

# Distribuição de fósforo do fertilizante na planta de soja e sua exportação pela cultura

## Distribution of fertilizer phosphorus in soybean plant and its exportation by the crop

Anderson Ricardo Trevizam<sup>1(\*)</sup>

Maria Ligia de Souza Silva<sup>2</sup>

Takashi Muraoka<sup>3</sup>

### Resumo

Este trabalho teve como objetivo avaliar a distribuição de fósforo (P) em diferentes partes da planta da soja e a exportação pelos grãos, em função de doses de P aplicados ao solo, com auxílio da técnica isotópica com <sup>32</sup>P. O experimento foi conduzido em vasos em casa de vegetação, utilizando amostra de terra proveniente da camada arável de um Latossolo Vermelho Amarelo. Os tratamentos consistiram de doses de P (0, 10, 20, 40 e 80 mg dm<sup>-3</sup>), aplicadas na superfície do solo e incorporadas a aproximadamente 1,5 cm de profundidade, com três repetições. Todos os vasos receberam gessagem, calagem e solução de <sup>32</sup>P igualmente. Ao final do ciclo as plantas, foram colhidas e analisadas quanto ao teor de P total e atividades de <sup>32</sup>P nas diferentes partes da planta. O teor de P, na matéria seca e o acúmulo de P nas diferentes partes da planta, aumentaram com o aumento das doses aplicadas. Os teores obtidos no caule, folhas e cascas das vagens estavam abaixo da faixa considerada como adequada, e dentro da faixa adequada quando observados os teores nos grãos. Os maiores acúmulos e teores foram observados nos grãos, seguido de casca, folhas e caule. Adubações pesadas de P podem propiciar aumento no teor de P nos grãos.

**Palavras-chave:** fertilizante fosfatado; grãos; técnica isotópica; *Glycine max* (L.) Merrill.

1 Dr.; Químico; Professor Visitante do Departamento de Química da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná; Endereço: Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03, CEDETEG, CEP: 85040-080, Guarapuava, Paraná, Brasil; E-mail: aanrt@hotmail.com (\*) Autor para correspondência.

2 Dra.; Engenheira Agrônoma; Professora do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná; Endereço: Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03, CEDETEG, CEP: 85040-080, Guarapuava, Paraná, Brasil; E-mail: mlsousi@hotmail.com

3 PhD; Engenheiro Agrônomo; Professor Titular do Centro de Energia Nuclear da Universidade de São Paulo; Assessor da International Atomic Energy Agency, IAEA, para América Latina; Bolsista Produtividade em Pesquisa do CNPq; Endereço: Caixa Postal: 96, CEP: 13416-000, Piracicaba, São Paulo, Brasil; E-mail: muraoka@cena.usp.br

## Abstract

This work had the objective to evaluate the distribution of phosphorus (P) in different parts of the soybean plant and the exportation by grains, in function of doses of P applied to the soil, using the assistance of an isotopic technique with  $^{32}\text{P}$ . The experiment was carried out in pots in a greenhouse, using soil sample from the arable layer of a Red Yellow Latosol. The experiments were consisted in doses of P rates (0, 10, 20, 40 and 80 mg dm<sup>-3</sup>), applied in soil surface and incorporated to approximately 1.5 cm depth with three replicates. All pots received the same amount of gypsum, liming and  $^{32}\text{P}$  solution. The plants were collected at the end of growth cycle and analyzed for total P and  $^{32}\text{P}$  activity in different plant parts. The P content in the dry material and consequently the P accumulation in different plant parts increased with increasing applied P rates. The P content in the stalk leaves and pods of the green beans were bellow the value considered as adequate, and within the adequate level for the grains. Higher accumulation and contents of P were observed in the grains, followed by the pod shell, leaves and stalks. Heavy P fertilization may propitiare increase in grains P content.

**Key words:** phosphate fertilizer; grains; isotopic technique; *Glycine max* (L.) Merrill.

## Introdução

O fósforo (P) tem sua função como nutriente para as plantas bem conhecida, como por exemplo, é constituinte de compostos de alta energia, como ATP, derivados do inositol (fitinas), fosfolipídios e outros ésteres. É responsável pelo bom desenvolvimento das raízes e de plântulas no início do seu desenvolvimento, contribuindo para o aumento da resistência ao frio, na melhoria do uso da água, na resistência às doenças, sendo importante para a colheita e qualidade das culturas (MALAVOLTA, 2006).

Nas plantas em desenvolvimento, os teores mais altos de P são encontrados nos pontos de crescimento das culturas, pois devido a sua alta mobilidade dentro da planta, as partes novas são supridas não só pelo fosfato absorvido pelas raízes, mas

também pelo fosfato originado das partes mais velhas. Assim as plantas deficientes em P demonstram primeiramente os sintomas de deficiência nas partes mais velhas (PRADO, 2008).

Em sistemas de alta produtividade a quantidade exigida de P é grande, sendo necessária a reposição das porções exportadas pelas culturas nesses sistemas (STAUFFER; SULEWSKI, 2004). Em função da exportação do P pelas culturas e da finitude das reservas mundiais, tecnologias sustentáveis de produção estão sendo empregadas visando melhorar a eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados, sobretudo na dose de aplicação.

A exportação de P pelas culturas varia amplamente de acordo com as exigências e de acordo com a produtividade esperada. Por exemplo, enquanto que a extração para a cana-de-açúcar é de 0,08 kg t<sup>-1</sup>, para a soja é

de 5,20 kg t<sup>-1</sup>. A exportação de P pelas culturas é, em geral, um décimo do N e um terço do K (YAMADA; LOPES, 1999). Estima-se que a exportação de P na agricultura brasileira seja de aproximadamente 389.000 t ano<sup>-1</sup> (MALAVOLTA, 2004). Resultados encontrados por Fageria (2001) mostraram que, do total de P acumulado pelas plantas de soja, 67% é translocado para os grãos e o restante se distribui na parte aérea. O autor relata ainda que, para alguns cultivares, o teor de P nos grãos na época da colheita pode ser até três vezes maior que nas folhas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição de P em diferentes partes da planta da soja e a estimativa de exportação do P do fertilizante pelos grãos, proveniente do fertilizante aplicado em diferentes doses, com auxílio da técnica isotópica com <sup>32</sup>P.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba (SP), com solo proveniente da camada arável de um Latossolo Vermelho Amarelo, com as seguintes características químicas e granulométricas: pH (CaCl<sub>2</sub>), 4,4; Matéria Orgânica, 19,9 g dm<sup>-3</sup>; P(resina), 7,6 mg dm<sup>-3</sup>; H+Al, 33,1 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; K, 0,82 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca, 12,94 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg, 6,1 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al, 8,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC, 52,9 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V, 37%; m, 28,7% (RAIJ et al., 2001); 660 g kg<sup>-1</sup> de areia; 60 g kg<sup>-1</sup> de silte e 280 g kg<sup>-1</sup> de argila.

Porções de 2 dm<sup>3</sup> de solo passado em peneira de 4 mm de malha foram colocadas em vasos, receberam gesso agrícola e calcário dolomítico (PRNT = 120, CaO = 45% e MgO = 15%) para elevar a saturação por bases a 70% e neutralizar o Al, homogeneizado e

incubado por 15 dias, com umidade em torno de 60% da capacidade máxima de retenção de água. Os vasos, após cada um receber 100 mL de uma solução contendo 5,55 MBq (150 µCi) de <sup>32</sup>P, foram incubados por mais 7 dias, para equilíbrio isotópico. Após esse período, aplicou-se superfosfato simples (18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em CNA+água) na superfície do solo dos vasos, e incorporados a aproximadamente 1,5 cm de profundidade, nas doses de 0, 10, 20, 40 e 80 mg de P dm<sup>-3</sup>. Os vasos foram mantidos com umidade em torno de 60% da capacidade máxima de retenção de água, através de sua pesagem diária. O experimento foi realizado em blocos inteiramente casualizados, com três repetições por tratamentos.

Após aplicação do P, foram semeadas quatro sementes de soja por vaso, cultivar CD 206. O desbaste foi realizado sete dias após emergência, deixando-se uma planta por vaso. Aplicou-se em cobertura 50 mg dm<sup>-3</sup> de nitrogênio na forma de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>. As folhas senescentes durante o ciclo foram coletadas e armazenadas em sacolas de papel para posterior análise. Ao final do ciclo da cultura (125 dias após a germinação), as plantas foram colhidas, separadas em folhas (coletadas durante o ciclo), caule, casca e grãos, secas em estufa (60 °C) por 3 dias, pesadas e moídas. As amostras foram digeridas com HNO<sub>3</sub> e HClO<sub>4</sub> na relação 3:1 (SILVA, 2009) e analisadas quanto aos teores de P através do sistema de análise por injeção em fluxo (SILVA, 1998) e a radioatividade do <sup>32</sup>P em aparelho de cintilação líquida por efeito Cerenkov (VILLANUEVA et al., 2006).

Através da equação [1] foi calculada a porcentagem de P proveniente do Fertilizante e da equação [2] a porcentagem de P proveniente do solo (IAEA, 2001):

$$\% P_{ppF} = \left( 1 - \frac{AEp (trat. F)}{AEp (sem F)} \right) \times 100 \quad [1]$$

$$\% P_{ppS} = \left( \frac{AEp (trat. F)}{AEp (sem F)} \right) \times 100 \quad [2]$$

onde: %P<sub>ppF</sub> = porcentagem de fósforo na planta proveniente do fertilizante; %P<sub>ppS</sub> = porcentagem de fósforo na planta proveniente do solo; AEp (trat. F) = Atividade específica na planta (dpm mg<sup>-1</sup> de P), no tratamento com adição de fertilizante; AEp

(trat. sem F) = Atividade específica na planta (dpm mg<sup>-1</sup> de P), no tratamento sem adição de fertilizante.

O aproveitamento do P do fertilizante (%ApPfer) foi calculada mediante a equação [3] (IAEA, 2001):

$$\% ApPfer = \left( \frac{AcP \times \left( \frac{\%PppF}{100} \right)}{DoseP} \right) \times 100 \quad [3]$$

onde: AcP = acúmulo de P na planta (mg de P vaso<sup>-1</sup>); %P<sub>ppF</sub> = porcentagem de fósforo na planta proveniente do fertilizante; Dose de P = quantidade de P do fertilizante adicionada ao vaso (mg vaso<sup>-1</sup>).

Os resultados foram analisados estatisticamente, por meio da análise de variância e regressão. As equações foram ajustadas, testando-se os coeficientes de determinação pelo teste F. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa estatístico SAS.

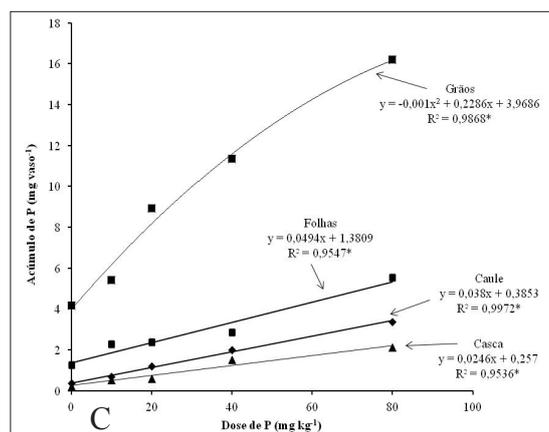
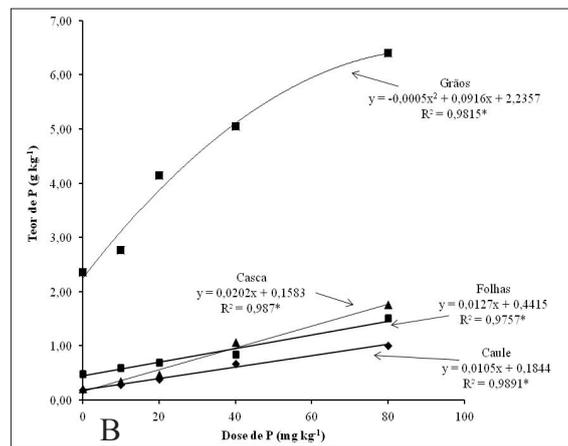
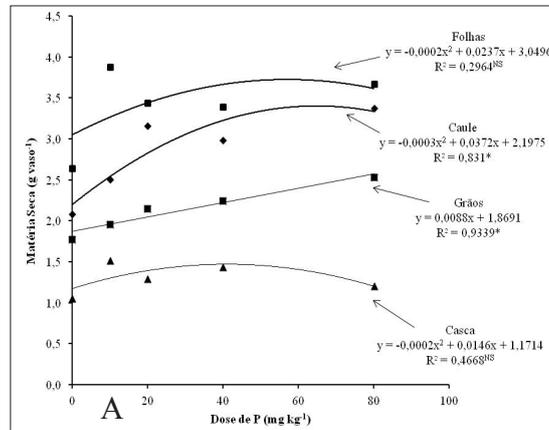
## Resultados e Discussão

Nas figuras 1 e 2 estão os dados de produção de matéria seca, teor e acúmulo de P na planta, porcentagem de P proveniente

do solo (%P<sub>ppS</sub>) e do fertilizante (%P<sub>ppF</sub>) e aproveitamento do P do fertilizante (%ApPfer) em função das doses de P aplicadas ao solo, avaliados em plantas de soja em casa de vegetação.

Pode-se verificar que o teor de P, a quantidade de matéria seca e, conseqüentemente, o acúmulo de P nas diferentes partes da planta aumentaram com o aumento das doses de P aplicadas, exceto para a produção de matéria seca de folhas e casca. Observando-se a figura 1A e 1C, os maiores teores e acúmulos de P são observados para os grãos. Os teores no caule, folhas e casca variaram de 0,18 a 1,75 g kg<sup>-1</sup> e nos grãos variaram de 2,35 a 6,40 g kg<sup>-1</sup>. O acúmulo no caule, folhas e casca variaram de 0,4 a 5,5 mg vaso<sup>-1</sup> e nos grãos variaram de 4,2 a 16,2 mg vaso<sup>-1</sup>.

Figura 1 - Produção de matéria seca (A), teor de P (B) e acúmulo de P (C) na soja, em função das doses de P no solo



Fonte: Autor (2012).

Nota: Significativo ao nível de 5% de probabilidade. <sup>NS</sup>= Não significativo.

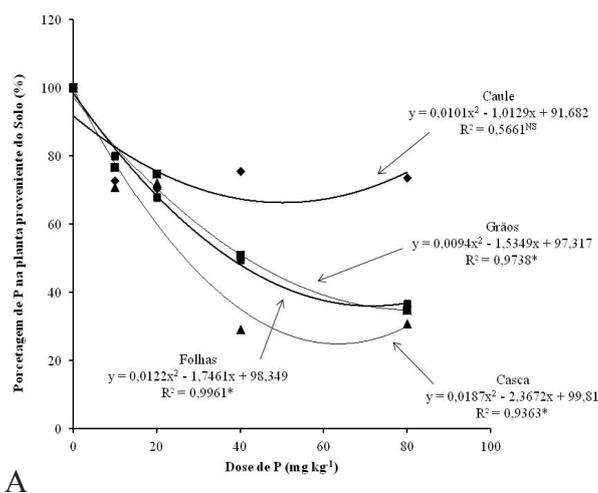
Segundo Malavolta (2004), os teores adequados de P para a cultura da soja são de 2,6 a 5,0 g kg<sup>-1</sup>. Os teores obtidos no caule, folhas e casca estão abaixo da faixa considerada como adequada, mas dentro da faixa adequada quando observados os teores nos grãos, com exceção do último tratamento que apresentou teor superior (Figura 1B). Em experimento conduzido por Rosolem e Tavares (2006), com o objetivo de avaliar os sintomas de deficiência de P em soja em condições de vaso, encontraram teores de P de 1,2 g kg<sup>-1</sup> nas folhas e nos grãos de 4,4 g kg<sup>-1</sup>. A cultura de soja absorve cerca de 7 kg de P para produzir 1 tonelada de grãos (MALAVOLTA, 1978). Apesar da exigência relativamente pequena de P pela cultura da soja, as adubações em sua maioria são elevadas, pelo seu baixo aproveitamento devido à alta fixação desse elemento no solo.

O acúmulo de P na planta, de 85 a 95% do P inorgânico total na planta, ocorre de forma inativa nos vacúolos das

plantas. Os demais 5 a 15% localizam-se no citoplasma, sendo a forma sensível às variações de disponibilidade na planta (NOVAIS; SMYTH, 1999). Segundo Yamada (2000), 70% do P total acumulado pela soja ao longo do ciclo é absorvido entre os estádios de formação de vagens até o enchimento de grãos.

Em relação à %PppS e da %PppF, observou-se que não ocorreu regressão significativa com as doses de P aplicadas. Quando se avaliou o caule, 24 a 29% do P presente foi proveniente do fertilizante (Figura 2A e 2C). Nas folhas de soja, a %PppF aumentou com as doses de P. Nas partes reprodutivas, as doses de 10 e 20 mg dm<sup>-3</sup> não apresentaram diferenças na %PppF, ocorrendo aumentos somente nas últimas doses. Para os grãos, como foram encontrados os maiores teores e acúmulos de P com o aumento das doses de P aplicadas, verificou-se aumento da %PppF em função da doses.

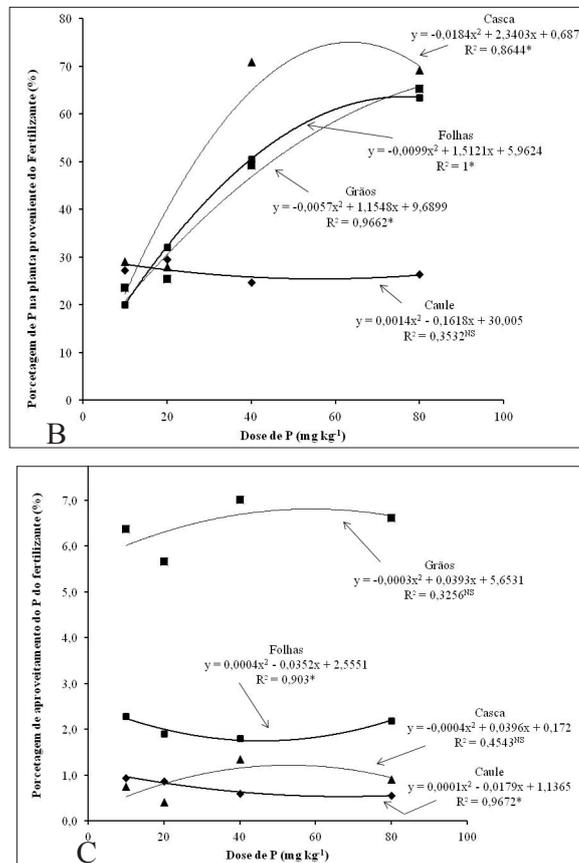
Figura 2 - Porcentagem de P na planta proveniente do solo (A), porcentagem de P na planta proveniente do fertilizante (B) e porcentagem de aproveitamento do P do fertilizante (C) em função das doses de P no solo



(continua...)

Figura 2 - Porcentagem de P na planta proveniente do solo (A), porcentagem de P na planta proveniente do fertilizante (B) e porcentagem de aproveitamento do P do fertilizante (C) em função das doses de P no solo

(conclusão.)



Fonte: Autor (2012).

Nota: Significativo ao nível de 5% de probabilidade. <sup>NS</sup>= Não significativo.

O aproveitamento do P do fertilizante aplicado foi maior nos grãos de soja, de 5,7 a 7,0%, apesar da regressão estatística não ser significativa (Figura 2C). As demais partes da soja apresentaram %ApPfer inferior a 2,3%. Entretanto esses valores estão condicionados aos teores disponíveis no solo, demonstrando a baixa exigência de P pela cultura (OLIVEIRA JR et al., 2010).

Pelo fato do P ser móvel na planta, maiores concentrações encontra-se nas partes aéreas em crescimento, sendo dessa maneira o P absorvido pelas plantas armazenado, de forma geral, em partes comestíveis

das culturas que, conseqüentemente, são exportadas no final do ciclo (STAUFFER; SULEWSKI, 2004). Como se observa na figura 3A e 3B, os maiores teores e acúmulos de P estão nos grãos, independente da dose de P aplicada ao solo, sendo, conforme a figura 2C, de 23 a 65% do P contido nos grãos provenientes do fertilizante. Entretanto, a soja é uma cultura com potencial de apresentar altos rendimentos mesmo em condições de baixa ou nenhuma adubação fosfatada, especialmente quando se tem efeito residual das adubações anteriores, desde que a disponibilidade de P no solo esteja em níveis acima dos considerados

críticos, conforme o tipo de solo e manejo (LANTMANN et al., 1996).

Para atingir a máxima produtividade, no presente experimento, que foi na dose de 80 mg kg<sup>-1</sup>, o P do fertilizante no grão foi de 65%. Extrapolando esse valor para uma tonelada de grãos, corresponderia a 6,4 kg de P, portanto 4,16 kg de P proveniente do superfosfato simples (49,3%). Então, para uma produtividade de 3,5 t ha<sup>-1</sup>, que é o que a maioria dos grandes produtores de soja obtém como mínimo de produtividade pode-se considerar que está sendo exportado 22,4 kg de P. Dose total, que corresponderia a 14,56 kg de P proveniente do fertilizante na forma de superfosfato simples (7,86% de P), ou seja 185 kg deste fertilizante. Claro que se trata de uma extrapolação, de um dado obtido em experimento realizado em vasos, portanto em situação distinta, pode-se ter uma ideia de quanto de P do fertilizante será exportado pelos grãos. Segundo Oliveira Jr. et al. (2010), a exportação média de P pela soja é de 7,3 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por tonelada de grãos ou de aproximadamente 3,25 kg de P por tonelada de grãos.

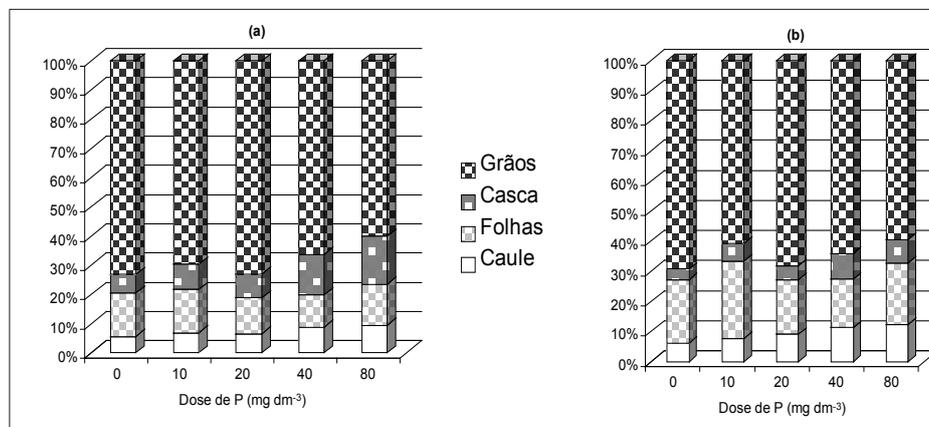
Observando-se os grãos de soja sob o aspecto nutricional (dieta humana), cujo consumo “*in natura*”, que ocorre já há muito tempo em regiões asiáticas e vem cada vez mais crescendo no Brasil, o limite de ingestão de P para homens/mulheres de 19 a 70 anos é de 4 g dia<sup>-1</sup>, podendo o P total no corpo humano representar de 0,65 a 1,1% (SILVA; COZZOLINO, 2005). Sendo o conteúdo de P em soja verde cozida de cerca de 1,5 g kg<sup>-1</sup> (HANDS, 2000), portanto, os

valores encontrados nos grãos de soja no presente trabalho são superiores a esse valor (Figura 1B).

O consumo de soja “*in natura*” na nutrição humana pode representar uma grande fonte de P, dependendo da adubação fosfatada realizada a essa cultura, podendo até causar excesso de P na dieta humana. A absorção total de P pelo organismo em adultos pode variar de 50 a 90% do total ingerido (SILVA; COZZOLINO, 2005). Entretanto, para o consumo humano, a deficiência em P através de dieta é rara, devido ao conteúdo de fosfato nas plantas e animais estar acima das recomendações. Já o excesso de ingestão de P pode causar hiperfosfatemia que resulta em calcificação nos rins, aumento da porosidade dos ossos e redução na absorção de cálcio (SILVA; COZZOLINO, 2005; KOHLMEIER, 2003).

Observando-se os grãos sob os aspectos agronômicos, quando utilizado como semente, o incremento da concentração de P na semente de soja pode propiciar um aumento do potencial de rendimento da planta subsequente (TRIGO et al., 1997). Os autores ainda descrevem que concentrações mais elevadas de P nas sementes proporcionariam maior disponibilidade de energia para as atividades metabólicas da semente, o que ocasionaria num maior crescimento inicial das plântulas e radicular da planta, resultando em aumento da absorção de nutrientes e, conseqüentemente revertido em produtividade. Outro fator preponderante, segundo Thomson et al. (1992), estaria relacionado ao favorecimento da nodulação.

Figura 3 - Distribuição do teor (a) e acúmulo (b) de fósforo na soja



Fonte: Autor (2012).

Tabela 1 – Quantidade de fósforo no resíduo da cultura da soja<sup>(1)</sup>

Dose de P mg dm <sup>-3</sup>	Prod <sup>(2)</sup> kg	P <sup>(3)</sup> g	Pfer <sup>(4)</sup> g	Prod kg	P g	Pfer g	Prod kg	P g	Pfer g	P g	Pfer g
		Caule			Folhas			Casca		Total <sup>(5)</sup>	
0	1176	211	- <sup>(6)</sup>	1490	716	-	597	122	-	1049	-
10	1284	354	96	1983	1168	235	779	264	77	1786	409
20	1470	555	164	1600	1103	355	603	279	78	1936	597
40	1327	886	219	1510	1271	643	641	679	482	2836	1344
80	1332	1336	353	1450	2184	1386	478	837	580	4357	2319

Fonte: Autor (2012).

Nota:<sup>(1)</sup>A quantidade de P no resíduo foi calculada mediante a contribuição da matéria seca produzida por cada parte da cultura, considerando-se a produção de 1 t de grãos; <sup>(2)</sup>Produção: Quantidade de resíduo estimada pela produção de 1 t de grãos; <sup>(3)</sup>P: quantidade de fósforo calculada pelo teor; <sup>(4)</sup>Pfer: quantidade de fósforo estimada pelo teor proveniente do fertilizante; <sup>(5)</sup>Total: somatório da quantidade de fósforo do caule, folhas e casca; <sup>(6)</sup>Não foi realizada aplicação de fósforo ao tratamento.

Na tabela 1, observa-se a estimativa da quantidade de P deixada no campo via resíduos da cultura da soja (caules, folhas e casca), calculado em função dos dados de produção de matéria seca (Figura 1A) e considerando-se a produção de 1 t de grãos. A quantidade de P orgânico deixado no campo pela cultura aumentou com o aumento da dose de P aplicada, tanto na somatória quanto nas partes da cultura. Entre as partes avaliadas, as folhas são as que mais contribuem com P nos resíduos culturais, seguido pelo caule e casca. Dependendo do manejo, especialmente os

que visam manter ou incrementar os níveis de matéria orgânica, podem resultar em benefício no aproveitamento do P depositado no campo na forma de resíduo pela cultura, podendo o P desse resíduo ser absorvido pela próxima cultura (ALMEIDA et al., 2003; CORRÊA et al., 2004). A presença da palhada, especialmente em sistemas de plantio direto, proporciona ambiente menos oxidativo, fazendo com que as reações de fixação sejam minimizadas, promovendo impacto direto na fertilidade do solo (ROSOLEM; COSTA, 2000; CORRÊA et al., 2004).

## Conclusões

O maior acúmulo e teor de fósforo foram observados nos grãos, seguido de casca, folhas e caule.

Do total do P exportado através dos grãos, 23,6 a 65,4% correspondem ao absorvido do fertilizante. Numa cultura de boa produtividade, a exportação do P

proveniente do fertilizante pode ser superior a 110 kg de superfosfato simples.

O fósforo orgânico deixado no solo na forma de resíduo cultural, em função da adubação fosfatada aplicada no cultivo da soja, pode ser uma fonte de fósforo considerável e de matéria orgânica para a manutenção da fertilidade do solo em sistemas intensivos de cultivos.

## Referências

ALMEIDA, J. A.; TORRENT, J.; BARRÓN, V. Cor de solo, formas de fósforo e adsorção de fosfatos em Latossolos desenvolvidos de basalto do extremo sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.6, p.985-1002, 2003.

CORRÊA, J. C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C. A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.12, p.1231-1237, 2004.

FAGERIA, N. K. Resposta do arroz de terras altas, feijão, milho e soja à saturação por base em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.3, p.416-424, 2001.

HANDS, E. S. **Nutrients in food** Lippincott. Baltimore: Williams & Wilkins, 2000. 315p.

IAEA – International Atomic Energy Agency. **Use of isotope and radiation methods in soil and water management and crop nutrition**. Vienna: IAEA, 2001. 255p.

KOHLMEIER, M. **Nutrient metabolism**. San Diego: Elsevier, 2003. 829 p.

LANTMANN, A. F.; ROESSING, A. C.; SPREDO, G. J.; OLIVEIRA, M. C. **Adubação fosfatada e potássica para a sucessão soja-trigo em Latossolo roxo distrófico sob semeadura direta**. Londrina: EMBRAPA Soja, 1996. 44p. (EMBRAPA Soja, Circular Técnica, 15).

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação da soja**. Piracicaba: Ultrafertil, 1978. 40p.

MALAVOLTA, E. O fósforo na planta e interações com outros elementos. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Fósforo na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2004. p.1-12

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de planta**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638p.

NOVAIS, F. R.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

OLIVEIRA JUNIOR, A.; CASTRO, C.; KLEPKER, D.; OLIVEIRA, F.A. Soja. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.). **Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: IPNI, 2010. Cap.1, v.3, p.1-38.

PRADO, R. M. **Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: UNESP, 2008. 407p.

ROSOLEM, C.A.; COSTA, A. Cotton growth and boron distribution in the plant as affected by a temporary deficiency of boron. **Journal Plant Nutrition**, v.23, p.815–825, 2000.

ROSOLEM, C. A.; TAVARES, C. A. Sintomas de deficiência tardia de fósforo em soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.2, p.385-389, 2006.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

SILVA, F. V.; NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B.; ZAGATTO, E. A. G. A polyvalent flow injection system for multielemental spectrophotometric analysis of plant materials. **Analytica Chimica Acta**, Amsterdam, Elsevier, v.370, n.1, p. 39-46, 1998.

SILVA, A. G. H.; COZZOLINO, S. M. F. Fósforo. In: COZZOLINO, S. M. F. (Ed.). **Biodisponibilidade de nutrientes**. Barueri: Manola, 2005. Cap. 21, p.447-458.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 2009. 627p.

STAUFFER, M. D.; SULEWSKI, G. Fósforo – Essencial para a vida In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed.). **Fósforo na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2004. Cap. 1, p.1-12.

THOMSON, B. D.; BELL, R. W.; BOLLAND, M. D. A. Low seed phosphorus concentration depress early growth and nodulation of narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* cv. Gungurru). **Journal of Plant Nutrition**, v.15, n.8, p.1193-1214. 1992.

TRIGO, L. F. N.; PESKE, S. T.; GASTAL, M. F. C.; VAHL, L. C.; TRIGO, M. F. O. Efeito do conteúdo de fósforo na semente de soja sobre o rendimento da planta resultante. **Revista Brasileira de Sementes**, v.19, n.1, p.111-115, 1997.

VILLANUEVA, F. C. A.; MURAOKA, T.; TREVIZAM, A. R.; FRANZINI, V. I.; ROCHA, A. P. Improving phosphorus availability from patos phosphate rock for Eucalyptus: a study with <sup>32</sup>P radiotracer. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.63, n.1, p.65-69, 2006.

YAMADA, T.; LOPES, A. S. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira, In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.;

FURTANI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. Cap. 1, p.143-162.

YAMADA, T. Nutrição e adubação para soja de alta produtividade no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE ROTAÇÃO SOJA/MILHO NO PLANTIO DIRETO, 1., 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Potafos, 2000. 71p. CD-ROM