



NOTA CIENTÍFICA

Daniel João Dall'Orsoletta^{1*}
Luciano Colpo Gatiboni^{1,2}
Djalma Eugênio Schmitt¹
Gustavo Brunetto³

Contribuição direta do fósforo microbiano do solo na nutrição de plantas de trigo

Direct contribution of microbial soil phosphorus to wheat plant nutrition

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV, Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo – PPGCS, Av. Luís de Camões, 2090, Conta Dinheiro, 88520-000, Lages, SC, Brasil

² Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV, Departamento de Solos e Recursos Naturais, Av. Luís de Camões, 2090, Conta Dinheiro, 88520-000, Lages, SC, Brasil

³ Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Departamento de Solos, Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo – PPGCS, Av. Roraima, 1000, Camobi, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil

*Autor Correspondente:

E-mail: dani.orsoletta@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE

Biomassa microbiana do solo
Biocida
Nutrição mineral
Triticum aestivum

KEYWORDS

Soil microbial biomass
Biocide
Mineral nutrition
Triticum aestivum

RESUMO: O fósforo (P) contido na biomassa microbiana do solo (P_m) é considerado um compartimento de P-Lábil, contudo escassas são as informações sobre a contribuição direta deste à nutrição de plantas. O trabalho objetivou avaliar a contribuição direta do P_m para a nutrição de plantas de trigo. Um Nitossolo Bruno com baixo teor de P foi coletado na profundidade de 0,00 a 0,20 m e preparado, e parte do solo foi submetida à aplicação de biocida (mistura de fungicidas e bactericidas). Assim, os tratamentos consistiram de sem e com aplicação de biocida e quatro épocas de coleta (0, um, três e sete dias após a aplicação dos tratamentos). O P_m não foi influenciado pela aplicação de biocida, variando de 8,7 a 49,4 mg kg⁻¹ na média dos tratamentos em função do tempo. O maior acúmulo de P pelas plantas de trigo submetidas à aplicação de biocida, principalmente aos sete dias após a coleta, não pode ser atribuído ao P_m.

ABSTRACT: Phosphorus (P) content in soil microbial biomass (P_m) is considered a P-labile compartment, however little is known about its direct contribution to plant nutrition. The objective of this study was to evaluate the direct contribution of P_m to wheat plant nutrition. Nitosol Bruno with low P was collected and prepared, and biocide (mixture of fungicides and bactericides) was applied to part of the soil. Thus, the treatments took place with and without biocide application, and with four collection periods (0, 1, 3 and 7 days after application of treatments). P_m was not influenced by the application of biocide, which ranged from 8.7 to 49.4 mg kg⁻¹, in average treatments, depending on duration. The greatest accumulation of P by wheat plants subjected to application of biocide from the seven day collection period cannot be attributed to P_m.

1 Introdução

O fósforo contido na biomassa microbiana do solo (Pm) pode contribuir para a nutrição de plantas, representando um importante compartimento de fósforo (P), principalmente em solos intemperizados e sem adição do nutriente (Heuck et al., 2015). A biomassa microbiana do solo (BMS) compete com as plantas e com o solo pelo fosfato adicionado, sendo que, em sistemas com baixa disponibilidade de P e de resíduos vegetais, é um intenso competidor pelo fosfato em solução, imobilizando-o (Heuck et al., 2015). Sendo assim, a BMS passa a ser um dreno de P, mas também pode ser fonte ao liberá-lo na solução do solo após a lise celular (Turner et al., 2013). Ova et al. (2015), trabalhando com trigo, encontraram forte dependência do suprimento de nutrientes para as plantas pela atividade microbiana. Apesar de inúmeros relatos sobre a importância da BMS para a dinâmica do P no solo, são escassos os resultados de pesquisas sobre a real contribuição para o suprimento das plantas cultivadas. A hipótese do presente trabalho é de que, com a morte da BMS, haja aumento nos teores de P disponível e de P acumulado nas raízes e parte aérea de trigo. Sendo assim, objetivou-se avaliar a contribuição direta do Pm para a nutrição de plantas de trigo.

2 Material e Métodos

O experimento foi realizado no laboratório de Química e Fertilidade do Solo do Centro de Ciências Agroveterinária da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC – CAV) no município de Lages, SC. O experimento foi conduzido em ambiente controlado (Fitotron) durante 52 dias, entre novembro de 2014 e janeiro de 2015. A camada de 0-20 cm de um solo Nitossolo Bruno (EMBRAPA, 2013) foi coletada. O solo possuía as seguintes características químicas, analisadas pelos métodos descritos por Tedesco et al. (1995): $pH_{\text{água}}$ 4,5, índice SMP 5,1, P e K disponíveis 1,2 e 78,2 $mg\ dm^{-3}$, respectivamente; saturação por bases de 18%; H+Al, Al, Ca e Mg trocáveis de 12,7, 2,5, 1,0 e 1,6 $cmol_c\ dm^{-3}$, respectivamente; capacidade de troca de cátions (CTC) 15,5 $cmol_c\ dm^{-3}$; matéria orgânica 58 $g\ kg^{-1}$, argila 578 $g\ kg^{-1}$ e Pm 20,4 $mg\ kg^{-1}$ (Brookes et al., 1985). Antes da implantação do experimento, o solo foi passado em peneira com malha de cinco mm e incubado com calcário dolomítico (Filler) por 30 dias, para elevar o $pH_{\text{água}}$ a 5,5. Durante a incubação, a capacidade de campo foi mantida a 80% através de pesagens e, quando necessário, adição de água destilada. Doses correspondentes a 110 $kg\ ha^{-1}$ de N e 96 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O na forma de ureia e cloreto de potássio, respectivamente, foram incorporadas ao solo no dia da semeadura para atender a uma expectativa de rendimento de grãos de 5 $Mg\ ha^{-1}$ (CQFS – RS/SC, 2004). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco repetições em esquema fatorial 2x4, sendo dois tratamentos: com e sem aplicação de biocida para eliminar a microbiota, e quatro épocas de coleta de solo e plantas (0, 1, 3 e 7 dias após a aplicação dos tratamentos).

Utilizou-se trigo cultivar Quartzo® como planta teste. Foram semeadas 20 sementes por vaso e, aos 15 dias após a emergência das plantas (DAE), foram desbastadas dez plantas. A partir da semeadura até o início do perfilhamento (30 DAE), a

temperatura foi de 17,5 °C e umidade relativa de 70%; 22,5 °C de temperatura e 70% de umidade relativa dos 31 aos 52 DAE.

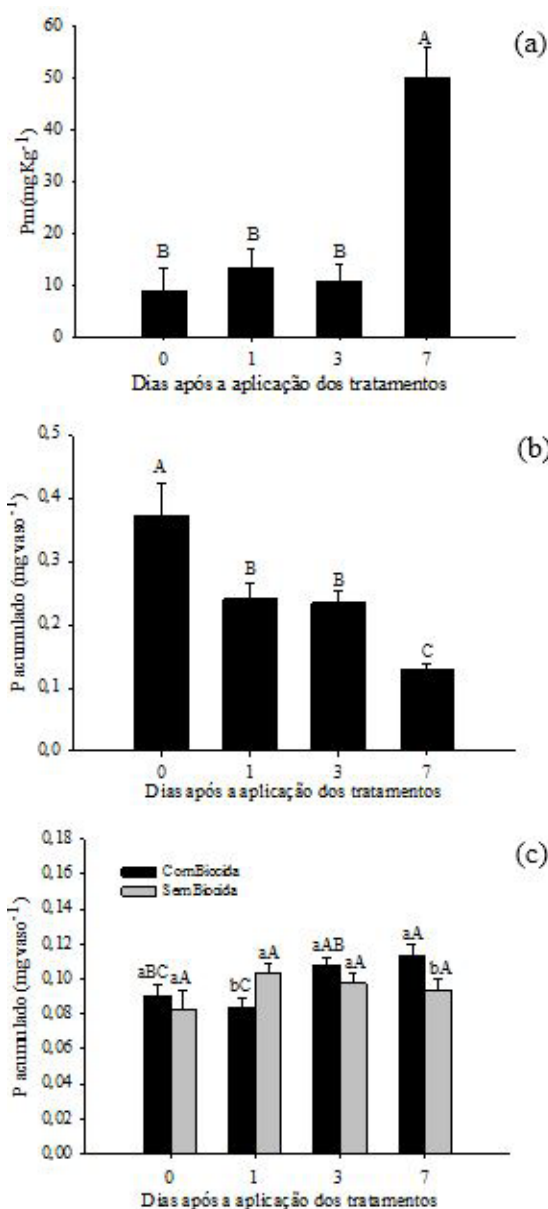
Para a morte da microbiota, foi utilizada uma mistura de fungicidas e bactericidas de ação sistêmica e de contato aplicada aos 45 DAE via solo, tendo a concentração de 0,3 $g\ L^{-1}$ de Carbendazim, 0,7 $g\ L^{-1}$ de Tiram, 0,7 $g\ L^{-1}$ de Tiofanato Metílico, 0,105 $g\ L^{-1}$ de Fluozinam, 0,05 $g\ L^{-1}$ de Fludioxonil e 0,02 $g\ L^{-1}$ de Metalaxyl-M. Estes foram escolhidos por agirem em grande diversidade de microrganismos compreendendo famílias de ocorrência comum no solo, sem prejudicar o desenvolvimento das plantas. Antecedendo a aplicação do biocida, o solo foi umedecido até a capacidade de campo, em seguida foi aplicado 0,5 L de biocida por vaso até o ponto de saturação, para que todo o solo ficasse em contato com a mistura; no tratamento sem a aplicação de biocida, o solo foi saturado com água destilada.

Aos 0, 1, 3 e 7 dias após a aplicação do biocida, as plantas foram coletadas e a massa fresca (MF) foi separada em raiz e parte aérea. O tecido foi seco em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, determinada a matéria seca (MS), moída e submetida à análise de P total (Tedesco et al., 1995). A partir dos dados de MS e de P total foram calculadas as quantidades de P acumulado pela parte aérea e raízes das plantas. Amostras de solo ainda úmidas foram coletadas e acondicionadas em sacos plásticos, foram pesados 2 g de solo, em base seca, para análise de Pm, realizada no mesmo dia da coleta. O solo restante foi seco em estufa a 65 °C até peso constante para as análises de P disponível. Analisou-se o conteúdo de Pm pela metodologia descrita por Brookes et al. (1985) e P disponível extraído por resina trocadora de ânions (P-RTA). Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância e, quando significativos ($P < 0,10$), foram comparados pelo teste Tukey ($P < 0,10$). Utilizou-se o *software* SAS (SAS Institute Inc., 2003) para análise estatística.

3 Resultados e Discussão

A aplicação de biocida no solo não alterou as médias de Pm, mas foram observadas diferenças entre os tempos de coleta (Figura 1a). A não detecção de resposta à aplicação do biocida se deve, provavelmente, à grande variabilidade observada entre repetições ($CV = 32,62$). E também a possibilidade de o biocida ter efeito bacteriostático e/ou fungistático, ficando o P retido no interior das células microbianas que não sofreram lise. Outro fator importante é que as três primeiras coletas foram realizadas com o solo próximo à saturação de água, o que dificultou a coleta e respectiva análise do Pm, bem como pode ter afetado a população de organismos aeróbicos do solo. No sétimo dia após a aplicação dos tratamentos, o teor de Pm foi superior àqueles observados aos 0, 1 e 3 dias, os quais não diferiram entre si. Isso ocorreu provavelmente pela melhor aeração do solo aos sete dias, estimulando a BMS, a qual é predominantemente aeróbica (Jost et al., 2015)

A saturação do solo é responsável por uma série de alterações químicas, entre elas a autocalagem e a redução do Fe^{+3} a Fe^{+2} , fator que eleva o pH e aumenta a disponibilidade de P, por causa da sua liberação de óxidos de Fe e Al (Prado et al., 2011), efeito observado até a faixa de pH 5,5, após o qual a precipitação de P com formas de Ca reduzem sua disponibilidade. No sétimo



Letras iguais, minúsculas no mesmo dia de coleta e maiúsculas em dias de coleta distintos, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,10$). As barras representam o erro padrão das observações.

Figura 1. Variação temporal do P microbiano do solo (Pm) (a), P acumulado pela parte aérea de plantas de trigo (b) e P acumulado nas raízes de plantas de trigo cultivadas em solo submetido à aplicação ou não de biocida (c), em quatro épocas de amostragem.

Figure 1. Temporal variation of soil microbial P (Pm) (a), P accumulated by aerial part of wheat plants (b) and P accumulated in the roots of wheat plants grown in soil submitted to application or not of biocide (c), in four seasons of sampling.

dia após a aplicação dos tratamentos, o solo se encontrava com melhor aeração o que, provavelmente, estimulou a BMS a imobilizar o P disponível, aumentando o teor de Pm e reduzindo o P-RTA nesta época, comparativamente aos 3 dias (Tabela 1). Corroborando com Mariotto et al. (2014), os quais, trabalhando com doses de dejetos líquidos de suínos aplicadas em milho sob

Tabela 1. Teores de fósforo extraído por resina trocadora de ânions (Pres) em solo submetido à aplicação ou não de biocida, em quatro tempos após a aplicação dos tratamentos.

Table 1. phosphorus extracted by anion exchange resin (attached) in soil under the application or not of biocide in four times after the treatments.

DAA	Biocida		Média
	Com	Sem	
	----- Pres (mg kg ⁻¹) -----		
0	1,42	1,32	1,37 AB
1	1,26	1,22	1,24 AB
3	1,50	1,29	1,40 A
7	1,33	1,12	1,22 B
Média	1,38 A	1,24 B	
CV	10,31%		

DAA: Dias após a aplicação dos tratamentos; CV: Coeficiente de variação; Letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ($P > 0,10$).

Latossolo vermelho, concluíram que a redução dos teores de P-RTA está relacionada à absorção pela cultura, adsorção aos colóides e aumento do Pm. O P-RTA variou durante o tempo sendo superior nos tratamentos com aplicação de biocida, contudo esse aumento não pode ser atribuído ao Pm, visto que este não variou entre tratamentos.

O P acumulado pelas plantas na parte aérea aumentou no decorrer do tempo (Figura 1c). Aos sete dias, o P acumulado na parte aérea foi superior nas plantas cultivadas no solo com aplicação de biocida em relação àquelas sem aplicação. O P acumulado na parte aérea das plantas cultivadas no solo sem aplicação de biocida não diferiu ao longo do tempo.

A imobilização de P pela BMS aos sete dias pode ter contribuído para reduzir a disponibilidade de P às plantas, que apresentaram redução no acúmulo de P nas raízes com o passar do tempo (Figura 1b). Esta redução pode ser atribuída também à translocação de P da raiz para a parte aérea, visto que a planta possui mecanismos que atuam na regulação dos teores de P na parte aérea para manutenção do aparato fotossintético (Silva et al., 2008) e a senescência de raízes, por causa do alagamento do solo e redução da aeração (Hayashi et al., 2013). No entanto, maiores evidências do efeito da morte da biomassa microbiana no fornecimento de P para as plantas são prejudicadas em função do compartimento P da BMS ser pequeno em relação aos demais compartimentos e pela variabilidade deste tipo de análise.

4 Conclusões

Não há, nas condições avaliadas, contribuição direta do fósforo microbiano para a nutrição de plantas de trigo.

A aplicação de biocida não reduz o fósforo contido na biomassa microbiana, porém aumenta os teores de fósforo disponível extraído por resina trocadora de ânions e a absorção de fósforo por plantas de trigo.

Referências

BROOKES, P. C.; LANDMAN, A.; PRUDEN, G.; JENKINSON, D. S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in

soil. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 17, p. 837-842, 1985. [http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717\(85\)90144-0](http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717(85)90144-0).

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS – RS/SC. *Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. 10. ed. Porto Alegre: SBCS-Núcleo Regional Sul, 2004. 400 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

HAYASHI, T.; YOSHIDA, T.; FUJII, K.; MITSUYA, S.; TSUJI, T.; OKADA, Y.; HAYASHI, E.; YAMAUCHI, A. Maintained root length density contributes to the waterlogging tolerance in common wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crops Research*, v. 152, p. 27-35, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2013.03.020>.

HEUCK, C.; WEIG, A.; SPOHN, M. Soil microbial biomass C:N:P stoichiometry and microbial use of organic phosphorus. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 85, p. 119-129, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.02.029>.

JOST, D.; HABERER, C. M.; GRATHWOHL, P.; WINTER, J.; GALLERT, C. Oxygen transfer in a fluctuating capillary fringe: impact of microbial respiratory activity. *Vadose Zone Journal*, v. 14, n. 5, 2015. <http://dx.doi.org/10.2136/vzj2014.04.0039>.

MARIOTTO, J. R.; KLAUBERG, O. F.; CARDOSO, I. C. M.; NEVES, A. N.; MIQUELLUTI, D. J. Fósforo microbiano e extraível em Latossolo com adição de dejetos suínos sob plantio direto de milho. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v. 13, p. 64-75, 2014.

OVA, E. A.; KUTMAN, U. B.; OZTURK, L.; CAKMAK, I. High phosphorus supply reduced zinc concentration of wheat in native soil but not in autoclaved soil or nutrient solution. *Plant and Soil*, v. 393, p. 147-162, 2015. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-015-2483-8>.

PRADO, G. R.; SILVA, L. S.; PROCHNOW, L. I.; GRIEBELER, G.; POCOJESKI, E.; MORO, V. J. Comportamento de superfosfato simples contendo fosfato de ferro de baixa solubilidade em água em solos de várzea do rio grande do sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, p. 907-916, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000300013>.

SAS Institute Inc. *SAS/STAT® 9.2. User's guide*. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2008.

SILVA, A. A.; ARNS, I.; LIMA, C. V. S.; SCHNEIDER, A. B.; DELATORRE, C. A. Diferenciação de genótipos de trigo quanto à tolerância à deficiência de fósforo, em solução hidropônica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p. 1949-1958, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000500016>.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEIS, S. J. *Análises de solo, planta e outros materiais*. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p.

TURNER, B. L.; LAMBERS, H.; CONDRON, L. M.; CRAMER, M. D.; LEAKE, J. R.; RICHARDSON, A. E.; SMITH, S. E. Soil microbial biomass and the fate of phosphorus during long-term ecosystem development. *Plant and Soil*, v. 367, p. 225-234, 2013. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-012-1493-z>.

Contribuição dos autores: Daniel João Dall'Orsoletta: Condução do experimento e escrita científica; Luciano Colpo Gatiboni: Auxílio na escrita e correção da versão final; Djalma Eugênio Schmitt: Auxílio na análise estatística, escrita e interpretação dos resultados; Gustavo Brunetto: Revisão do manuscrito e contribuição na interpretação dos resultados.

Fonte de financiamento: Departamento de Solos e Recursos Naturais da Universidade do Estado de Santa Catarina.

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.