



Dinâmica do Fósforo na Rizosfera de Braquiária em Função do Teor de Fósforo no Solo⁽¹⁾

Lucas Benes Delai⁽²⁾; Danilo Silva Almeida⁽³⁾; Ciro Antonio Rosolem⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ)

⁽²⁾ Estudante de graduação em Eng. Agrônoma; Faculdade de Ciências Agrônomicas – FCA/UNESP; Botucatu, São Paulo; (lucasbdelai@hotmail.com); ⁽³⁾ Estudante de doutorado em Agronomia/Agricultura; FCA/UNESP; ⁽⁴⁾ Professor Titular do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal; FCA/UNESP.

RESUMO: A disponibilidade do fósforo (P) no solo é limitada e o manejo do solo pode interferir na dinâmica desse nutriente. O objetivo deste trabalho foi avaliar a dinâmica do fósforo na rizosfera de braquiária em função da concentração desse nutriente no solo. O experimento foi realizado em casa de vegetação, no Departamento de Produção Vegetal da UNESP, campus de Botucatu. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos e nove repetições. Os tratamentos foram compostos por solo com residual de adubações fosfatadas em cultivos de soja e solo não adubado com P. Foram cultivadas plantas de braquiária ruziziensis [*Urochloa ruziziensis* (R. Germ. & C.M. Evrard) Morrone & Zuloaga (syn. *Brachiaria ruziziensis*)] em recipientes que separam o sistema radicular do solo por meio de uma tela de nylon. Após 30 dias de cultivo, foi realizada amostragem do solo nas seguintes distâncias das raízes: 0-0,5; 0,5-1; 1-1,5; 1,5-2; 2-2,5; 2,5-3,5; 4,5-5,5; e 6,5-7,5 mm. O fracionamento do P foi feito a fim de identificar as alterações de concentração das formas de P no solo. Observou-se que há redução da fração menos disponível para as plantas em ambos os tratamentos, mas menor consumo das frações lábeis no tratamento sem adubação fosfatada. Apesar de que houve redução do P residual no solo, não há mecanismos suficientes para manter adequada nutrição de P pela braquiária quando o teor inicial de P é baixo.

Termos de indexação: Biodisponibilidade de fósforo, Fracionamento do fósforo, Rizosfera.

INTRODUÇÃO

O fato de algumas plantas desenvolverem a capacidade de se adaptar em solos com baixo teor de fósforo disponível dá-se às diversas adaptações morfológicas e fisiológicas, dentre elas, destaca-se: formação de raízes finas e longas, aumento na exsudação de ácidos orgânicos, e aumento na produção de fosfatases. (Wang et al., 2010). Espécies de braquiária têm sido muito utilizadas por possuírem uma elevada adaptação aos solos ácidos

e pobres em P. Nahas (2002), verificou que a braquiária ruziziensis, esteve associada a maiores quantidades de microorganismos produtores de fosfatase ácida e alcalina no solo, podendo promover maior solubilização do P. De acordo com Almeida (2014), o cultivo de braquiária ruziziensis na entressafra de soja resulta em maior concentração de formas lábeis e moderadamente lábeis de P, e reduz o teor de frações pouco lábeis de P no solo.

Para realizar o fracionamento de P no solo, uma das técnicas mais usadas é a de Hedley et al. (1982), com modificações propostas por Condon & Goh (1989). As formas de P extraídas por resina trocadora de ânions (RTA) e por bicarbonato de sódio (NaHCO_3) são consideradas formas lábeis, de maior disponibilidade às plantas; as formas extraídas com hidróxido de sódio (NaOH) $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ são formas moderadamente lábeis; e as frações de P extraídas por NaOH $0,5 \text{ mol L}^{-1}$, ácido clorídrico (HCl) $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ e a fração residual, formas não-lábeis. As frações extraídas com RTA e NaHCO_3 correspondem ao P solúvel da fase sólida em equilíbrio com o P da solução do solo. A fração extraída com NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ representa o P moderadamente lábil, adsorvido à superfície de óxidos de ferro (Fe), alumínio (Al), e à caulinita. A fração extraída por HCl $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ refere-se ao P ligado ao cálcio (Ca). O NaOH $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ extrai o P quimiossorvido e protegido nos microagregados, e o P residual corresponde às frações fortemente adsorvidas ou fixadas, e, portanto, menos disponíveis (Hedley et al., 1982).

Para o estudo da dinâmica de nutrientes promovido pelas interações entre plantas e solo em um nível mais íntimo destas interações, têm sido feitas análises de solo da rizosfera. Uma forma de avaliar alterações químicas na rizosfera é por meio de separação das raízes do solo por uma tela entre eles, e com o posterior fatiamento do solo em finas camadas, desta forma é possível revelar um gradiente químico formado na rizosfera com uma extensão de poucos milímetros (Chen et al., 2002).

O objetivo deste trabalho foi de avaliar a dinâmica do fósforo na rizosfera de braquiária em função do resíduo de adubações fosfatadas.



MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação no Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP/FCA, Botucatu, SP. O delineamento adotado foi inteiramente casualizado com dois tratamentos e nove repetições. Os tratamentos foram constituídos por solo com efeito residual da adubação fosfatada e solo não adubado com fertilizantes fosfatados. As amostras foram coletadas na profundidade de 0-10 cm em parcelas mantidas em pousio durante a entressafra em um experimento de longa duração que estuda a ciclagem e disponibilização de fósforo pelo uso de braquiária ruziziensis [*Urochloa ruziziensis* (R. Germ. & C.M. Evrard) Morrone & Zuloaga (syn. *Brachiaria ruziziensis*)] na entressafra da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. No tratamento que recebeu fertilizantes fosfatados, as adubações feitas nos últimos 12 anos de cultivo de soja foram feitas com superfosfato triplo na dose de 60 kg de P_2O_5 ha⁻¹ na linha de semeadura da soja, e também foram realizadas cinco aplicações de SFT à lanço, cada uma com a dose de 80 kg de P_2O_5 ha⁻¹. As amostras foram secas e peneiradas em peneira de malha de 2 mm.

A estrutura desenvolvida para a formação do tapete de raízes e separação deste do solo consiste em dois recipientes, separados por uma tela de nylon. Um aparato semelhante já foi descrito e avaliado por Chen et al., (2002). O compartimento superior possui 7 cm de altura e 10 cm de diâmetro, foi preenchido com areia e abrigou o tapete de raízes formadas pelas plantas de braquiária sobre uma tela de nylon que delimita os compartimentos, impedindo a transposição das raízes para o solo contido imediatamente abaixo, no compartimento inferior. Foram cultivadas nove plantas de braquiária em cada um desses recipientes durante 30 dias. O compartimento inferior possui 10 cm de altura e 10 cm de diâmetro, foi preenchido com uma amostra de solo de acordo com cada tratamento, e foi fechado com uma tela de tecido na extremidade inferior para evitar a perda de solo e permitir a ascensão da água por capilaridade.

A areia utilizada foi lavada com água corrente para retirada de impurezas grosseiras e, em seguida, foi lavada com HCl na concentração 0,1 mol L⁻¹. Foi fornecida água deionizada no fundo das bandejas que alocam os PGCs, favorecendo a ascensão da água e nutrientes por capilaridade. A cada sete dias foi fornecido solução nutritiva de Hoagland com ausência de P, substituindo-se o fosfato monopotássico (KH₂PO₄) pelo cloreto de potássio (KCl).

Aos 30 dias após a semeadura, o compartimento superior e a tela de nylon que separa os compartimentos foram retirados cuidadosamente, sem perturbar o solo do compartimento inferior. O solo do compartimento inferior foi fatiado em camadas finas, nas profundidades de 0-0,5; 0,5-1; 1-1,5; 1,5-2; 2-2,5; 2,5-3,5; 4,5-5,5; 6,5-7,5 mm. Utilizou-se um amostrador de solo já desenvolvido apenas para retirar pequenas fatias do solo contido nos PGCs. Amostras iniciais e amostras coletadas no fatiamento do solo foram submetidas a análises de pH e fracionamento do P.

Foi determinado o pH em cloreto de cálcio (CaCl₂) de acordo com o método descrito por Raij et al. (2001). Foi feito o fracionamento do fósforo do solo de acordo com metodologia determinada por Hedley et al. (1982) com algumas modificações propostas por Condron & Goh (1989), para extrair as seguintes formas de P: P extraído pela RTA (P_{RTA}), P lábil extraído por NaHCO₃ (P_{NaHCO3}), P quimiossorvido a óxidos de ferro e alumínio extraído com NaOH 0,1 mol L⁻¹ (P_{NaOH 0,1}), P contido nos fosfatos de cálcio extraído por HCl (P_{HCl}), P protegido química e fisicamente em intra-agregados extraído por NaOH 0,5 mol L⁻¹ (P_{NaOH 0,5}), e P residual utilizando a técnica descrita por Olsen & Sommers (1982), extraído com digestão nitro-perclórica (P_{Residual}).

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, teste F. As médias de cada profundidade foram comparadas com a média do controle de cada tratamento pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observado um aumento no pH até a camada de 1,5-2,0 mm no tratamento com P, enquanto que no tratamento sem P o aumento foi restrito até a camada de 0,5-1,0 mm (**Figura 1**). Provavelmente, a maior relação de nitrogênio na forma de nitrato na solução nutritiva foi o fator responsável pela elevação do pH. De acordo com Gahoonia et al. (1992), a aplicação de nitrato ou amônia no solo é responsável pela alteração no pH da rizosfera, e afeta a mobilização de formas de P, principalmente as formas de P associadas ao Fe, Al, e ao Ca. No presente estudo, é possível notar que o P_{HCl} foi maior após o cultivo em ambos os tratamentos, sendo ainda mais pronunciada nas camadas mais próximas de raiz no tratamento com P (**Figura 2d**), cuja elevação de pH teve maior amplitude.

Apesar de que houve uma redução do P_{RTA} no tratamento sem P (**Figura 2a**), o P_{NaHCO3} também



tido como lábil não foi alterado nesse tratamento. Já o tratamento com P apresentou uma grande redução do P_{NaHCO_3} em todas as camadas (**Figura 2b**), indicando que essa fração deve ter alta mobilidade no solo. A redução do P_{NaHCO_3} pode ter sido responsável por manter a fração P_{RTA} acima do tratamento controle em algumas camadas, quando houve adubação fosfatada.

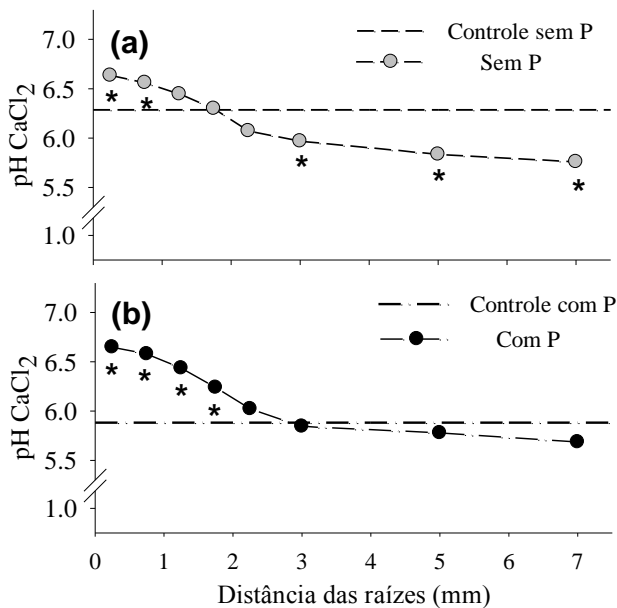


Figura 1 – Valores médios de pH em diferentes camadas distantes das raízes de braquiária ruziziensis, 0-0,5; 0,5-1; 1-1,5; 1,5-2; 2-2,5; 2,5-3,5; 4,5-5,5; 6,5-7,5 mm, em solo sem adubação fosfatada (a) e com adubação (b). * indica diferença ao nível de 5% no teste de Dunnett, entre o tratamento e o controle para cada camada.

Houve redução do teor de $P_{NaOH\ 0,1}$ até a camada de 1-1,5 mm no tratamento sem P, enquanto que no tratamento com P a redução ocorreu até 0,5 mm de distância da raiz (**Figura 2c**), demonstrando que o teor de P ligado ao Fe e Al pode ser reduzido pela braquiária, principalmente quando não há maior disponibilidade de P.

O teor de P ocluído ($P_{NaOH\ 0,5}$) foi elevado em todas as camadas avaliadas no solo sem adubação de P, e manteve-se no mesmo teor quando houve adubação de P (**Figura 2e**). Uma hipótese para o acúmulo de P ocluído no tratamento sem P é de que o menor consumo das frações mais lábeis limita a transformação do P ocluído para manter o equilíbrio com as formas mais lábeis, resultando em acúmulo do P ocluído. Apesar disso, em ambos os tratamentos, houve redução do $P_{Residual}$, sendo que no tratamento com P a redução foi observada em todas as camadas (**Figura 2f**), possivelmente pela

mesma necessidade de manter equilíbrio com as frações mais lábeis. É interessante observar que mesmo a fração considerada menos disponíveis ($P_{Residual}$) para as plantas foi reduzida na rizosfera da braquiária, e até 7 mm de distância das raízes, sendo esse um indicativo que a braquiária ruziziensis possui grandes mecanismos para aquisição de P no solo.

CONCLUSÕES

Independente do efeito residual de adubações fosfatadas, a braquiária ruziziensis é capaz de reduzir o P residual no solo.

No entanto, não há mecanismos suficientes para manter adequada nutrição de P pela braquiária ruziziensis quando o teor inicial de P é baixo, evidenciado pelo menor consumo das frações lábeis e acúmulo de P ocluído.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pela concessão de bolsa de estudo ao primeiro autor do trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. S. Disponibilidade de fósforo em solo cultivado com braquiária em rotação com soja. 2014. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.
- CHEN, C. R. et al. Phosphorus dynamics in the rhizosphere of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and radiata pine (*Pinus radiata* D. Don.). *Soil Biology and Biochemistry*, 34:487-499, 2002.
- CONDON, L. M. & GOH, K. M. Effects of long-term phosphatic fertilizer applications on amounts and forms of phosphorus in soils under irrigated pasture in New Zealand. *Journal of Soil Science*, 40:383-395, 1989.
- CROSS, A. F. & SCHLESINGER, W. H. A literature review and evaluation of the Hedley fractionation: applications to the biogeochemical cycle of soil phosphorus in natural ecosystems. *Geoderma*, 64:197-214, 1995.
- HEDLEY, M. J. et al. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. *Soil Science Society of America Journal*, 46: 970-976, 1982.
- NAHAS, E. Microrganismos do solo produtores de fosfatases em diferentes sistemas agrícolas. *Bragantia*, 61:267-275, 2002.

OLSEN, S. R. & SOMMERS, L. E. Phosphorus. In: PAGE, A. L. & MILLER, R. H., eds. Methods of Soil Analysis. 2. ed. Madison: ASA and SSSA, 1982. p. 403-430.

RAIJ, B. V. et al. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.

WANG, X. R. et al. Genetic improvement for phosphorus efficiency in soybean: a radical approach. Annals of Botany, 106: 215-222, 2010.

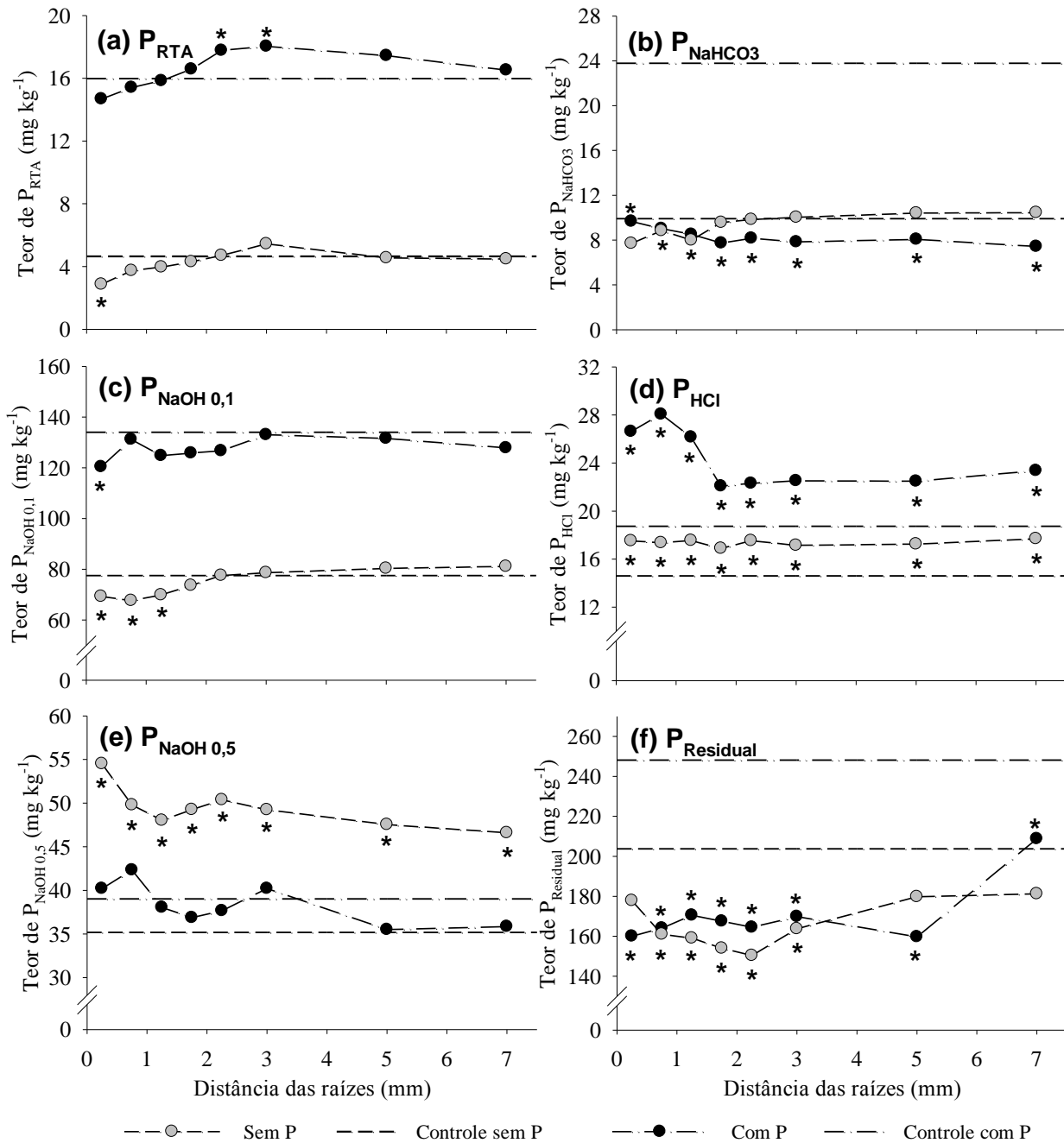


Figura 2 – Teores médios de P extraídos com RTA (a), NaHCO₃ (b), NaOH 0,1 (c), HCl (d), NaOH 0,5 (e), e P residual (f) extraído com digestão nitroperclórica, em diferentes camadas distantes das raízes de braquiária ruziziensis, 0-0,5; 0,5-1; 1-1,5; 1,5-2; 2-2,5; 2,5-3,5; 4,5-5,5; 6,5-7,5 mm. * indica diferença ao nível de 5% no teste de Dunnett, entre o tratamento e o controle para cada camada.