

## Análise da qualidade do substrato composto por areia e vermiculita para cultivo de leguminosas em vasos de Leonard, nas condições da Embrapa Agrobiologia





**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Agrobiologia  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

# **Documentos 289**

## **Análise da qualidade do substrato composto por areia e vermiculita para cultivo de leguminosas em vasos de Leonard, nas condições da Embrapa Agrobiologia**

*Jerri Edson Zilli  
David Campos Villas Boas  
Bruno José Rodrigues Alves  
Rosângela Stralotto  
Robert Michael Boddey  
Segundo Urquiaga*

Embrapa Agrobiologia  
Seropédica, RJ  
2011

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Agrobiologia**

BR 465, km 7, CEP 23.851-970, Seropédica, RJ

Caixa Postal 74505

Fone: (21) 3441-1500

Fax: (21) 2682-1230

Home page: [www.cnpab.embrapa.br](http://www.cnpab.embrapa.br)

E-mail: [sac@cnpab.embrapa.br](mailto:sac@cnpab.embrapa.br)

**Comitê de Publicações**

Presidente: Norma Gouvêa Rumjanek

Secretária-Executivo: Carmelita do Espírito Santo

Membros: Bruno José Alves, Ednaldo da Silva Araújo,

Guilherme Montandon Chaer, José Ivo Baldani,

Luis Henrique de Barros Soares

Supervisora editorial: Norma Gouvêa Rumjanek

Normalização bibliográfica: Carmelita do Espírito Santo

Tratamento de ilustrações: Maria Christine Saraiva Barbosa

Editoração eletrônica: Marta Maria Gonçalves Bahia

Fotos da capa: Jerri Edson Zilli

**1ª edição**

1ª impressão (2011): 50 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Embrapa Agrobiologia**

---

ANÁLISE da qualidade do substrato composto por areia e vermiculita para cultivo de leguminosas em vasos de Leonard, nas condições da Embrapa Agrobiologia. Jerri Edson Zilli et al. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2011. 24 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 289).

ISSN: 1517-8498

1. Nutrição mineral. 2. Experimento vegetal. 3. Doença de planta. I. Zilli, Jerri Edson. II. Villas Boas, David Campos. III. Alves, Bruno José Rodrigues. IV. Straliozzo, Rosângela. V. Boddey, Robert Michael. VI. Urquiaga, S. VII. Embrapa Agrobiologia. VIII. Série.

631.8 CDD 23.ed.

# **Autores**

**Jerri Edson Zilli**

**Bruno José Rodrigues Alves**

**Rosangela Stralio**

**Robert Boddy**

**Segundo Urquiaga**

Pesquisadores Embrapa Agrobiologia. BR 467, km 7, Seropédica, RJ, CEP 23891-000. E-mails: jerri.zilli@embrapa.br; bruno.alves@embrapa.br; rosangela.stralio@embrapa.br; robert.boddy@embrapa.br; segundo.urquiaga@embrapa.br

**David Campos Villas Boas**

Pesquisador Embrapa Solos. Rua Jardim Botânico, 1024, Rio de Janeiro, RJ, CEP 22460-000.

E-mail: david.campos@embrapa.br



# Apresentação

As atitudes de usar com responsabilidade os recursos naturais (solo, água, ar, flora, fauna, energia), de preservar e conservar a natureza são cada vez mais necessárias para a sociedade moderna acarretando em uma busca constante por sistemas de produção agropecuários apoiados em princípios ecológicos e naturais.

Dentro desse cenário, a Embrapa Agrobiologia construiu o seu atual plano diretor de pesquisa, desenvolvimento e inovação com a seguinte missão “gerar conhecimentos e viabilizar tecnologias e inovação apoiados nos processos agrobiológicos, em benefício de uma agricultura sustentável para a sociedade brasileira”.

A série documentos se constitui em uma linha de publicações que visa disponibilizar informações relevantes das mais diversas etapas dos processos de pesquisa científica e tecnológica. Podem disponibilizar revisões de literatura sobre temas relevantes, relatórios técnicos, um determinado procedimento metodológico, levantamentos de campo, entre outros tipos de conteúdo.

A presente publicação intitulada “Análise da qualidade do substrato composto por areia e vermiculita para cultivo de leguminosas em vasos

de Leonard, nas condições da Embrapa Agrobiologia” tem indicação para todos aqueles interessados em conhecer mais sobre o assunto, portanto, boa leitura.

*Eduardo Francia Carneiro Campello*  
Chefe Geral da Embrapa Agrobiologia

# Sumário

<b>Introdução .....</b>	<b>9</b>
<b>1º Ensaio - Avaliação da areia de diferentes procedências com e sem utilização de solução nutritiva .....</b>	<b>10</b>
<b>2º Ensaio - Avaliação da vermiculita com e sem utilização de solução nutritiva .....</b>	<b>12</b>
<b>3º Ensaio - Avaliação do tratamento da areia com <math>\text{CaSO}_4</math> (gesso) .....</b>	<b>13</b>
<b>4º Ensaio - Avaliação de diferentes frações de areia e aplicação de <math>\text{CaSO}_4</math> .....</b>	<b>15</b>
<b>Análise da composição química de amostras de plantas de feijão-caupi e de amostras de areias .....</b>	<b>17</b>
<b>Discussão .....</b>	<b>20</b>
<b>Recomendação para o preparo do substrato para vasos de Leonard .....</b>	<b>22</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>23</b>



# **Análise da qualidade do substrato composto por areia e vermiculita para cultivo de leguminosas em vasos de Leonard, nas condições da Embrapa Agrobiologia**

---

*Jerri Edson Zilli, David Campos Villas Boas, Bruno José Rodrigues Alves, Rosângela Straliozzo, Robert Boddy, Segundo Urquiaga*

## **Introdução**

A condução de experimentos com plantas leguminosas em vasos de Leonard contendo o substrato areia: vermiculita (VINCENT, 1970) é uma prática frequente na seleção e testes de estirpes inoculantes na Embrapa Agrobiologia. Contudo, nos últimos anos têm sido comuns os relatos de desenvolvimento inadequado de plantas de várias espécies quando cultivados nos vasos de Leonard com este tipo de substrato.

Os sintomas mais comuns observados nas plantas são: o retardo na emergência das plântulas, desenvolvimento lento, queima dos ápices foliares, encarquilhamento de folhas, necrose dos tecidos caulinares, semelhantes à escaldadura, e a morte das plantas. De forma geral, os sintomas mais severos são observados alguns dias após a queda dos cotilédones das plantas e estes sintomas se agravam à medida que a temperatura ambiente se eleva.

Como possíveis agentes causadores dos danos aos vegetais têm sido indicados à solução nutritiva, a água de irrigação e, ainda, a presença de elementos fitotóxicos na vermiculita ou na areia que compõe o substrato. Tradicionalmente, utiliza-se a solução de Norris para o fornecimento de nutrientes (NORRIS e DATE, 1976), água

destilada para irrigação, vermiculita adquirida do mercado de diferentes procedências e lavada abundantemente com água potável antes do uso e, areia, provenientes mineradoras localizadas no município de Seropédica.

Assim foram realizados diferentes ensaios buscando determinar o fator causador do desenvolvimento anormal das plantas quando cultivadas no substrato areia: vermiculita em vasos de Leonard.

### **1º Ensaio - Avaliação da areia de diferentes procedências com e sem utilização de solução nutritiva**

Conduziu-se um ensaio em casa de vegetação em vasos de Leonard com cinco amostras de areia de diferentes mineradoras em Seropédica-RJ, as quais foram numeradas de Mineradora 1 a 5. As amostras de areia foram lavadas com água potável abundantemente (a areia foi disposta em tanque de lavagem, submersa em água de torneira e movimentada por cerca de 30 minutos com o auxílio de uma enxada) e secas ao ar. Como substrato utilizou-se unicamente a areia, subtraindo-se a vermiculita, estabelecendo-se um fatorial  $5^2$  (cinco amostras de areia x aplicação ou não de solução nutritiva de Norris). Os vasos de Leonard foram dispostos em casa de vegetação e semeados com feijão-caupi (cv BRS Guariba) inoculado com a estirpe BR 3267, sendo semanalmente aplicados 300 mL da solução nutritiva e água destilada quando necessária. Aos 45 dias coletou-se o experimento e avaliou-se a massa seca da parte aérea das plantas e a massa de nódulos secos (secagem a  $65^{\circ}\text{C}$ ).

Neste ensaio foram observadas diferenças significativas no desenvolvimento e nodulação das plantas de feijão-caupi quando nos diferentes tratamentos de areia sem adição de vermiculita (Tab. 1). Os efeitos mais severos foram observados no tratamento 03, cujas plantas morreram ainda na primeira semana após a emergência (Fig. 1A). Ao

contrário, as amostras O1 e O5 propiciaram o melhor desenvolvimento das plantas e também nodulação (Tab. 1), embora tenham sido observados sintomas de desenvolvimento anormal (Fig. 1B). Observou-se ainda que a solução de Norris influenciou positivamente no desenvolvimento das plantas, o que era esperado, e não houve interação significativa com nenhuma das amostras de areia.



Fotos: Jerri Edson Zilli

**Fig. 1.** Detalhes dos plantios em casa de vegetação. **(A)** Plantas de feijão-caupi mortas após 10 dias de cultivo em vasos de Leonard contendo apenas areia procedente da Mineradora 3; **(B)** Plantas de feijão 10 dias após a emergência apresentando sintomas comuns de fitotoxicidade; **(C)** Plantas de feijão-caupi cultivadas em vasos de Leonard apenas com areia como substrato: da esquerda para direita: areia sem lavagem, apenas lavagem com água potável, lavagem mais incubação em gesso ( $0,2 \text{ g L}^{-1}$ ) e lavagem mais incubação ( $5 \text{ g L}^{-1}$ ).

**Tabela 1.** Média de massa da matéria seca da parte aérea e de nódulos de feijão-caupi em experimento para avaliação de amostras de areias provenientes de diferentes mineradoras em Seropédica, RJ.

Procedência	Massa da parte aérea (g planta <sup>-1</sup> ) <sup>1,2</sup>		Massa de nódulos (mg planta <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	
	Norris	Água	Norris	Água
Tratamento 1 – Mineradora 1	2,0 ab	0,3 b	114 ab	6 a
Tratamento 2 – Mineradora 2	1,4 b	0,6 b	154 ab	46 a
Tratamento 3 – Mineradora 3	0,0 c	0,0 b	0 b	0 a
Tratamento 4 – Mineradora 4	0,3 c	0,1 b	45 b	3 a
Tratamento 5 - Mineradora 5	2,4 a	0,5 b	260 a	124 a
CV (%)	38,49		88,8	

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

<sup>2</sup> Norris - aplicação da solução de Norris e água - apenas com água.

## 2º Ensaio - Avaliação da vermiculita com e sem utilização de solução nutritiva

Os tratamentos testados foram: 1) vermiculita - substrato comercial lavado abundantemente em água potável; 2) areia - amostra de areia procedente da Mineradora 03 (amostra 03 do experimento anterior), também lavada abundantemente em água potável; 3) Areia: vermiculita, mistura da amostra de areia com vermiculita na proporção de 2:1 (v:v).

O experimento foi implantado em esquema fatorial 2x2 (substrato areia e vermiculita com aplicação de solução nutritiva de Norris ou água destilada) + um tratamento adicional (areia: vermiculita com a aplicação de solução nutritiva). Os vasos de Leonard foram dispostos em casa de vegetação e semeados com feijão-caupi (cv BRS Guariba) inoculado com a estirpe BR 3267, sendo semanalmente aplicados 300 mL da solução nutritiva e água destilada quando necessária. Aos 30 dias coletou-se o experimento e avaliou-se a massa seca da parte aérea das plantas e a massa de nódulos secos (secagem a 65°C).

Observou-se que as plantas apresentaram melhor desempenho na vermiculita -média de 2,7 g planta<sup>-1</sup> de matéria seca -comparativamente com a areia (Tab. 2). Quando a areia e a vermiculita foram misturadas o desenvolvimento das plantas foi intermediário ao substrato apenas com areia ou vermiculita (Tab. 2), indicando que a vermiculita diluiu o efeito negativo da areia. Além disso, constatou-se que o efeito dos tratamentos sobre a nodulação seguiu a mesma tendência da matéria seca das plantas e a solução nutritiva não interferiu negativamente na nodulação tampouco no desenvolvimento das plantas (Tab. 2).

### 3º Ensaio - Avaliação do tratamento da areia com CaSO<sub>4</sub> (gesso)

Os tratamentos testados foram: 1) Areia não lavada: areia bruta sem lavagem; 2) Areia lavada: areia submetida à 5 lavagens sucessivas com água potável, 3) Areia lavada + 0,2 CaSO<sub>4</sub>: areia submetida à 5 lavagens sucessivas com água potável e adicionada de CaSO<sub>4</sub> na dose de 0,2 g L<sup>-1</sup>. Esta mistura areia + solução ficou incubada durante 72 horas e foi posteriormente lavada com água potável 4) Areia

**Tabela 2.** Média de massa da matéria seca da parte aérea e de nódulos de feijão-caupi em experimento para avaliação de diferentes substratos para o cultivo vegetal em vasos de Leonard aos 45 dias após a emergência das plantas.

Substratos	Solução <sup>1</sup>	Massa da parte aérea (g planta <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup>	Massa de nódulos (mg planta <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup>
Vermiculita	Norris	2,7 a	208 a
	Água	0,9 b	37 b
Areia	Norris	0,4 b	3 b
	Água	0,0 b	2 b
Vermiculita: areia	Norris	1,2 ab	119 ab
CV(%)		54,0	64,0

<sup>1</sup> Norris - aplicação da solução de Norris e água - apenas com água destilada.

<sup>2</sup> Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

lavada + 5 CaSO<sub>4</sub>: areia com mesmo procedimento de lavagem do tratamentos anterior, e incubada com solução CaSO<sub>4</sub> na dose de 5g L<sup>-1</sup> durante 72 horas e lavagem com água potável. Todas as areais foram misturadas com vermiculita previamente lavada em água potável e seca na proporção de 1:1 (v:v). O esquema experimental foi um fatorial 2x4 (duas amostras de areia e quatro preparos empregados a elas). A procedência das amostras de areia utilizadas foram as mesma dos tratamentos 1 e 5 do 1º ensaio. Os vasos de Leonard foram dispostos em casa de vegetação e semeados com feijão-caupi (cv BRS Guariba) inoculado com a estirpe BR 3267, sendo semanalmente aplicados 300 mL da solução nutritiva e água destilada quando necessária. Aos 30 dias realizou-se a coleta das plantas e avaliou-se a massa seca da parte aérea das plantas e a massa de nódulos secos (secagem a 65°C).

Observou-se que a lavagem da areia com água potável e posterior incubação com gesso (5 g L<sup>-1</sup>), seguida de nova lavagem propiciou desenvolvimento das plantas de forma significativamente maior que os demais tratamentos (Fig. 2C). De forma geral, o tratamento com a maior dose de gesso aumentou em mais de 100% a produção de biomassa das plantas de feijão-caupi (Tab. 3).

**Tabela 3.** Média de massa da matéria seca da parte aérea e de nódulos de feijão-caupi em experimento para avaliação de diferentes preparos de areia para ser utilizada como substrato para o cultivo vegetal em vasos de Leonard aos 30 dias após a emergência das plantas.

Tratamentos <sup>1</sup>	Massa da parte aérea (g planta <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup>	Massa de nódulos (mg planta <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup>
Areia Não Lavada	1,4 b	172,7 ab
Areia Lavada	1,2 b	160,7 b
Areia Lavada + 0,2 CaSO <sub>4</sub> (g L <sup>-1</sup> )	1,4 b	141,8 b
Areia Lavada + 5 CaSO <sub>4</sub> (g L <sup>-1</sup> )	2,7 a	261,1 a
CV(%)	29,06	32,03

<sup>1</sup> Areia procedente da Mineradora 1.

<sup>2</sup> Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Fotos: Jerri Edson Zilli



**Fig. 2.** Detalhes de plantas cultivadas em vaso de Leonard em casa de vegetação. **(A)** Feijão-caupi 05 dias após a semeadura com os tratamentos da esquerda para a direita: cultivado apenas com areia (amostras 03 da Tab. 1), substrato areia: vermiculita 1:1 com areia lavada mais incubação em gesso ( $0,2 \text{ g L}^{-1}$ ) e substrato areia: vermiculita 1:1 com areia lavada mais incubação em gesso ( $5 \text{ g L}^{-1}$ ). **(B)** Feijão comum 10 dias após a semeadura em substrato areia: vermiculita 1:1 com areia lavada mais incubação em gesso ( $5 \text{ g L}^{-1}$ ).

De forma semelhante, a nodulação também foi aumentada na maior dose de gesso, tendo sido obtida uma massa seca maior que  $260 \text{ mg planta}^{-1}$  que é adequada para plantas com cerca de 30 dias de desenvolvimento e representa uma nodulação cerca de 70% superior comparado com o tratamento apenas com areia lavada. Ainda observou-se que não houve interação significativa entre as amostras de areia e os preparos empregados, indicando que a adição de gesso pode auxiliar na resolução dos problemas de fitotoxidez das plantas de uma forma geral.

## 4º Ensaio - Avaliação de diferentes frações de areia e aplicação de $\text{CaSO}_4$

Este experimento foi conduzido em vasos de Leonard em casa de vegetação esquema fatorial  $2 \times 3$  (duas espécies de feijão e 03 formas de preparo da areia). Foram utilizadas uma cultivar de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) e uma de feijão-caupi inoculadas com estirpes

de rizóbios indicadas para cada cultura. As formas de preparo das areias foram: i) fração da areia de 2-4 mm procedente da Mineradora 05, separada por peneiramento, a qual recebeu a lavagem com água potável e aplicação de gesso ( $5\text{ g L}^{-1}$ ) conforme descrito para o 3º ensaio; ii) fração fina, inferior a 2 mm, que foi apenas lavada com água potável abundantemente e; iii) amostra de areia procedente da Mineradora 03 para servir como controle, tendo em vista ser uma amostra na qual constantemente as plantas apresentavam problemas de desenvolvimento. As plantas receberam solução nutritiva e foram coletadas conforme o experimento anterior.

Neste quarto ensaio utilizou-se além do feijão-caupi, o feijão comum já considerando que o tratamento com gesso poderia contornar os problemas de toxidez das plantas. Observou-se que o desenvolvimento das plantas foi muito semelhante para as duas culturas nas duas variáveis analisadas, ou seja, não houve interação entre os vegetais e o tratamento do substrato.

**Tabela 4.** Média de massa da matéria seca da parte aérea e de nódulos de feijão-caupi e feijão comum em experimento para avaliação de diferentes frações e preparos de areia como substrato para o cultivo vegetal em vasos de Leonard aos 30 dias após a emergência das plantas<sup>1</sup>.

Areia	Massa da parte aérea (g planta <sup>-1</sup> ) <sup>4</sup>	Massa de nódulos (mg planta <sup>-1</sup> ) <sup>4</sup>
Fração 2-4 mm <sup>2</sup>	3,1 a	247,7 a
Fração inferior a 2 mm	1,4 b	150,2 b
Areia amostra 03 <sup>3</sup>	1,0 b	118,8 b
CV(%)	38,4	47,3

<sup>1</sup> Médias dos resultados das plantas de feijão-caupi e feijão comum.

<sup>2</sup> Recebeu o tratamento com  $\text{CaSO}_4$  ( $5\text{ g L}^{-1}$ ).

<sup>3</sup> Areia proveniente da Mineradora 03.

<sup>4</sup> Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

De forma geral, a aplicação de gesso na fração da areia de 2-4 mm (grossa) proporcionou melhor desenvolvimento inicial das plantas (Fig. 2A e B) comparativamente a fração menor que 2 mm (fina) e ao substrato apenas com areia da Mineradora 3 utilizada como controle negativo (Tab. 4). Este desenvolvimento das plantas com o substrato areia grossa tratada com gesso culminou com maior produção de biomassa (média superior a  $3\text{g planta}^{-1}$ ) e, também, maior nodulação das plantas (cerca de  $250\text{ mg planta}^{-1}$ ) comparativamente aos demais tratamentos (Tab. 4).

### **Análise da composição química de amostras de plantas de feijão-caupi e de amostras de areias**

Uma amostra de tecido vegetal composta de plantas de feijão-caupi que apresentaram os sintomas de toxicidade em experimento de casa de vegetação, além de outra amostra de feijão-caupi coletada no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia (considerada referência devido seu adequado desenvolvimento) foram encaminhadas para análise da composição química no Laboratório de Análise de Solo e Planta - LASP da Embrapa Solos. Para as análises químicas, foi seguida a metodologia descrita pelo manual de Métodos de Análises de Tecidos Vegetais (CARMO et al., 2000) dos laboratórios da Embrapa Solos, em que foram analisados os elementos: Ca, Mg, K, Na, Cu, Fe, Mn, Zn, Cr, Co, Ni, Cd, Pb e P. Para o sódio e o potássio, seus teores no tecido vegetal foram determinados por fotometria de chama após diluição do extrato oriundo da digestão nitro-perclórica. O equipamento utilizado foi o Fotômetro de Chama.

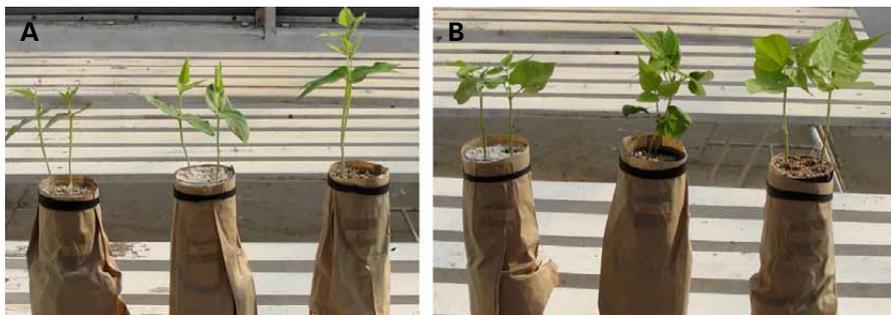
Adicionalmente, também encaminhou-se para a análise amostras de areia procedente da Mineradora 1 com fração 2-4 mm com e sem incubação em  $\text{CaSO}_4$ , e amostra de areia do mesmo local e tratamentos com gesso, porém sendo a fração inferior a 2 mm. A abertura das amostras de areia foi feita em forno de microondas Anton Paar modelo Multiwave 3000, utilizando 0,25g de amostra, com adição de 2 mL de

HCl concentrado e 2 mL de  $H_2O_2$  20%. A determinação dos elementos foi realizada em espectrofotômetro de emissão ótica por plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), da Perkin-Elmer modelo OPTIMA 3000 e software ICP-Winlab.

A análise do tecido vegetal indicou composição química diferente entre as amostras compostas por plantas de feijão-caupi apresentando sintomas de fitotoxidez e de plantas com desenvolvimento adequado coletas no campo (Tab. 5). De forma geral, nas plantas da casa de vegetação foi observado conteúdo de Ca 40% menor e teor de Mg 80% menor. Além disso, outra diferença marcante foi à presença dos elementos Cr, Co e Ni nas plantas da casa de vegetação e que não foram detectados no campo (Tab. 5). Em especial, Cr e Ni foram encontrados em concentrações cerca do dobro da concentração dos elementos K e três vezes ao do Cu (Tab. 5).

A análise da composição química das frações grossa e fina das amostras de areia tratadas ou não com gesso revelou que a separação das frações por peneiramento proporcionou a redução de alguns

Fotos: Jerri Edson Zilli



**Fig. 3.** Detalhes de plantas cultivadas em vaso de Leonard em casa de vegetação. **(A)** Feijão-caupi 15 dias após a sementeira com os tratamentos da esquerda para a direita: cultivado apenas com areia (amostras O3 da Tab. 1), substrato areia: vermiculita 1:1 com areia lavada mais incubação em gesso ( $0,2 \text{ g L}^{-1}$ ) e substrato areia: vermiculita 1:1 com areia lavada mais incubação em gesso ( $5 \text{ g L}^{-1}$ ). **(B)** feijão comum com os mesmos tratamentos e disposição do feijão-caupi.

**Tabela 5.** Composição química de plantas de feijão-caupi coletadas de experimentos de campo conduzidos no campo experimental e casa de vegetação na Embrapa Agrobiologia.

Amostra de plantas de feijão-caupi	Ca	Mg	K	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	Cr	Co	Ni	Cd	Pb	P
Campo <sup>1</sup>	24870	5530	8,55	39,84	6,03	305	103	32,4	*	*	*	*	*	2799
Casa de vegetação <sup>2</sup>	15219	1636	9,66	25,71	4,58	260	86,3	27,1	22,1	3,56	30,5	*	*	2647

<sup>1</sup> Plantas com aproximadamente 40 dias coletadas de experimento conduzido no campo experimental da Embrapa Agrobiologia.

<sup>2</sup> Plantas apresentando crescimento inadequado com 12 dias coletadas de experimento de casa de vegetação.

**Tabela 6.** Composição química de diferentes frações de areia tratadas ou não com gesso (CaSO<sub>4</sub>).

Fração da areia/ Tratamento	Ca	Mg	K	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	Cr	Co	Ni	Cd	Pb
2-4 mm sem CaSO <sub>4</sub>	88,5	52,6	156	30,0	0,51	1276	5,43	2,3	1,1	*	1,4	*	*
2-4 mm com CaSO <sub>4</sub>	110	52,0	192	42,0	0,91	1060	3,80	2,0	1,2	*	*	*	*
< 2 mm sem CaSO <sub>4</sub>	50,5	89,9	96,0	18,0	0,49	1276	29,9	2,5	1,4	1,3	1,3	*	*
< 2 mm com CaSO <sub>4</sub>	99,6	89,0	108	24,0	0,59	702	17,7	1,5	1,3	0,6	*	*	*

\* Teor do elemento abaixo do limite de detecção da técnica utilizada.

elementos químicos (Tab. 6). Em especial Co não foi detectado na fração grossa e Mn foi reduzido em mais de 5 vezes. Por outro lado, a aplicação do gesso reduziu ainda mais os teores de Mn e reduziu o níquel para níveis abaixo do limite de detecção do método (Tab. 6).

## Discussão

Com os resultados obtidos nos dois primeiros ensaios ficou evidente que a areia apresentou problemas no desenvolvimento das plantas e que, tanto a vermiculita quanto a solução nutritiva foram inócuas (Tab. 1 e 2). O tratamento apenas com vermiculita e solução nutritiva permitiu o desenvolvimento das plantas ( $2,7 \text{ g planta}^{-1}$ ) próximo ao esperado para plantas em experimento em condições normais (CARDOSO et al., 2009; MELO et al., 2009).

Em seguida, com os testes realizados no terceiro ensaio constatou-se que a incubação da areia com uma dose de gesso de  $5 \text{ g L}^{-1}$  contribuiu significativamente para o desenvolvimento das plantas (Tab. 3), inclusive este tratamento proporcionou maior desenvolvimento inicial das mesmas (Fig. 2A) sendo o retardo do desenvolvimento das plantas um sintoma típico dos problemas ocorridos até então.

Além disso, a separação da fração de 2-4 mm, seguindo-se da incubação com gesso avaliada no quarto ensaio proporcionou desenvolvimento adequado tanto de plantas de feijão-caupi quanto do feijão comum (Tab. 4), obtendo-se média de produção de biomassa seca superior a  $3 \text{ g planta}^{-1}$ , que é um valor adequado aos 30 dias de cultivo. De forma semelhante, também a nodulação apresentou-se adequada utilizando-se a fração de areia grossa e aplicação de gesso (Tab. 4), tendo sido obtidos massa de nódulos secos acima de  $200 \text{ mg planta}^{-1}$  (CARDOSO et al., 2009; MELO et al., 2009).

Paralelamente investigou-se tanto a composição química de duas amostras de plantas de feijão-caupi quanto das frações de areia grossa e fina tratadas ou não com gesso. Constatou-se que as

plantas cultivadas na casa de vegetação apresentaram altos níveis dos elementos Co, Cr e Ni, não havendo detecção destes elementos nas plantas do campo (Tab. 5). Isto levou a crer que os altos níveis destes elementos nas areias de mineradoras seriam tóxicos aos vegetais. Teores elevados destes elementos foram de fato constatados nas diferentes frações da areia (Tab. 6), mas foram eliminados com o peneiramento e/ou com a aplicação de gesso, o que assegurou o desenvolvimento adequado das plantas de ambas espécies de feijões. Também Mn foi reduzido abruptamente com o peneiramento da areia e com a aplicação de gesso, mas como foi também detectado em doses elevadas na amostra de plantas do campo, é menos provável que o estivesse envolvido na toxidez das plantas.

A baixa concentração de Ca e Mg na amostra de plantas da casa de vegetação também chamou a atenção (Tab. 5). É possível que essa diferença destes dois macronutrientes seja decorrente da diferença de idade dos vegetais; as plantas da casa de vegetação tinham apenas 12 dias e do campo cerca de 40. Por outro lado, este resultado pode indicar que o fornecimento destes elementos via solução nutritiva em casa de vegetação poderia não ser adequado. Contudo, com a aplicação do gesso, especialmente os teores de Ca foram aumentados, o que contornara sua deficiência, caso efetivamente ocorresse (Tab. 6).

Na literatura existem relatos frequentes da toxicidade de Ni sobre plantas (SEREGIN e KOZHEVNIKOVA, 2006), embora este elemento na atualidade seja considerado essencial aos vegetais (BROWN et al., 1987). Em geral uma concentração de  $\text{Ni}^{+2}$  na ordem de  $5 \text{ mg kg}^{-1}$  satisfaz a necessidade das vegetais superiores (CAMPANHARO et al., 2010) e, acima disso, sintomas de toxicidade se tornam evidentes. Os efeitos adversos dos elevados níveis de Ni no vegetal são a interferência na absorção de Mg, deficiência na retenção de Fe no caule e folhas, maior acúmulo de Mn, distúrbios fisiológicos, abrupta redução de raízes, interferência negativa na enzima superóxido dismutase com consequente acúmulo de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , entre outros (PANDEY et al., 2002).

Em trabalho com feijão-caupi, Kopittke et al. (2007) mostraram que uma concentração de  $\text{Ni}^{+2}$  de cerca de  $1,4 \mu\text{M}$  na solução causa uma redução de 10% na produção de biomassa do vegetal com um acúmulo na parte aérea da planta na ordem de  $40 \mu\text{g g}^{-1}$ . Segundo os mesmos autores, a redução da biomassa é uma função ( $y = 15 + 90(1 + e^{1,7(x-2,3)})$ ) do aumento do Ni na solução, ocorrendo cerca de 80% da redução na concentração de Ni próximo de  $4 \mu\text{M}$ .

Neste trabalho, a concentração de Ni na areia foi de cerca de  $20 \mu\text{M}$  ( $1,4 \text{ mg kg}^{-1}$  de Ni na areia, considerando-se densidade aparente da areia de 1,25), ou seja, 5 vezes mais que a dose maior citada por Kopittke et al. (2007). Esta alta concentração possivelmente explique também o menor acúmulo de Mg que foi observado nas plantas da casa de vegetação (Tab. 5) e a queima de folhas e caules que poderiam ocorrer em função de altas doses de super peróxidos.

Desta forma, os resultados indicam que a alta concentração de Ni nas areias provenientes de mineradoras de Seropédica cause toxidez nas plantas cultivadas em vasos de Leonard com substrato areia: vermiculita. Contudo, a utilização da fração grossa destas areias (2-4 mm) e o tratamento com gesso ( $5 \text{g L}^{-1}$ ) reduzem este elemento para níveis que não comprometem o desenvolvimento da planta. Eventualmente, outros elementos podem estar envolvidos direta ou indiretamente no desenvolvimento das plantas nos vasos, mas não parecem ser limitantes comparativamente ao níquel.

## **Recomendação para o preparo do substrato para vasos de Leonard**

Realizar o peneiramento da areia, descartar a fração inferior a 2 mm e manter apenas a fração de 2-4 mm. Em seguida, realizar uma lavagem inicial com água potável abundante, uma incubação com gesso na concentração de  $5 \text{g L}^{-1}$  por 72h mantendo a areia encharcada, nova lavagem com água potável abundantemente, secagem e mistura com vermiculita na proporção de 1:1 (v:v), seguindo para a autoclavagem.

## Referências Bibliográficas

BROWN, P. H.; WELSH, R. M.; CARY, E. E. Nickel: A micronutrient essential for higher plants. **Plant Physiology**, 8, p. 801-803, 1987.

CAMPANHARO, M.; MONNERAT, P. H.; ESPINDULA, M. C.; RABELLO, W. S.; RIBEIRO, G. Toxicity symptoms of nickel in common bean. **Revista Ciência Agronômica**, v. 4, p. 490-494, 2010.

CARDOSO, J. D.; GOMES, D. F.; GOES, K. C. G. P.; FONSECA JUNIOR, N. da S.; DORIGO JUNIOR, O. F.; HUNGRIA, M.; ANDRADE, D. S. Relationship between total nodulation and nodulation at the root crown of peanut, soybean and common bean plants. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 41, p. 1760-1763, 2009.

CARMO, C. A. F. S.; ARAÚJO, W. S.; BERANARDI, A. C. C.; SALDANHA, M. F. C. **Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos**. Embrapa Solos. Rio de Janeiro. 41p. 2000. (Embrapa Solos. Circular Técnica, 6).

KOPITTKE, P. M.; ASHER, C. J.; MENZIES, N. W. Toxic effects of Ni<sup>2</sup> on growth of Cowpea (*Vigna unguiculata*). **Plant Soil**, 29, v. p. 283-289, 2007.

MELO, S. R.; ZILLI, J. E. Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão-caupi recomendadas para o Estado de Roraima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1177-1183, 2009.

NORRIS, D. O., DATE, R. A. Legume bacteriology. In: SHAW, N. H., BRYAN, W. W. (Ed.) **Tropical pasture research: principles and methods**. Brisbane: CAB Publisher, 1976. p. 134-173.

PANDEY, N.; SHARMA, C. P. Effect of heavy metals  $\text{Co}^2$ ,  $\text{Ni}^2$  and  $\text{Cd}^2$  on growth and metabolism of cabbage. **Plant Science**, v. 163, p. 753-758, 2002.

SEREGIN, I. V.; KOZHEVNIKOVA, A. D. Physiological role of nickel and its toxic effects on higher plants. **Russian Journal of Plant Physiology**, 53: 257-277, 2006.

VINCENT, J. M. **A manual for the practical study of root nodule bacteria**. Oxford: Blackwell Scientific, 1970. 164 p.



**Embrapa**

---

**Agrobiologia**

Ministério da  
**Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA