



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbccs.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo  
Brasil

BORGES, E. N.; LOMBARDI NETO, F.; CORRÊA, G. F.; BORGES, E. V. S.; COSTA, L. M.  
ACÚMULO DE N E P NA PARTE AÉREA DA SOJA APÓS COMPACTAÇÃO SUBSUPERFICIAL E  
APLICAÇÃO DE GESSO

Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 23, núm. 1, 1999, pp. 127-133

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo  
Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180218280017>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# ACÚMULO DE N E P NA PARTE AÉREA DA SOJA APÓS COMPACTAÇÃO SUBSUPERFICIAL E APLICAÇÃO DE GESSO<sup>(1)</sup>

E. N. BORGES<sup>(2)</sup>, F. LOMBARDI NETO<sup>(3)</sup>, G. F. CORRÊA<sup>(2)</sup>,  
E. V. S. BORGES<sup>(4)</sup> & L. M. COSTA<sup>(5)</sup>

## RESUMO

Um experimento com soja, utilizando amostra de Latossolo Vermelho-Escuro distrófico textura média, previamente corrigido com 2,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico, foi desenvolvido em casa de vegetação da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba (SP), no período de dezembro/1993 a julho/1994, visando avaliar o efeito da compactação subsuperficial e de doses de gesso nos teores de N e de P da parte aérea da soja. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com os tratamentos dispostos em fatorial 4 x 4, com quatro repetições, correspondendo à aplicação, na camada superficial, de quatro doses de gesso (zero; 3,25; 6,50 e 9,75 t ha<sup>-1</sup>) misturadas ao equivalente a 15 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca de crotalária (MSC) e 2,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico, em quatro níveis de compactação (densidades: 1,32; 1,47; 1,62 e 1,77 kg dm<sup>-3</sup>). Utilizou-se prensa hidráulica no solo do anel central de uma coluna formada pela sobreposição de três anéis de PVC de 15 cm de diâmetro e altura de 5 cm para o anel central e inferior e 12,5 cm para o anel superior. Observou-se que as doses de gesso não tiveram influência no teor de N da parte aérea da soja, quando ocorreu o crescimento radicular em profundidade. Quando a compactação do solo restringiu o crescimento radicular somente à camada superficial, a concentração de N na parte aérea da soja foi maior, quando a dose de gesso estimada era de 5 t ha<sup>-1</sup>, reduzindo-se para doses maiores do que esta. De maneira geral, a aplicação dos níveis de compactação não alterou os teores de N na parte aérea na presença de gesso, mas levou à redução linear quando o gesso não foi aplicado. Com relação ao fósforo, observou-se que tanto as doses de gesso como os níveis de compactação elevados promoveram aumentos na quantidade de P absorvido pela soja.

**Termos de indexação:** degradação do solo, densidade, crescimento de raízes, absorção de nutrientes, nutrição mineral.

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em setembro de 1996 e aprovado em agosto de 1998.

<sup>(2)</sup> Professor do Departamento de Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, CEP 38400-902 Uberlândia (MG).

<sup>(3)</sup> Pesquisador do Instituto Agronômico de Campinas. Caixa Postal 28, CEP 13001-970 Campinas (SP).

<sup>(4)</sup> Professora da Universidade Estadual de Minas Gerais, Av. Rio Grande s/n, CEP 38300-000 Ituiutaba (MG).

<sup>(5)</sup> Professor do Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, CEP 36571-000 Viçosa(MG).

**SUMMARY: ACCUMULATION OF N AND P ON THE AERIAL PARTS OF SOYBEAN PLANTS RELATED TO SUBSURFACE COMPACTION AND GYPSUM APPLICATION**

*A soybean trial using a sample of Dark-Red dystrophic medium texture Latosol was carried out under greenhouse conditions at the Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz' in Piracicaba, São Paulo, Brazil, from December 1993 to July 1994, to evaluate the effects of subsurface compaction and the application of gypsum on nitrogen and phosphorus levels of soybean shoots. A scheme in a block randomized design, with treatments arranged in a 4 x 4 factorial, with four replications, corresponding to the soil surface application of four levels of gypsum (0, 3.25; 6.50 and 9.75 t ha<sup>-1</sup>) mixed with 15 t ha<sup>-1</sup> of Crotalaria dry matter and 2.5 t ha<sup>-1</sup> of lime, at four compaction levels (soil densities of 1.32; 1.47; 1.62 and 1.77 kg dm<sup>-3</sup>), applied by means of a hydraulic press onto the soil of the central ring of a column formed by three stacked 15 cm diameter PVC rings. It was observed that doses of gypsum did not affect N content of soybean shoots when depth root growth occurred. When soil compaction restricted root growth to soil surface, N concentration in soybean shoots was higher when the estimated applied gypsum was 5 t ha<sup>-1</sup>, with decreasing values for greater amounts. In general, compaction in the presence of gypsum did not alter N levels in the aerial parts of soybean plants, but led to a linear reduction in the absence of gypsum. Both gypsum and high compaction levels increased the amount of P absorbed.*

*Index terms: Soil degradation, bulk densities, root growth, nutrient absorption, mineral nutrition.*

## INTRODUÇÃO

A cultura da soja ocupa expressiva área plantada nos chamados solos sob vegetação de cerrado, possivelmente por causa da topografia favorável à mecanização. Segundo Lopes (1984), esses solos, em sua maioria, apresentam atributos físicos, como densidade, estrutura e porosidade, adequados à prática agrícola tecnificada, necessitando, no entanto, de correção das deficiências nutricionais às culturas.

A exigência, por parte da cultura da soja, à correção da acidez e à fertilidade do solo requer que seu plantio só ocorra após alguns anos da abertura do cerrado. Tal exigência quase sempre, possibilita o estabelecimento dessa cultura em solos que já apresentam certa deterioração de suas propriedades físicas. A formação de uma camada compactada entre 12 e 25 cm de profundidade (Carvalho Júnior, 1995) poderá provocar alterações nos processos físicos, químicos, físico-químicos e biológicos do solo.

Segundo Novak et al. (1992), a intensa mecanização provoca alterações na estrutura do solo, proporcionando condições desfavoráveis ao crescimento das plantas, decorrentes da formação de camadas compactadas. Estas provocam reduções na macroporosidade e, consequentemente, comprometem a condutividade hidráulica do solo saturado, favorecendo a formação de ambiente redutor tanto na camada compactada como na camada acima desta (Borges, 1995). Pequena aeração

do solo altera, qualitativa e quantitativamente, a disponibilidade dos nutrientes e de elementos tóxicos às plantas, o pH e a atividade dos organismos vivos (Grable, 1966; Camargo, 1983). Segundo esses pesquisadores, a compactação do solo, à medida que reduz os macroporos e aumenta os microporos, irá favorecer o aumento volumétrico de água retida a maiores tensões, propiciando a criação de ambiente redutor, com reflexo nos mecanismos de fluxo de massa e de difusão, importante no suprimento de N e P às raízes das plantas.

Bayer & Mielniczuk (1997) relataram que a disponibilidade de P, K, Ca, Mg, Al e o pH varia com o tipo de cultura. Tais variações são devidas à quantidade e qualidade da matéria orgânica adicionada por cada cultura e, ainda, às práticas de manejo exigidas por cada uma. Shierlaw & Alston (1984) observaram que a absorção de fósforo pelas plantas em camada compactada variou entre espécies de plantas, dependendo das características e habilidade das raízes de cada espécie em crescer em solos com camada compactada. Esses autores não observaram diferenças significativas na absorção de fósforo pela cultura do milho, cujas raízes são fasciculadas e finas, quando a densidade do solo variou de 1,1 a 1,75 kg dm<sup>-3</sup>.

Trabalhando com doses de fósforo versus densidade do solo, Ribeiro et al. (1985) observaram efeito prejudicial dos níveis de compactação na absorção de P por plantas de soja, não obtendo resposta às doses de fósforo quando a densidade do

solfo superior a  $1,3 \text{ kg dm}^{-3}$ . Para este valor de densidade, o impedimento mecânico foi mais sério do que a disponibilidade do elemento.

Quanto ao efeito das doses de gesso sobre a disponibilidade de nutrientes para as plantas, em solos com compactação subsuperficial, as informações são escassas. Borges et al. (1997) mostraram que a aplicação de dose elevada de gesso em um Latossolo Vermelho-Escuro com compactação subsuperficial capaz de impedir o crescimento radicular em profundidade provocou redução significativa na produção de matéria seca da parte aérea da soja. Essa redução, segundo esses autores, ocorreu pela remoção de bases da camada mais superficial do vaso onde se concentrou o crescimento radicular, provocada pelo gesso. Esses pesquisadores não observaram efeito prejudicial do gesso no crescimento da parte aérea da soja mesmo com aplicações de doses de  $9,75 \text{ t ha}^{-1}$  de gesso, na ausência de restrições físicas ao crescimento radicular, impostas pela presença de camadas compactadas subsuperficiais. O conhecimento dessas alterações, em condições específicas de solo e manejo, é importante no entendimento da potencialidade das práticas a serem adotadas para contornar queda de rendimentos das culturas, mediante possíveis excessos e, ou, deficiências de P e N, advindos da presença de camadas compactadas subsuperficiais.

Desse modo, esta pesquisa teve por objetivo avaliar os efeitos de doses de gesso + matéria seca de crotalária aplicadas na camada superficial e de níveis de compactação subsuperficial na absorção e na concentração de N e P da parte aérea da soja.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento, um fatorial  $4 \times 4$  em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/Universidade de São Paulo, Piracicaba (SP), utilizando amostra de um Latossolo Vermelho-Escuro do município de Uberlândia (MG). A amostra, coletada na camada de 10-30 cm e submetida à análise conforme método preconizado pela EMBRAPA (1979), apresentou os seguintes resultados:  $\text{pH} = 4,2$ ;  $\text{P} = 0,2 \text{ mg dm}^{-3}$ ;  $\text{K} = 0,3 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ;  $\text{Al} = 8,5 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ;  $\text{Ca} = 0,4 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ;  $\text{Mg} = 0,2 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ;  $\text{H} + \text{Al} = 21,0 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ;  $\text{M.O.} = 7,2 \text{ g kg}^{-1}$ , areia grossa =  $50 \text{ g kg}^{-1}$ ; areia fina =  $550 \text{ g kg}^{-1}$ ; silte =  $214 \text{ g kg}^{-1}$  e argila de  $186 \text{ g kg}^{-1}$ ; densidade de partícula =  $2,77 \text{ kg dm}^{-3}$  e densidade do solo =  $1,32 \text{ kg dm}^{-3}$ .

Como vaso, foram utilizadas colunas de PVC de 22,5 cm de altura, formadas pela sobreposição de três anéis com 15 cm de diâmetro unidos por fita adesiva, e vedadas no fundo por uma placa de isopor perfurada (Figura 1).

O anel inferior, com 5 cm de altura, recebeu o solo sem tratamento prévio. O anel central, também com 5 cm de altura e volume de  $0,88 \text{ dm}^3$ , recebeu diferentes quantidades de solo compactado por meio de uma prensa hidráulica, para obter as densidades de 1,32 (normal); 1,47; 1,62 e  $1,77 \text{ kg dm}^{-3}$ .

O anel superior, com 12,5 cm de altura, recebeu  $1,77 \text{ dm}^3$  de solo com densidade de  $1,32 \text{ kg dm}^{-3}$ , calcariado com dose correspondente a  $2,5 \text{ t ha}^{-1}$  e misturado às doses de gesso equivalentes a 0 (zero); 3,25; 6,50 e  $9,75 \text{ t ha}^{-1}$ , homogeneizadas com o equivalente a  $15 \text{ t ha}^{-1}$  de matéria seca de crotalária (MSC), previamente moída.

Os anéis com os blocos compactados foram unidos por fita adesiva ao anel superior e inferior ao anel (Figura 1). Após período de incubação de 50 dias, com umidade do solo mantida na capacidade de campo, determinada segundo Costa (1983), foi aplicada solução de nutrientes, tomando-se como base para cálculo da quantidade a ser aplicada o peso do solo do anel superior (2,34 kg). Em cada vaso, foram aplicados 70,2 ml de uma solução estoque composta pelos seguintes elementos na quantidade em  $\text{mg kg}^{-1}$  de solo:  $\text{N} = 13,5$ , fontes:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 4,1 \text{ g L}^{-1}$  e  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 = 20,1 \text{ g L}^{-1}$ ;  $\text{P} = 37,8$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4 = 17,0 \text{ g L}^{-1}$  e  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 = 20,1 \text{ g L}^{-1}$ ;  $\text{K} = 19,9$ , fonte:  $\text{KH}_2\text{PO}_4 = 17,0 \text{ g L}^{-1}$ ;  $\text{S} = 4,5$ , fontes:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 4,1 \text{ g L}^{-1}$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 116,4 \text{ mg L}^{-1}$  e  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = 586,5 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\text{Fe} = 0,21$ , fonte:  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = 252,1 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\text{Mn} = 0,49$ , fonte:  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} = 439,5 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\text{Cu} = 0,19$ , fonte:  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 116,4 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\text{Zn} = 0,03$ , fonte:  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = 16,8 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\text{B} = 0,04$ , fonte:  $\text{H}_3\text{BO}_3 = 156,3 \text{ mg L}^{-1}$ . Após adubação, foi plantada soja, variedade IAC-8, por 45 dias, mantendo-se a umidade próxima à capacidade de campo, tomando-se como base, para cálculo da quantidade de água a ser adicionada diariamente, a diferença entre o peso do vaso na capacidade de campo e o peso obtido no momento da

IRRIGAÇÃO		2,5 cm
15 cm		
Anel Superior	Dose de gesso, $\text{t ha}^{-1}$	
	0,00 15 MSC + 3,25 6,50 9,75	10,0 cm
Anel Central	Densidade:	5,0 cm
	1,32; 1,47; 1,62 e $1,77 \text{ kg dm}^{-3}$	
Anel Inferior	Solo sem tratamento químico e físico	5,0 cm

Figura 1. Esquema da coluna formada pela sobreposição de três anéis de PVC.

irrigação. Ao final desse período, as plantas foram cortadas e a parte aérea analisada quanto ao teor de fósforo total por digestão nitricoperclórica e calorimetria, e o nitrogênio por digestão sulfúrica e destilação.

A análise estatística dos dados, processada pelo Programa SANEST, constou da análise de variância (Quadro 1) e de regressão. Observada interação significativa dos tratamentos a 5% de probabilidade, procedeu-se ao estabelecimento da regressão de cada tratamento dentro dos níveis do outro. Para discussão dos dados, adotou-se a equação com coeficientes significativos a 5% e com maior  $R^2$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Nitrogênio na parte aérea da soja

A análise de variância dos teores de nitrogênio determinados na parte aérea da planta apresentou efeitos significativos para as doses de gesso aplicadas na camada superficial, para os níveis de compactação efetuados no solo do anel central do vaso e para interação desses dois fatores (Quadro 1).

As equações ajustadas (Figura 2a) mostram que o gesso aplicado não influenciou o teor de nitrogênio na parte aérea da soja para valores de densidade do solo no anel central da coluna de até  $1,47 \text{ kg dm}^{-3}$ . Para densidades do solo no anel central superiores a  $1,47 \text{ kg dm}^{-3}$ , as doses de gesso provocaram comportamento em forma quadrática, com pontos de maior concentração de N na planta, quando as doses de gesso foram de  $4,8 \text{ t ha}^{-1}$ , dentro da densidade de  $1,62 \text{ kg dm}^{-3}$ , e  $5,0 \text{ t ha}^{-1}$ , dentro da densidade de  $1,77 \text{ kg dm}^{-3}$  (Figura 2a).

A ausência de significância para o efeito das doses de gesso na concentração de N na parte aérea da soja, para densidades do solo menores do que  $1,62 \text{ kg dm}^{-3}$  (Figura 2a), pode estar relacionada com o crescimento do sistema radicular para as camadas mais profundas, com consequente absorção de bases, nitrogênio e outros nutrientes e, ainda, maior nodulação. Para valores de densidade do solo menor do que este, Borges (1995) observou adequado crescimento do sistema radicular até as camadas inferiores da coluna em todas as doses de gesso utilizadas. Cattelan & Hungria (1994) relataram que as plantas que fixam nitrogênio, portanto as que têm condições de formar simbiose com os rizóbios, necessitam de maior fertilidade do solo ou volume do solo para absorção, pois requerem os nutrientes necessários ao hospedeiro, ao rizóbio e ao sistema simbótico.

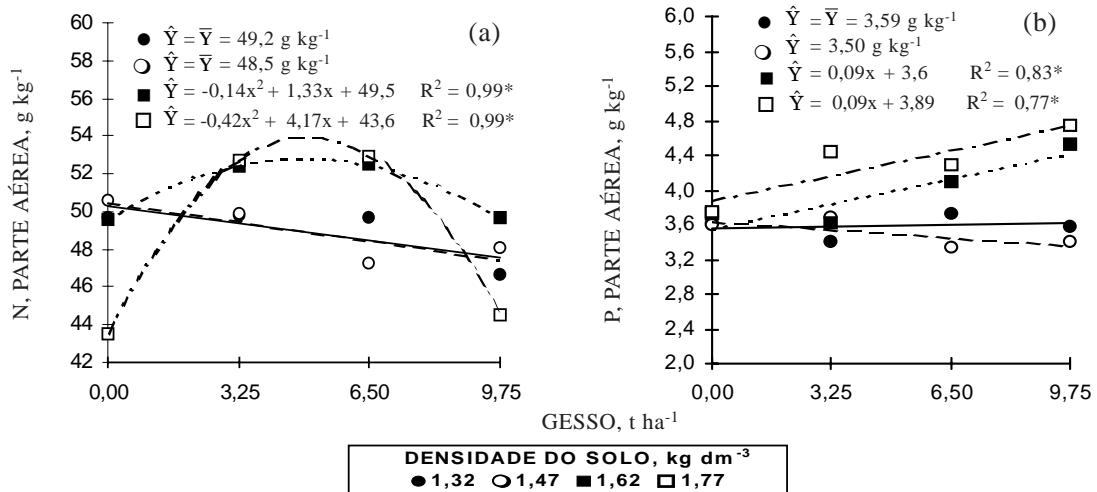
Comportamento quadrático com o máximo de absorção e concentração de N na parte aérea da soja para dose de gesso de aproximadamente  $5,0 \text{ t ha}^{-1}$ , quando os níveis de compactação do solo limitavam o crescimento radicular em profundidade, evidencia que doses de gesso acima deste valor poderiam ter provocado empobrecimento superficial do solo, onde ficou concentrado todo crescimento radicular, promovendo, desse modo, um ambiente desfavorável tanto à nodulação como à efetividade dos nódulos existentes. Redução na absorção e concentração de N pela parte aérea da soja, quando a dose de gesso aplicada era superior a  $5,0 \text{ t ha}^{-1}$ , com a densidade do solo superior a  $1,62 \text{ kg dm}^{-3}$ , pode ainda estar relacionada com a atuação do íon  $\text{S-SO}_4^{2-}$  proveniente do gesso quando em alta dose. Este, ao ligar-se ao  $\text{N-NH}_4^+$  do anel superior da coluna, promoveu lixiviação mais intensa para as camadas profundas, onde as raízes não tiveram acesso.

Borges (1995), determinando a condutividade hidráulica do solo saturado do presente estudo,

**Quadro 1. Resumo da análise de variância para concentração de nitrogênio e de fósforo na parte aérea da soja, cultivada em amostra de um Latossolo Vermelho-Escuro e submetida a níveis de compactação subsuperficial e doses de gesso na camada superficial**

Fonte de variação	G. L.	Nitrogênio		Fósforo	
		Q.M.	F	Q.M.	F
Gesso	3	50,880	3,810*	0,426	2,520 <sup>+</sup>
Compactação	3	30,000	2,246 <sup>+</sup>	2,290	13,549*
Gesso x compactação	9	29,181	2,185*	0,376	2,226*
Bloco	3	8,735	0,654ns	0,429	0,067 <sup>ns</sup>
Resíduo	45	13,357		0,168	
Total	63	2,104		0,324	
C.V. (%)		7,41		10,68	

\* e \* Significativos a 10 e 5%, respectivamente. ns não-significativo.



**Figura 2. Concentrações de N (a) e de P (b) na parte aérea da soja, em função de doses de gesso + MSC, dentro de cada densidade do solo do anel central estudada.**

observou que, em média, ela caiu de 4,53 cm s<sup>-1</sup> com o solo na densidade de 1,32 kg dm<sup>-3</sup> para 0,51 cm s<sup>-1</sup> na densidade de 1,77 kg dm<sup>-3</sup>, o que poderá ter facilitado a formação de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> que, ao ligar-se ao radical S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, pode ter-se movimentado na coluna de solo.

Observações visuais por ocasião da coleta e quantificação das raízes permitiram inferir que o aumento excessivo da compactação do solo no anel central do vaso provocou a formação de nódulos de cor mais acinzentada, diferentes portanto daqueles nódulos tidos como efetivos na fixação de nitrogênio, que são os de coloração róseo-avermelhada.

A constatação de forte nodulação e a ausência de sintomas visuais de deficiência, principalmente nos tratamentos com os menores níveis de compactação, possibilitaram a realização de apenas uma adubação nitrogenada, por ocasião do plantio, na quantidade de 0,0135 g kg<sup>-1</sup> de N no solo. As equações de regressões ajustadas (Figuras 2a e 3a) revelam que, mesmo com a aplicação de elevadas doses de gesso e dos níveis de compactação, o teor de N na parte aérea da soja manteve-se dentro ou próximo da faixa adequada proposta por Malavolta et al. (1989) para folhas coletadas no final do florescimento da cultura (45 a 55 g kg<sup>-1</sup> de N).

Equações ajustadas (Figura 3a) evidenciam que a concentração de N na parte aérea da soja reduziu linearmente com os níveis de compactação, quando não foi aplicado o gesso. Na presença desse tratamento, a concentração de N na parte aérea da soja não se mostrou influenciada significativamente pelos níveis de compactação. Como os solos do anel central e inferior da coluna não foram calcariados e adubados, é possível que, na ausência de gesso, as condições de fertilidade e de acidez não tenham

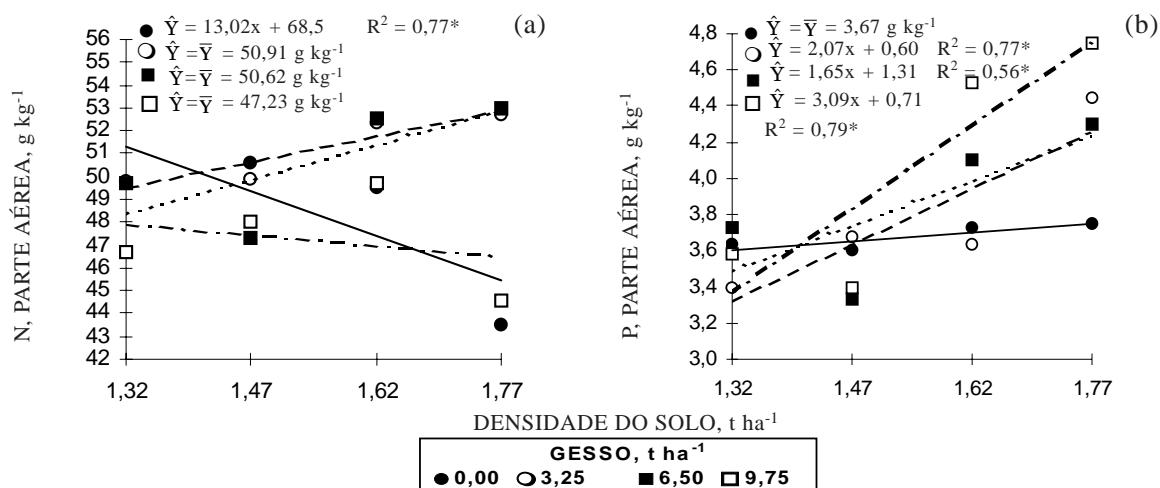
propiciado ambiente adequado ao desenvolvimento da nodulação quando os níveis de compactação não restringiam o crescimento radicular em profundidade. É possível que a presença do gesso tenha reduzido o teor de alumínio tóxico e aumentado os teores de bases, principalmente em Ca e Mg, conforme constatado por Braga et al. (1995) e Soprano & Alvarez V. (1989), favorecendo e tornando mais eficiente a nodulação. Tais dados evidenciam, ainda, que, para que ocorra adequada fixação de N, não há necessidade que o sistema radicular explore um volume muito grande de solo.

Quaggio (1992), trabalhando com doses de gesso e calcário na cultura da soja, observou que a presença de cálcio no solo proporcionou níveis mais altos de N nas folhas, mostrando o efeito benéfico da redução da acidez e aumento da disponibilidade de Mo para o processo biológico de fixação de N.

#### Fósforo na parte aérea da soja

Os dados da análise de variância dos teores de fósforo da parte aérea da soja evidenciaram que, além dos efeitos significativos das doses de gesso aplicadas na camada superficial e dos níveis de compactação aplicados no anel central do vaso, ocorreu interação significativa desses fatores (Quadro 1).

O teor de fósforo na parte aérea da soja aumentou significativamente com as doses de gesso utilizadas apenas quando a densidade do solo no anel central da coluna era superior a 1,47 kg dm<sup>-3</sup>. Para densidade igual ou inferior a esta, não foi observado efeito das doses de gesso (Figura 2b). Aumento linear da concentração de fósforo na parte aérea da planta com a aplicação de gesso, dentro daqueles valores de densidades que, de certa forma, podem impedir o



**Figura 3. Quantidades de N (a) e de P (b) na parte aérea da soja, em função da densidade do solo do anel central da coluna, dentro de cada dose de gesso estudada.**

crescimento radicular em profundidade, pode ser devido à presença significativa do fósforo prontamente disponível no gesso. Malavolta (1992) verificou que análise química do gesso agrícola apresentou, em média,  $7,5 \text{ g kg}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  no gesso. Deve-se considerar, ainda, a possibilidade de o  $\text{S}-\text{SO}_4^{2-}$  do gesso ocupar os sítios de adsorção do fósforo, fazendo com que esse elemento, proveniente da adubação, permaneça mais tempo na forma lábil. Dentro desse contexto, Moreira et al. (1992) observaram que, na ausência de gesso, um período de apenas 15 dias de contato do solo com um adubo fosfatado solúvel foi suficiente para que mais de 50% do fósforo total, inicialmente lábil, se tornasse não-lábil, em um Latossolo Vermelho-Escuro. No caso deste experimento, o  $\text{S}-\text{SO}_4^{2-}$  pode ter interferido na velocidade de transformação da forma lábil para não-lábil, fazendo com que o fosfato aplicado permanecesse mais tempo disponível.

A ausência de significância para as doses de gesso na densidade do solo para a qual não ocorreu restrição ao crescimento radicular em profundidade (densidade do solo no anel central menor do que  $1,62 \text{ kg dm}^{-3}$ ) pode estar relacionada com uma diluição tanto do fósforo como do  $\text{S}-\text{SO}_4^{2-}$  em um maior volume de solo, facilitando, assim, a fixação de fósforo pelo solo.

Na presença de gesso, a compactação favoreceu a absorção do fósforo pela soja, conforme mostra a figura 3b. Este fato pode ser devido tanto à formação de um ambiente de maior umidade, favorecendo a liberação de fósforo para solução do solo, como à produção de exsudatos radiculares devidos ao estresse promovido pela compactação. Esses exsudatos são normalmente ácidos, podendo contribuir para maior solubilização do fósforo

adsorvido na fase sólida do solo. Deve-se considerar, ainda, que, no maior nível de compactação, o confinamento do sistema radicular a um pequeno volume de solo deve ter gerado ambiente propício à liberação de fósforo lábil para a solução.

## CONCLUSÕES

1. As doses de gesso não tiveram influência no teor de N da parte aérea da soja quando a densidade do solo não impedi o crescimento radicular em profundidade. Quando o nível de compactação do solo condicionou esse crescimento à camada superficial, a concentração de N na parte aérea da soja aumentou com a dose de gesso até  $5 \text{ t ha}^{-1}$ , diminuindo as doses maiores.

2. De maneira geral, os níveis de compactação do solo não alteraram os teores de N na parte aérea na presença de gesso, mas levaram à redução linear na sua ausência.

3. Com relação ao fósforo, observou-se que tanto as doses de gesso como os níveis de compactação elevados promoveram aumentos na quantidade de P absorvido pela soja.

## LITERATURA CITADA

BAYER, C. & MIELNICZUC, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de culturas. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:105-112, 1997.

- BORGES, E.N. Efeito de doses de gesso + matéria seca de crotalária e de níveis de compactação em atributos físicos de um Latossolo Vermelho-Escuro. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, 1995. 136p. (Tese de Doutorado)
- BORGES, E.N.; LOMBARDI NETO; CORRÊA, G. & COSTA, L.M. Misturas de gesso e matéria orgânica alterando atributos físicos de um Latossolo com compactação simulada. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:125-130, 1997.
- BRAGA, F.A.; VALE, F.R. & MUNIZ, J.A. Movimentação de nutrientes no solo, crescimento e nutrição mineral do eucalipto, em função de doses de gesso e níveis de irrigação. *R. Bras. Ci. Solo*, 19:69-77, 1995.
- CAMARGO, A.O. Compactação do solo e desenvolvimento de plantas. Campinas, Fundação Cargill, 1983. 44p.
- CARVALHO JÚNIOR, I.A. Estimativas de parâmetros sedimentológicos para estudo de camadas compactadas e/ou adensadas em Latossolo de textura média, sob diferentes aspectos. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1995. 83p. (Tese de Mestrado)
- CATTELAN, A.J. & HUNGRIA, M. Nitrogen nutrition and inoculation. In: FAO, ed. Tropical Soybean- Improvement and production. Rome: FAO, 1994. p.201-215.
- COSTA, M.P. Efeito da matéria orgânica em alguns atributos do solo. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, 1983. 137p. (Tese de Mestrado)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979. Não paginado.
- GRABLE, A.R. Soil aeration and plant growth. *Adv. Agron.*, 18:57-106, 1966.
- LOPES, A.S. Solos sob "cerrado", características, propriedades e manejo. Piracicaba, Instituto Internacional da Potassa, 1984. 162p.
- MALAVOLTA, E. O gesso agrícola no ambiente e na nutrição da planta - perguntas e respostas. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESEN NA AGRICULTURA, 2., Uberaba, 1992. Brasília, Nagy, 1992. p.41-66.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.
- MOREIRA, J.F.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L. & LEAL, P.G.L. Efeito do tempo de contato do fósforo com o solo sobre sua disponibilidade para mudas de eucalipto. *R. Bras. Ci. Solo*, 15:303-308, 1992.
- NOVAK, L.R.; MANTOVANI, E.C.; MARTYN, P.J. & FERNANDES, B. Efeito do tráfego de trator e da pressão de contato pneu/solo na compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro álico, em dois níveis de umidade. *Pesq. agropec. Bras.*, 27:1587-1595, 1992.
- QUAGGIO, J.A. Resposta das culturas de milho e soja, à aplicação de calcário, gesso e movimento de íons em solos do estado de São Paulo. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESEN NA AGRICULTURA, 2., Uberaba, 1992. Brasília, Nagy, 1992. p.241-262.
- RIBEIRO, M.A.V.; FABRES, A.S.; NOVAIS, R.F. & COSTA, L.M. Efeito da compactação do solo e de níveis de fósforo sobre o crescimento de soja em casa de vegetação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 20, Belém, 1985. Programa e resumos. Campinas, SBCS, 1985. p.125.
- SHIERLAW, J. & ALSTON, A.M. Effect of soil compaction on root growth and uptake of phosphorus. *Plant Soil*, 77: 15-26, 1984.
- SOPRANO, E. & ALVAREZ V., V.H. Nutrientes lixiviados de coluna de solo tratadas com diferentes sais de cálcio. *R. Bras. Ci. Solo*, 13:25-29, 1989.