

Respostas da cultura do rabanete à inoculação de fungos solubilizadores de fosfatos⁽¹⁾

Charles Narloch⁽²⁾, Vetúria Lopes de Oliveira⁽³⁾, Jonas Ternes dos Anjos⁽⁴⁾
e Germano Nunes Silva Filho⁽³⁾

Resumo – O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito dos fungos solubilizadores de fosfatos MSF-044, MSF-062 (*Penicillium* sp.) e MSF-087 (*Aspergillus* sp.) e da aplicação de fosfato solúvel $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$, nas doses de 0,0, 4,5, 9,0, 17,5, 35,0, 70,0 e 140,0 mg kg⁻¹ de P, na produção de matéria seca e na absorção de fósforo pela cultura do rabanete. O experimento foi realizado em solo não-estéril, em casa de vegetação. Os isolados diferiram quanto à capacidade de promover a produção de matéria seca, dependendo da dose de P aplicada. Os isolados MSF-044 e MSF-062 foram mais eficientes sob baixas doses (4,5 a 17,5 mg kg⁻¹ de P), enquanto o isolado MSF-087 proporcionou maior produção de matéria seca somente na dose mais alta (140,0 mg kg⁻¹ de P). Plantas submetidas à inoculação do isolado MSF-062 (*Penicillium* sp.) e com 17,5 mg kg⁻¹ de P apresentaram produção de matéria seca equivalente às obtidas por plantas com até 70,0 mg de P por kg de solo, sem inoculação. A quantidade total de P absorvida pelas plantas não foi influenciada pela inoculação, no solo, dos isolados testados.

Termos para indexação: *Raphanus sativus*, fósforo, solubilização, *Aspergillus*, *Penicillium*.

Responses of radish culture to phosphate-solubilizing fungi

Abstract – The objective of this work was to study the effect of phosphate-solubilizing fungi MSF-044, MSF-062 (*Penicillium* sp.) and MSF-087 (*Aspergillus* sp.) and soluble phosphate $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ at 0.0, 4.5, 9.0, 17.5, 35.0, 70.0 and 140.0 mg kg⁻¹ P on dry matter production and P uptake of radish, in non-sterilized soil, under green house conditions. Isolates differed in their capacity to stimulate dry matter production of plants, depending upon the P level. Isolates MSF-044 and MSF-062 were more efficient under low P (4.5 to 17.5 mg kg⁻¹ P), while the isolate MSF-087 only stimulated dry matter production in the highest P level (140.0 mg kg⁻¹ P). Plants inoculated with the isolate MSF-062, at 17.5 mg kg⁻¹ P, presented no differences in dry matter compared to non-inoculated plants, with 70.0 mg kg⁻¹ P. Phosphorus uptake by inoculated plants did not differ between treatments.

Index terms: *Raphanus sativus*, phosphorus, solubilization, *Aspergillus*, *Penicillium*.

Introdução

A maioria dos solos brasileiros apresenta altos teores de P total, mas a maior parte se encontra sob formas pouco solúveis, indisponíveis para os vegetais. A aplicação de fertilizantes fosfatados tem sido

utilizada para suprir a deficiência de P do solo, porém uma parte considerável é convertida a compostos insolúveis de Fe e de Al, em solos ácidos, ou de Ca, em solos com reação neutra a alcalina (Raij, 1991).

Vários grupos de microrganismos apresentam capacidade de solubilizar fosfatos de rocha existentes ou adicionados no solo (Rodríguez & Fraga, 1999; Whitelaw, 2000). Alguns microrganismos do solo ou da rizosfera podem, também, atuar sobre os fosfatos de baixa solubilidade formados após a aplicação de fosfatos solúveis, otimizando a eficiência da utilização do P (Chabot et al., 1996). A ação solubilizadora tem sido associada principalmente à produção de ácidos orgânicos (Sperber, 1958; Cunningham & Kuiack, 1992; Bolan et al., 1994). A inoculação de microrganismos solubilizadores de fosfatos (MSF),

⁽¹⁾ Aceito para publicação em 19 de julho de 2001.

⁽²⁾ Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Dep. de Microbiologia e Parasitologia (CCB), Caixa Postal 476, CEP 88040-900 Florianópolis, SC. Bolsista da Capes. E-mail: charles@narloch.com

⁽³⁾ UFSC-CCB, Dep. de Microbiologia e Parasitologia. E-mail: veturia@mbox1.ufsc.br, germano@ccb.ufsc.br

⁽⁴⁾ Universidade Regional de Blumenau, Dep. de Engenharia Florestal, Caixa Postal 1507, CEP 89010-971 Blumenau, SC. E-mail: anjos@furb.ret-sc.br

aliados, ou não, a outros microrganismos benéficos do solo, pode aumentar a taxa de crescimento das plantas (Chabot et al., 1993; Kim et al., 1998; Singh & Kapoor, 1999). A eficiente ação solubilizadora por fungos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* foi relatada por Illmer & Schinner (1992) e Whitelaw (2000).

Por seu caráter intensivo, a olericultura é a atividade agrícola com a maior demanda de fertilizantes por unidade de área, os quais respondem por uma parcela considerável dos custos de produção. Isso justifica a adoção de práticas alternativas que possibilitem diminuir os custos, sem prejuízo à produtividade e à qualidade dos produtos. Com relação às crucíferas, a importância dos MSF é reforçada pela ausência de associações com fungos micorrízicos (Smith & Read, 1997). A cultura do rabanete, embora pouco exigente em nutrientes, responde à adição de fertilizantes minerais, principalmente aos fosfatados. A facilidade de cultivo, aliada ao pequeno porte e ciclo curto, faz dessa cultura uma boa indicadora para estudos de fertilidade do solo, possibilitando a validação de suas respostas em estudos posteriores com outras espécies. O uso de inoculantes contendo MSF representa uma alternativa para aumentar a eficiência da adubação com fosfatos solúveis e diminuir os custos de produção.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de fungos solubilizadores de fosfatos na produção de matéria seca e a absorção de P pela cultura do rabanete, sob diferentes doses de fosfato solúvel.

Material e Métodos

Foram utilizados três isolados de fungos solubilizadores de fosfatos, pertencentes à coleção do Laboratório de Microbiologia do Solo da Universidade Federal de Santa Catarina, previamente selecionados pela capacidade de solubilização de fosfatos naturais (Doyle et al., 1990) e identificados pelas siglas MSF-044, MSF-062 (*Penicillium* sp.) e MSF-087 (*Aspergillus* sp.).

A padronização do inóculo seguiu método adaptado de Oliveira (1988). Os isolados foram cultivados a 30°C, durante sete dias, em cinco frascos contendo 50 mL de meio líquido glicose-extrato de levedura (GEL), modificado de

Sylvester-Bradley et al. (1982), previamente esterilizado. A cada frasco, adicionaram-se 10 mL de suspensão celular obtida pela lavagem de culturas dos isolados em meio sólido. Após a incubação, procedeu-se à eliminação do meio líquido e à deposição das culturas em frasco contendo 200 mL de água deionizada esterilizada. As culturas foram fragmentadas em um ultratriturador a 24.000 rpm por cinco minutos, obtendo-se o inóculo líquido concentrado. O volume total foi redistribuído em três frascos esterilizados, que constituíram as repetições, e mantido sob refrigeração durante 72 horas.

Para quantificar e determinar a viabilidade do inóculo armazenado sob refrigeração e padronizar o volume a ser aplicado no ensaio com plantas, realizaram-se duas contagens de propágulos viáveis, a zero e 72 horas de armazenagem, utilizando-se o método de diluições sucessivas e contagem de colônias em meio GEL em placas de Petri, após incubação a 30°C, durante 72 horas.

O experimento foi realizado em casa de vegetação, em um Cambissolo Háptico, coletado da camada de 0-15 cm de profundidade, em uma pequena propriedade de produção de hortaliças localizada no Município de Antônio Carlos, SC, em pastagem naturalizada. As características químicas e do teor de argila do solo, determinadas conforme Tedesco et al. (1995), é a seguinte: pH (água) 4,6; índice SMP 5,4; 4,1 mg dm⁻³ de P; >150 mg dm⁻³ de K⁺; 1,8 cmol_c dm⁻³ de Al³⁺; 2,3 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺ + Mg²⁺; 36 g dm⁻³ de matéria orgânica, e 200 g dm⁻³ de argila.

Trinta dias antes do plantio, o solo foi passado em peneira com abertura de 2 mm e corrigido quanto à acidez com 3,25 g kg⁻¹ de uma mistura de CaCO₃ e MgCO₃ (2:1), para elevar o pH (água) a 6,0 (Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC, 1989). Vasos contendo 500 g de solo, sem qualquer tratamento de desinfecção, receberam 100 mg kg⁻¹ de K e 200 mg kg⁻¹ de N. Com base em curva de resposta obtida em experimento preliminar, foram definidas as doses de fosfato monocálcico [(Ca(H₂PO₄)₂ · 2H₂O p.a.)] a serem testadas (0,0, 4,5, 9,0, 17,5, 35,0, 70,0 e 140 mg kg⁻¹ de P). Avaliaram-se, ainda, quatro tratamentos de inoculação (contendo isoladamente os fungos MSF-044, MSF-062, MSF-087 e uma testemunha sem inoculação), constituindo um experimento em fatorial 7x4. Os tratamentos foram dispostos em delineamento completamente casualizado, com três repetições.

O volume do inóculo líquido aplicado foi de 10⁹ propágulos por kg de solo. O inóculo, os nutrientes e o

solo foram homogeneizados e, em seguida, cada vaso foi semeado com seis sementes de rabanete (*Raphanus sativus* L. cv. Crimson Giant). Após a emergência, foram mantidas duas plantas por vaso. Durante o período experimental, o teor de umidade do solo foi mantido em 80% da capacidade máxima de retenção de água do solo. A temperatura variou entre 13 e 23°C, e obtiveram-se, em média, 14 horas de luz por dia. Trinta dias após a semeadura, as plantas foram colhidas, lavadas e secadas em estufa a 75°C, para avaliação do peso da matéria seca e determinação do teor de P no tecido, conforme Tedesco et al. (1995). Com base nos dados de produção de matéria seca e da concentração de P na planta, determinou-se a quantidade do nutriente absorvida. Os dados foram submetidos à análise de variância. As médias dos fatores analisados e das interações entre eles foram comparadas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Houve interação entre as doses de P e os isolados inoculados tanto na produção de matéria seca (Tabela 1) quanto na quantidade total de P absorvida pelas plantas de rabanete (Tabela 2).

Nos tratamentos sem adição de P, não houve efeito da inoculação sobre ambas as variáveis (Tabelas 1 e 2), o que demonstra que os isolados não atuaram na solubilização de fosfatos nativos do solo. A inoculação dos isolados MSF-044 e MSF-062 (*Penicillium* sp.), associada à aplicação de doses mais baixas de P (4,5 a 17,5 mg kg⁻¹ de P), proporcionou

maior produção de matéria seca pelas plantas em relação à testemunha (Tabela 1). Esse efeito foi obtido pelas plantas que receberam o isolado MSF-062, nos tratamentos de 4,5 a 17,5 mg kg⁻¹ de P, e o isolado MSF-044, no tratamento de 9,0 mg kg⁻¹ de P. Incrementos na produção de matéria seca pelas plantas com inoculação desses isolados foram também observados com o aumento da dose de P de 4,5 para 9,0 mg kg⁻¹ de P; não ocorreu o mesmo com as plantas sem inoculação. Na dose de 9,0 mg kg⁻¹ de P, ambos os isolados proporcionaram uma produção de matéria seca equivalente à obtida pela aplicação de 17,5 mg kg⁻¹ de P, na testemunha. Na dose de 17,5 mg kg⁻¹ de P, a produção de matéria seca obtida pelas plantas que receberam o isolado MSF-062 foi equivalente à obtida pela aplicação de até 70,0 mg kg⁻¹ de P, na testemunha.

O isolado MSF-087 (*Aspergillus* sp.) proporcionou maior produção de matéria seca somente na dose de 140,0 mg kg⁻¹ de P, quando comparada à testemunha (Tabela 1).

Quando analisada como fator isolado, a inoculação não promoveu diferenças na quantidade total de P absorvido pelas plantas (Tabela 2). A única exceção foram as plantas com inoculação do isolado MSF-087 (*Aspergillus* sp.) na dose de 35,0 mg kg⁻¹ de P, que proporcionaram resultados inferiores aos da testemunha.

A maior eficiência na produção de matéria seca de plantas com inoculação de MSF e fertilizadas com fosfatos solúveis tem sido atribuída à atuação dos

Tabela 1. Produção de matéria seca (mg/planta) de rabanete cultivar Crimson Giant, cultivado em solo com diferentes doses de fosfato de cálcio [Ca(H₂PO₄)₂.2H₂O] e submetido à inoculação de fungos solubilizadores de fosfatos: *Penicillium* spp. (isolados MSF-044 e MSF-062) e *Aspergillus* sp. (isolado MSF-087). Médias de três repetições⁽¹⁾

P (mg kg ⁻¹)	Testemunha	MSF-044	MSF-062	MSF-087	Média
0,0	157a	189a	163a	158a	167A
4,5	346b	420bc	484cd	390bc	410B
9,0	436bc	549de	612e	487cd	521C
17,5	630e	620ef	719fg	625ef	648D
35,0	794ghij	769gh	791ghi	795ghij	787E
70,0	810ghij	823ghij	786ghi	845hij	816E
140,0	900jl	967l	883ijl	1.006m	939F
Média	582A	620A	634A	615A	

⁽¹⁾Médias das interações seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Quantidade total de P absorvido (mg/planta) pelo rabanete cultivar Crimson Giant, cultivado em solo com diferentes doses de fosfato de cálcio [Ca(H₂PO₄)₂.2H₂O] e submetido à inoculação de fungos solubilizadores de fosfatos: *Penicillium* spp. (isolados MSF-044 e MSF-062) e *Aspergillus* sp. (isolado MSF-087). Médias de três repetições⁽¹⁾

P (mg kg ⁻¹)	Testemunha	MSF-044	MSF-062	MSF-087	Média
0,0	0,22a	0,27a	0,21a	0,22a	0,23A
4,5	0,50ab	0,55ab	0,91bcd	0,56ab	0,63AB
9,0	0,73bc	1,04cde	1,14cdef	0,83bcd	0,93B
17,5	1,40ef	1,46ef	1,51f	1,20def	1,39C
35,0	2,39hi	2,22gh	2,38hi	1,94g	2,23D
70,0	2,72ij	2,92jl	2,76ij	3,07jl	2,87E
140,0	3,30lm	3,56m	3,66m	3,69m	3,55F
Média	1,61A	1,72A	1,80A	1,64A	

⁽¹⁾Médias das interações seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

microrganismos sobre os fosfatos de baixa solubilidade, formados no solo após a adição desses fertilizantes (Chabot et al., 1996). O mecanismo envolvido nesse processo é a ação direta de ácidos orgânicos produzidos pelos MSF, ou a ação quelante dos ácidos sobre os cátions acompanhantes dos fosfatos (Whitelaw, 2000).

Além da solubilização, muitos MSF produzem substâncias promotoras do crescimento de plantas que estimulam o maior rendimento das culturas que receberam inóculo de MSF (Gonzales-Eguiarte & Barea, 1975; Leinhos & Vacek, 1994). A ausência de valores significativos nas quantidades de P absorvido (Tabela 2), aliada à maior produção de matéria seca (Tabela 1) nos tratamentos inoculados e com baixas doses de P, sugere que os fungos testados neste estudo possam produzir hormônios vegetais ou outras substâncias promotoras do crescimento das plantas, o que deve ser avaliado em ensaios posteriores. Freitas et al. (1997) também obtiveram maior crescimento e rendimento de canola (*Brassica napus* L.) com inoculação de bactérias solubilizadoras de fosfatos, sem qualquer efeito sobre a quantidade de P absorvido.

A maior produção de matéria seca nas doses mais baixas de P aplicado (4,5 a 17,5 mg kg⁻¹ de P), nos tratamentos com inoculação dos isolados MSF-044 e MSF-062 (*Penicillium* sp.) (Tabela 1), é semelhante à obtida por Gonzales-Eguiarte & Barea (1975) em relação ao crescimento e absorção de P pelo tomateiro. Os autores sugerem que os MSF têm a atividade solubilizadora inibida na presença de P solúvel. O aumento da disponibilidade de P solúvel, a partir de determinada concentração, pode inibir a liberação dos ácidos orgânicos responsáveis pela solubilização do P inorgânico, bem como a ação das fosfatases, responsáveis pela mineralização do P orgânico do solo (Nahas et al., 1994). Comportamento semelhante ocorre com os fungos micorrízicos, nos quais a ação solubilizadora, a intensidade de colonização radicular e o efeito sobre o crescimento diminuem com o aumento do P disponível (Lapeyrie et al., 1991).

Por outro lado, o isolado MSF-087 (*Aspergillus* sp.) apresentou comportamento contrário, proporcionando maior produção de matéria seca do rabanete somente na dose de 140 mg kg⁻¹ de P

(Tabela 1). Em meio de cultura, Silva Filho (1998) constatou que os fungos do gênero *Aspergillus*, incluindo o isolado em questão, quando comparados aos do gênero *Penicillium*, apresentam maior crescimento em placas de Petri, mas menor eficiência na solubilização de fosfatos. Isso explicaria, neste estudo, a ausência de efeito significativo da inoculação do isolado MSF-087 sobre a quantidade de P absorvido, para as doses de até 17,5 mg kg⁻¹ de P, quando comparadas à testemunha (Tabela 2). O P solubilizado por esse isolado nas doses mais baixas de fertilizante aplicadas pode ter sido imobilizado pelo fungo durante sua multiplicação no solo, hipótese esta que é reforçada pela quantidade de P absorvido na dose de 35 mg kg⁻¹ de P, a qual foi inferior à da testemunha. Neste caso, a atuação do isolado só pôde ser percebida na dose mais alta de P, 140 mg kg⁻¹ (Tabela 1).

Conclusões

1. Os isolados MSF-044, MSF-062 (*Penicillium* sp.) e MSF-087 (*Aspergillus* sp.) diferem quanto à capacidade de promover a produção de matéria seca e a absorção de P pela cultura do rabanete, atuando os primeiros sob as doses mais baixas de fosfato adicionadas (4,5 a 17,5 mg kg⁻¹ de P), e o último, sob dose mais alta de P (140 mg kg⁻¹).

2. Nas doses mais baixas de P (4,5 a 17,5 mg kg⁻¹), os isolados MSF-044 e MSF-062 (*Penicillium* sp.) apresentam maior eficiência na produção de matéria seca da cultura do rabanete, em relação à testemunha.

3. Na maior dose de P (140 mg kg⁻¹), o isolado MSF-087 é mais eficiente na produção de matéria seca da cultura do rabanete, em relação à testemunha.

Referências

- BOLAN, N. S.; NAIDU, R.; MAHIMAIRAJA, S.; BASKARAN, S. Influence of low molecular-weight organic acids on the solubilization of phosphates. **Biology and Fertility of Soils**, New York, v. 18, p. 311-319, 1994.
- CHABOT, R.; ANTOUN, H.; CESCAS, M. P. Growth promotion of maize and lettuce by phosphate-solubilizing *Rhizobium leguminosarum* biovar. *phaseoli*. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 184, p. 311-321, 1996.

- CHABOT, R.; ANTOUN, H.; CESCAS, M. P. Stimulation de la croissance du maïs et de la laitue romaine par des microorganismes dissolvant le phosphore inorganique. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 39, p. 941-947, 1993.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO RS/SC (Passo Fundo, RS). **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 2. ed. Passo Fundo: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Embrapa-CNPQ, 1989. 128 p.
- CUNNINGHAM, J. E.; KUIACK, C. Production of citric and oxalic acids and solubilization of calcium phosphate by *Penicillium bilajii*. **Applied and Environmental Microbiology**, New York, v. 58, p. 1451-1458, 1992.
- DOYLE, L. G. M.; SCHARF, R.; SILVA FILHO, G. N. Avaliação da população e do potencial de microorganismos solubilizadores de fosfatos de solos cultivados com fruteiras temperadas de Santa Catarina. **Biotemas**, Florianópolis, v. 3, n. 2, p. 59-76, 1990.
- FREITAS, J. R.; BANERJEE, M. R.; GERMIDA, J. J. Phosphate-solubilizing rhizobacteria enhance the growth and yield but not phosphorus uptake of canola (*Brassica napus* L.). **Biology and Fertility of Soils**, New York, v. 24, p. 358-364, 1997.
- GONZALES-EGUIARTE, D.; BAREA, J. M. Fertilización biológica con fosfobacterias productoras de fitohormonas en suelos deficientes en P: influencia de la adición de P y materia orgánica. **Revista Latinoamericana de Microbiología**, México, v. 17, p. 227-232, 1975.
- ILLMER, P.; SCHINNER, F. Solubilization of inorganic phosphates by microorganisms isolated from forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, London, v. 24, p. 389-395, 1992.
- KIM, K. Y.; JORDAN, D.; McDONALD, G. A. Effect of phosphate-solubilizing bacteria and vesicular-arbuscular mycorrhizae on tomato growth and soil microbial activity. **Biology and Fertility of Soils**, New York, v. 26, p. 79-87, 1998.
- LAPEYRIE, F.; RANGER, J.; VAIRELLES, D. Phosphate solubilizing activity of ectomycorrhizal fungi *in vitro*. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 69, n. 2, p. 342-346, 1991.
- LEINHOS, V.; VACEK, O. Biosynthesis of auxins by phosphate-solubilizing rhizobacteria from wheat (*Triticum aestivum*) and rye (*Secale cereale*). **Microbiological Research**, Jena, v. 149, p. 31-35, 1994.
- NAHAS, E.; CENTURION, J. F.; ASSIS, L. C. Microorganismos solubilizadores de fosfatos e produtores de fosfatases de vários solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 43-48, 1994.
- OLIVEIRA, V. L. **Interactions entre les microorganismes du sol et l'établissement de la symbiose ectomycorhizienne chez le hêtre (*Fagus sylvatica* L.) avec *Hebeloma crustuliniforme* (Bull. Ex Saint-Amans) Qué. et *Paxillus involutus* Batsch. Ex Fr.** 1988. 118 p. Thèse (Doctorat) - Institut National de la Recherche Agronomique, Nancy.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres/Potafos, 1991. 343 p.
- RODRÍGUEZ, H.; FRAGA, R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. **Biotechnology Advances**, Oxford, v. 17, p. 319-339, 1999.
- SILVA FILHO, G. N. **Solubilização de fosfatos pela microbiota do solo**. 1998. 140 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- SINGH, S.; KAPOOR, K. K. Inoculation with phosphate-solubilizing microorganisms and a vesicular arbuscular mycorrhizal fungus improves dry matter yield and nutrient uptake by wheat grown in a sandy soil. **Biology and Fertility of Soils**, New York, v. 28, p. 139-144, 1999.
- SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. 2. ed. Cambridge, Inglaterra: Academic Press, 1997. 605 p.
- SPERBER, J. I. Solution of apatite by soil microorganisms producing organic acids. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 9, n. 6, p. 782-787, 1958.
- SYLVESTER-BRADLEY, R.; AKASAWA, N.; LA TORRACA, S.; MAGALHÃES, F. M. M.; OLIVEIRA, L. A.; PEREIRA, R. M. Levantamento quantitativo de microorganismos solubilizadores de fosfatos na rizosfera de gramíneas e leguminosas forrageiras na Amazônia. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 12, n. 1, p. 15-22, 1982.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A. **Análise do solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p.
- WHITELAW, M. A. Growth promotion of plants inoculated with phosphate-solubilizing fungi. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 69, p. 99-151, 2000.