto = 0,2 mL
- Volume vaso = 5 litros

Com uma regra de três simples, determina-se o volume de NaOH a ser colocado no vaso:

$$\begin{array}{l} 50 \text{ mL solução} \quad \text{-----} \quad 0,2 \text{ mL NaOH} \\ 5000 \text{ mL solução} \quad \text{-----} \quad X \\ X = 20 \text{ mL NaOH} \end{array}$$

No entanto, adicionando-se os 20 mL de NaOH dificilmente o pH final será 5,5. Normalmente, são necessárias duas ou mais tentativas, o que constitui uma séria desvantagem.

Devem-se tomar precauções com relação ao valor de pH em soluções nutritivas com alumínio. Na presença desse elemento o pH deve ser mantido bem baixo, ou melhor, deve estar em torno de 4,2 e, nunca acima de 4,6. Ademais, considerando a possibilidade de precipitação de  $\text{Al}(\text{OH})_3$  e a incerteza da completa redissolução do precipitado, é aconselhável, antes de adicionar o alumínio, ajustar o pH em torno do pH final desejado, fazendo-se o ajuste final após a adição do alumínio.

#### **4. AREJAMENTO DAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS**

A solução nutritiva tem de ser oxigenada pelo uso de uma fonte de ar comprimido (compressor, bomba de aquário, etc.). Um adequado arejamento é de suma importância para o bom crescimento das plantas em solução nutritiva.

#### **5. LUZ EM SOLUÇÕES NUTRITIVAS**

A incidência de luz nas raízes deve ser evitada para impedir o desenvolvimento de algas, sendo mais comum a do gênero **Chlorella**. Essas algas, que tornam as raízes esverdeadas, trazem sérios problemas, pois além de liberarem toxinas no meio, elas competem em nutrientes e  $O_2$ .

Assim sendo, deve-se usar vasos opacos ou torná-los opacos. Pinta-se o vaso de preto para torná-lo opaco e depois de branco para evitar aquecimento, ou, então, usa-se direto tinta aluminizada (de preferência externa). Pode-se também revestir o vaso internamente com saco plástico.

#### **6. TEMPERATURA DAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS**

Indiretamente a temperatura é controlada quando se usa tinta preta e branca ou tinta aluminizada, permanecendo a temperatura da solução mais ou menos igual a do meio ambiente.

#### **7. TAMANHO DO VASO**

O tamanho do vaso para cultivo de plantas em solução nutritiva depende de alguns fatores tais como:

**a) Concentração da solução** - quanto mais baixa for a concentração da solução maior deverá ser o tamanho do vaso para um período de troca pré-fixado;

**b) Tamanho da planta** - quanto maior for o tamanho da planta maior deverá ser o tamanho do vaso, pois o consumo de nutrientes será maior.

**c) Taxa de crescimento da planta** - quanto maior a taxa de crescimento da planta, maior deverá ser o tamanho do vaso.

No caso de ensaios que envolvam, inicialmente, um grande número de plantas, para posterior seleção através de desbaste, pode-se iniciar o cultivo em vasos de menor capacidade (grande número de plântulas/vaso). Fazendo-se o cultivo desde o início em vasos grandes, tem-se grande gasto de solução nutritiva e de espaço físico. É mais comum, todavia, fazer-se o plantio em areia ou vermiculita irrigadas com  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   $10^{-4}$  M ou com a própria solução nutritiva se o tempo de permanência for maior, para posteriormente fazer-se o desbaste e transferência para vasos definitivos. Em determinados tipos de estudo a utilização de areia requer a sua purificação, que pode ser feita da seguinte maneira:

- Lavagem com água de torneira;
- Tratar com uma mistura de HCl 6N + ácido oxálico 1% (colocar até cobrir toda a areia), por cerca de uma semana;
- Se houver possibilidade de aquecimento o tratamento é mais rápido e eficaz;
- Após uma semana lavar em água de torneira abundante;
- Lavar com água desmineralizada e depois com uma solução de  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  20 mM;
- Lavar em água desmineralizada abundante (se for estudar deficiência de P, fazer várias lavagens).

## 8. PERÍODO DE TROCA DAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS

O período de troca depende do tamanho do vaso e, logicamente, dos fatores que influenciam no tamanho do vaso; concentração da solução, tamanho da planta e taxa de crescimento da planta.

Conhecendo-se a concentração dos nutrientes na solução e na matéria seca e a taxa de produção de matéria seca, pode-se determinar, com certa precisão, o período de troca.

Supondo-se uma solução com 6 ppm P (6 ppm = 6 mg/L). Supondo-se ainda, 3 g/kg (0,3%) de P na matéria seca da planta em questão: 3 g/kg P na matéria seca = 3000 mg/kg P na matéria seca. Calcula-se a quantidade de matéria seca produzida:

**3000 mg P ----- 1000 g matéria seca**

**6 mg P ----- X**

**X = 2 g de matéria seca**

Resta saber quanto de matéria seca é produzida em média por dia, para calcular o período de troca. Supondo ser 0,4 g matéria seca/dia:

**1 dia ----- 0,4 g matéria seca**

**X ----- 2,0 g matéria seca**

**X = 5 dias**

Fazendo-se o cálculo desse tipo para todos os macronutrientes determina-se o período de troca, que corresponderia ao nutriente que exigisse menor período de tempo.

A maneira mais comum de estabelecer o período de troca da solução nutritiva consiste em determinar a extração de cada macronutriente da solução em determinados intervalos de tempo (hora, dia e semana). Na realidade, determina-se a concentração do macronutriente que, pela natureza do ensaio, apresenta-se inicialmente em concentração bem mais baixa (esgotamento mais rápido). Pode-se, dependendo do ensaio, fazer-se apenas a reposição do nutriente limitante ao invés de trocar a solução nutritiva. Por exemplo, em ensaios envolvendo a presença do alumínio, nos quais o fósforo apresenta-se com concentração inicial em torno de 0,1 mM, faz-se a reposição apenas desse nutriente.

## 9. CÁLCULOS E ALGUNS CUIDADOS NO PREPARO DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS

Já foi ressaltado que as soluções estoque com os macronutrientes, normalmente, apresentam concentração 1M, o que quer dizer que para o preparo de 1 litro de solução, se gasta 1 mol do sal. Assim, para preparar 1 litro de solução 1M de  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , gasta-se respectivamente, 101,1 g, 246,5 g e 136 g. Para o preparo de qualquer volume de solução a uma dada molaridade, basta usar a fórmula seguinte:

$$C_M = \frac{m}{PM \cdot V}$$

onde:  $C_M$  = concentração molar

$m$  = massa do sal (soluto), em gramas

$PM$  = peso molecular do sal, em gramas

$V$  = volume da solução, em litros

Tendo-se a solução estoque com concentração molar conhecida, determina-se a concentração molar de cada nutriente presente na composição molecular do sal observando-se o "**número de átomos**" do nutriente que aparece na fórmula molecular.

Exemplos:

Solução 1 M  $\text{KNO}_3$  : 1 M K e 1 M N

Solução 1 M  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  : 1 M Ca e 2 M N- $\text{NO}_3^-$

Solução 0,5 M  $\text{K}_2\text{SO}_4$  : 1 M K e 0,5 M S

Os submúltiplos de M são mM (M/1000) e  $\mu\text{M}$  (M/1000000 ou mM/1000). No preparo da solução nutritiva a partir de diversas soluções estoque, toma-se como referência a alíquota de 1 mL da solução estoque, que é diluída para 1 litro. Dessa forma, partindo-se de uma solução estoque 1M e fazendo-se essa diluição, obtém-se uma solução 0,001 M ou 1 mM. Para estabelecer a concentração de cada nutriente basta proceder conforme especificado no parágrafo anterior. Com os exemplos anteriores tem-se:

**Solução 1 M  $\text{KNO}_3$**  - diluir 1 mL/1 litro - Solução 1 mM  $\text{KNO}_3$  : 1 mM K e 1 mM N.

**Solução 1 M  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$**  - diluir 1 mL/1 litro - Solução 1 mM  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  : 1 mM Ca e 2 mM N- $\text{NO}_3^-$ .

**Solução 0,5 M  $\text{K}_2\text{SO}_4$**  - diluir 1 mL/1 litro - Solução 0,5 mM  $\text{K}_2\text{SO}_4$ : 1 mM K e 0,5 mM S.

Por isso, conforme já ressaltado, é que no coquetel de micronutrientes (estoque), a concentração de cada um deles deve ser 1000 vezes maior que a concentração na solução nutritiva final, pois tomando-se 1 mL e diluindo para 1 litro obtém-se a concentração desejada, expressa em mM ou  $\mu\text{M}$ . Por exemplo, se se deseja o boro na solução nutritiva com concentração de 25  $\mu\text{M}$  (0,025 mM), no coquetel

de micronutrientes o boro deve estar presente na concentração de 25 mM.

25 mM  $\text{H}_3\text{BO}_3$  - diluir 1 mL/1 litro - 25  $\mu\text{M}$   $\text{H}_3\text{BO}_3$  : 25  $\mu\text{M}$  B

**Pergunta-se:** Quanto de  $\text{H}_3\text{BO}_3$  deve ser pesado para o preparo da solução estoque (coquetel)? Resp.: 1,55 g de  $\text{H}_3\text{BO}_3$ .

**OBSERVAÇÃO:** Prepara-se o coquetel de micronutrientes pesando-se cada sal e fazendo-se a dissolução completa de cada um em separado ( $\text{H}_3\text{BO}_3$  deve ser dissolvido em água quente), para em seguida, misturar todos eles e completar o volume para 1 litro.

Muitas vezes, a concentração dos nutrientes da solução nutritiva é expressa em ppm. Uma vez que ppm = mg/L, pode-se transformar mM em ppm e vice-versa, com o uso da fórmula:

$$\text{ppm} = \text{Peso Atômico} \times \text{mM}$$

Contudo, é preciso salientar que ppm não é maneira de expressar a concentração de soluções, devendo, por isso, ser evitada.

No Quadro 2 (abaixo) são apresentados alguns pesos atômicos:

---

Elemento	Peso Atômico	Elemento	Peso Atômico
N	14,00	Cu	63,54
P	30,97	Mn	54,94
K	39,10	Zn	65,30
Ca	40,08	Mo	95,95
Mg	24,32	Cl	35,45
S	32,06	Al	26,98
Fe	55,85	Na	22,99
B	10,82		10,82

---

Finalmente, são propostos alguns problemas para praticar os cálculos mais comuns em ensaios com solução nutritiva (Apostila à parte - FAQUIN; VALE e FURTINI NETO, 1997).

## 10. SOLUÇÃO ESTOQUE DE MICRONUTRIENTES

### A) Solução de Fe-EDTA:

- (a) Dissolver 33,3 g de Na<sub>2</sub>-EDTA em cerca de 500 mL de água morna(± 30°C) contendo 100,4 mL de NaOH 1N (se FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, for a fonte) ou 103,0 mL de NaOH 1N (se FeCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O, for a fonte);

- (b) Dissolver 24,9 g  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (ou 17,8 g  $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) em cerca de 300 mL de água quente ( $\pm 70^\circ\text{C}$ ), contendo 4 mL de HCl 1N.
- (c) Misturar **a** e **b**, adicionando água até  $\pm 950$  mL; colocar sob aeração constante por 12 h e completar o volume para 1.000 mL;
- (d) Colocar em frasco escuro envolvido com papel alumínio; conservar em geladeira;
- (e) Ao pipetar-se 1 mL desta solução e diluir para 1 litro, obter-se-á a concentração final de 5 ppm (mg/L) de Fe.

**B) Coquetel de Micronutrientes (Hoagland & Arnon, 1950):**

- (a) Dissolver separadamente, misturar e completar a 1 litro: 2,86 g  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ; 1,81 g  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ; 0,22 g  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ; 0,08 g  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ; 0,02 g  $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

- (b) Ao pipetar-se 1 mL da solução estoque e diluir para 1 litro, obter-se-á a concentração final de (ppm = mg/L): B = 0,5; Mn = 0,5; Zn = 0,05; Cu = 0,02 e Mo = 0,01.

Portanto, as quantidades pesadas das fontes, permitiram que a concentração dos micronutrientes estivesse na solução estoque, 1.000 vezes maior que a concentração final desejada.

- c) Faça os cálculos e comprove! (Idem para o Fe-EDTA)

## 11. LITERATURA

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral de Plantas: Princípios e Perspectivas**. Rio de Janeiro, EDUSP e Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1975. 341p.

FAQUIN, V.; VALE, F.R. & FURTINI NETO, A.E. Cultivo de plantas em ambiente controlado: solução nutritiva, hidroponia e em vasos com solo. DCS/UFLA, Lavras, 1997 (Apostila).

HOAGLAND, D.R. & ARNON, D.I. The Water-Culture Method for Growing Plants without Soil. Berkeley, California Agricultural Experiment Station, 1950. (Circular 347).

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L. & BARROS, N.F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A.J. et al. (Coord.) **Métodos de Pesquisa em Fertilidade do Solo**. Brasília, EMBRAPA-SEA, 1991. p. 189-253. (EMBRAPA-SEA. Documentos 3).