

Coinoculação com microrganismos solubilizadores de fósforo, fungos micorrízicos e fixadores de N₂: qualidade biológica do solo e acúmulo de massa seca em milho¹

Fabrizio Nascimento Ferreira², Christiane Abreu de Oliveira Paiva³

¹Trabalho financiado pelo CNPq/Fapemig

² Estudante do Curso de Engenharia Ambiental do Centro Universitário de Sete Lagoas - UNIFEMM, Bolsista PIBIC (ou BIC JR) do Convênio Fapemig/CNPq/Embrapa/ FAPED – fabricionascimento92@hotmail.com

³ Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo

Introdução

Existem crescentes preocupações mundiais, públicas, sociais e científicas sobre a utilização disseminada de substâncias químicas sintéticas na agricultura. No entanto, para atender uma produtividade de grãos satisfatória nas regiões de cerrado, é necessário corrigir a deficiência de nutrientes, em especial a de fósforo e nitrogênio, através da utilização destes fertilizantes, o que pode gerar efeitos ambientais negativos nas áreas de cultivos, além de representar um custo significativo para o agricultor (PROCHNOW et al., 2004). Como o mercado nacional de fertilizante não supre toda a necessidade destes fertilizantes, sendo preciso importar grande parte deste adubo (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2013), a busca por novos produtos fertilizantes que proporcionem à agricultura brasileira uma maior sustentabilidade e autonomia no mercado mundial de insumos tem aumentado.

Dentro desta demanda, insere-se a tecnologia de bioprodutos, baseada na produção de produtos comerciais de base biológica que podem ser chamados de biofertilizantes ou inoculantes. Os inoculantes microbianos são alternativas atrativas e comprovadamente viáveis para vários usos como substitutos parciais ou totais de insumos químicos em gramíneas (SILVA et al., 2009; HUNGRIA et al., 2013; MALUSÀ et al., 2016).

Diferentes tipos de microrganismos do solo pertencentes a várias taxa de bactérias e fungos colonizam a rizosfera ou os tecidos de plantas e promovem o crescimento das plantas (MPCP) (MALUSÀ et al., 2016). O gênero *Azospirillum* pode ser enquadrado como bactérias promotoras do crescimento das plantas, sendo encontrado em vários locais (DÖBEREINER; PEDROSA, 1987). Inicialmente, a espécie era conhecida como *Spirillum lipoferum*, sendo, em 1978, proposta a sua reclassificação, passando a ser chamada de *Azospirillum* (TARRAND et al., 1978). A

partir disso, descobriu-se a capacidade que estas possuem em fixar biologicamente nitrogênio quando associadas com gramíneas como o milho (DÖBEREINER et al., 1976).

Os microrganismos solubilizadores de fósforo (MSP) têm a capacidade de solubilizar fosfatos naturais, presentes ou adicionados ao solo, e os compostos de baixa solubilidade, formados após a adição de fosfatos solúveis. Dessa forma, aumentam a disponibilidade de P no solo e contribuem para a nutrição vegetal, aumentando o crescimento das plantas e a produtividade das culturas (KUCEY; LEGGETT, 1969; KIM et al., 1998; WAHI; MEHANA, 2000). A utilização de rochas naturais em conjunto com microrganismos do solo, como os solubilizadores de fósforo, é uma alternativa promissora (OLIVEIRA et al., 2012).

Ainda com relação ao suprimento de fósforo para as plantas, inoculantes à base de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) também têm sido desenvolvidos para a cultura do milho e outras. Porém, os FMA são difíceis de ser cultivados e aplicados em larga escala em culturas anuais como milho. Além disso, FMA são espécie-específicos, ou seja, agem somente em plantas hospedeiras, sendo que as condições ambientais irão afetar tanto a adaptação da planta quanto do fungo (ANTUNES et al., 2011; ZOPPELLARI et al., 2014; MALUSÀ et al., 2012).

Muitos microrganismos do solo têm sido usados como biofertilizantes em plantas cultivadas de forma combinada (HUNGRIA et al., 2013), o que tem sido chamado de coinoculação ou uso conjunto de MPCP. Alguns trabalhos relatam o efeito positivo da combinação de biofertilizantes contendo MSP, FMA e diazotróficos em milho (WU et al., 2005; MOHAMED et al., 2014).

Muitos MSP do solo têm sido usados como fertilizantes sobre plantas cultivadas (BAGYARAJ et al., 2015) em interação com fungos micorrízicos obtendo-se efeitos sobre o crescimento das plantas, *Agrobacterium* sp. e *Pseudomonas* sp., que, quando inoculadas nas sementes de milho juntamente com fungos micorrízicos, resultou em aumento de matéria seca e absorção de fósforo. Vários outros trabalhos relatam a interação entre inoculantes contendo MSP, com os micorrízicos e outros contendo diazotróficos, por exercerem ações cooperativas (BAREA et al., 2005; BAGYARAJ et al., 2015).

No entanto, o uso de inoculantes mistos com microrganismos inoculados conjuntamente tem sido ainda pouco estudado com relação aos benefícios e efeito no solo.

No solo, as alterações microbianas, pelas diversas populações que nele ocorrem, assim como suas distintas reações químicas, podem ser transformadas sempre que esse ecossistema sofre algum tipo de interferência. Segundo Parkin et al. (1996), a atividade biológica do solo pode ser definida como toda relação bioquímica catalisada pelos organismos do solo. As avaliações destas atividades poderiam ser úteis para avaliar a saúde e a qualidade dele. As enzimas são mediadoras do catabolismo biológico dos componentes orgânico e mineral do solo. A atividade enzimática do solo possui as características de ser relacionada com a matéria orgânica, com as propriedades físicas e com a atividade e biomassa microbiana e ser um claro indicador de mudanças na qualidade dele (ARAÚJO, MONTEIRO, 2007). Dentre estas enzimas, se encontram aquelas envolvidas na ciclagem de N no solo, como as ureases e arginases (TABATABAI; FU, 1994). A função da urease está associado à utilização de nitrogênio a partir da hidrólise da ureia derivada do catabolismo da arginina, que é a principal forma de armazenamento de nitrogênio em sementes e, que por sua vez, é degradada em ornitina e ureia pela arginase (SILVA, 2012). A análise da atividade desta enzima é de suma importância, uma vez que através dela pode-se chegar a conclusões acerca dos efeitos da adição de resíduos vegetais e às práticas de adubação no solo (DICK et al., 1996).

Esse trabalho teve o objetivo de avaliar a eficiência da combinação de microrganismos solubilizadores de fósforo, *Azospirillum* e fungos micorrízicos no cultivo de milho, bem como a qualidade enzimática do solo em relação a ciclagem de nitrogênio.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas-MG (19° 28'S e 44° 15'W), com sementes de milho (*Pennisetum glaucum*), variedade BRS 1501. Vasos de 5 kg foram preenchidos com solo de cerrado natural não desinfestado. Foram utilizados 4 repetições e 25 tratamentos constituídos da combinação de 7 tipos de inoculantes, o tratamento sem inoculação e 3 fontes de adubação fosfatada, além de um tratamento controle sem adubação fosfatada (PO), e sem nenhum tipo de inoculante (EO). Como inoculantes, foram utilizadas duas cepas de *Bacillus* misturadas, denominadas (E1); duas cepas de *Azospirillum*, denominadas (E2) e duas cepas de fungo micorrízico arbuscular, denominadas (E3), e as

coinoculações de E1+E2, E1+E3 e E2+E3 e E1+E2+E3. Estes microrganismos pertencem à coleção de microrganismos de Embrapa Milho e Sorgo. Os tipos de adubação fosfatada consistiram nas fontes de fósforo (P) com diferentes graus de solubilidade de P: fosfato de rocha Araxá (FA); superfosfato triplo (ST) e a mistura das duas fontes (ST+FA).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições, totalizando 100 parcelas experimentais.

Para preparo dos inoculantes, as bactérias foram reativadas em placas de Petri contendo meio de cultura sólido. Posteriormente, cada estirpe foi transferida para cultivo em caldo de soja triplicaseína, à temperatura de 29 °C, sob agitação de 350 rpm. Após 72 h de crescimento, os inóculos foram centrifugados por 10 minutos, a 6000 rpm. As suspensões bacterianas foram ressuspensas em solução salina [0,85% (m/v) NaCl] e ajustadas para a absorbância igual ou superior a 1, em comprimento de onda de 550 nm, correspondente a concentração de 10^9 células mL⁻¹. O inoculante com fungo micorrízico foi preparado com uma suspensão de esporos em casca de arroz. Foram semeadas 20 sementes de milheto peletizadas (goma de fécula de mandioca + carvão vegetal moído). A inoculação ocorreu após a semeadura das sementes pipetando 2 mL de inoculante bacteriano e 50 g de fungo micorrízico arbuscular em cada vaso.

Aos dez dias após a semeadura, efetuou-se o desbaste, deixando-se 8-10 plantas vaso⁻¹. Na coleta, aos 40 dias após a germinação, na fase de pré-florescimento, cortou-se a parte aérea das plantas e coletou-se solo para análise química e teor de nutrientes na planta. Também foram coletadas amostras de solo rizosférico para a realização de análises das enzimas arginase e urease. As atividades enzimáticas da urease e da arginase foram realizadas segundo o método de reação colorimétrico descrito por Kandeler e Gerber (1988) e Alef e Kleiner (1986), respectivamente. Os dados enzimáticos obtidos foram expressos em $\mu\text{g N-NH}_4^+ \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ substrato.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas utilizando-se o teste Scott Knott a 5% de probabilidade, por meio do programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

Resultados e Discussão

Não ocorreu diferença significativa para os valores de massa seca da parte aérea (MSPA) de milho entre a maioria dos tratamentos inoculados e não inoculados (Figura 1). O valor da MSPA variou de 0,85g/vaso a 52,6g/vaso sendo o menor e o maior valor no milho cultivado sem adição de fósforo (controle) e com superfosfato triplo (ST), respectivamente. Apenas o tratamento com a inoculação do microrganismo solubilizador de fosfato (1/2ST+1/2FA+E1) proporcionou ganho significativo de massa seca do milho adubado com a mistura dos fertilizantes (Figura 1).

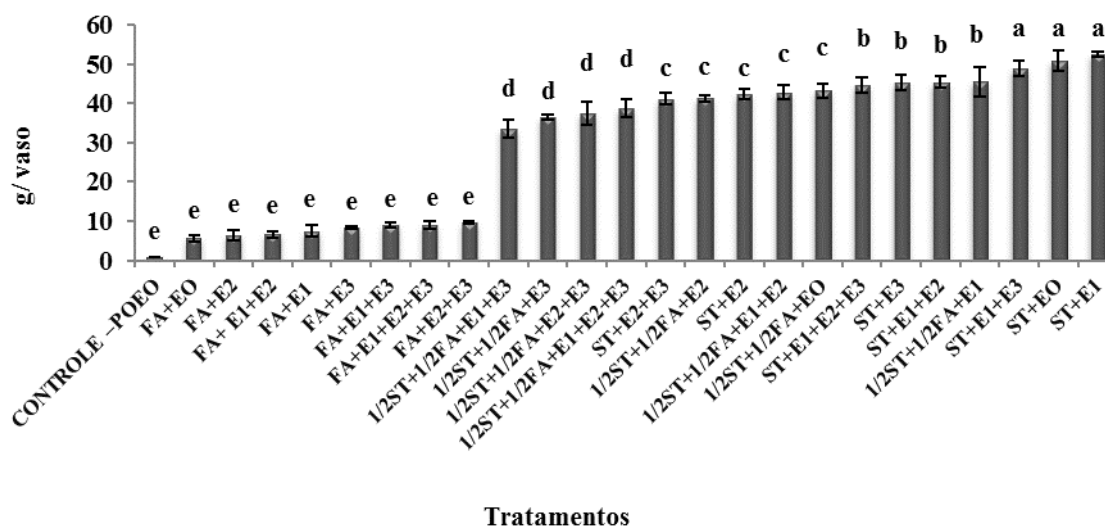


Figura 1. Matéria seca da parte aérea de milho (g/vaso) inoculado com microrganismos solubilizadores de fosfato (E1); *Azospirillum* (E2) e fungo micorrízico arbuscular (E3), coinoculados em combinações mistas duplas e triplas e o tratamento controle, onde não foi adicionado adubação fosfatada (PO) e nem inoculante (EO). As fontes de fósforo utilizadas na adubação foram: fosfato de rocha Araxá (FA); superfosfato triplo (ST) e a mistura das duas fontes (ST+FA). Valores médios de 4 repetições seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de média Scott Knot, $p > 0,05$.

Ocorreu diferença significativa entre os tratamentos avaliados dos valores da atividade da enzima arginase, em solo rizosférico de milho cultivado com diferentes tipos de inoculação e fontes de P (Figura 2). Os valores variaram de 6,97 a 24,44 $\mu\text{g N-NH}_4^+ \text{h}^{-1}\text{g}^{-1}$. Nos tratamentos em que o milho não recebeu adubação fosfatada e não foi inoculado e os adubados com o fosfato de Araxá, sem inoculação e inoculados com microrganismos solubilizadores e *Azospirillum*, apresentaram aumento significativo da atividade de arginase em relação aos outros tratamentos. Isso indica que a ausência de adubação e o tipo de fertilizante combinados ao tipo de inoculação pode ter alterado a atividade dos microrganismos produtores de arginase envolvidos na ciclagem de nitrogênio.

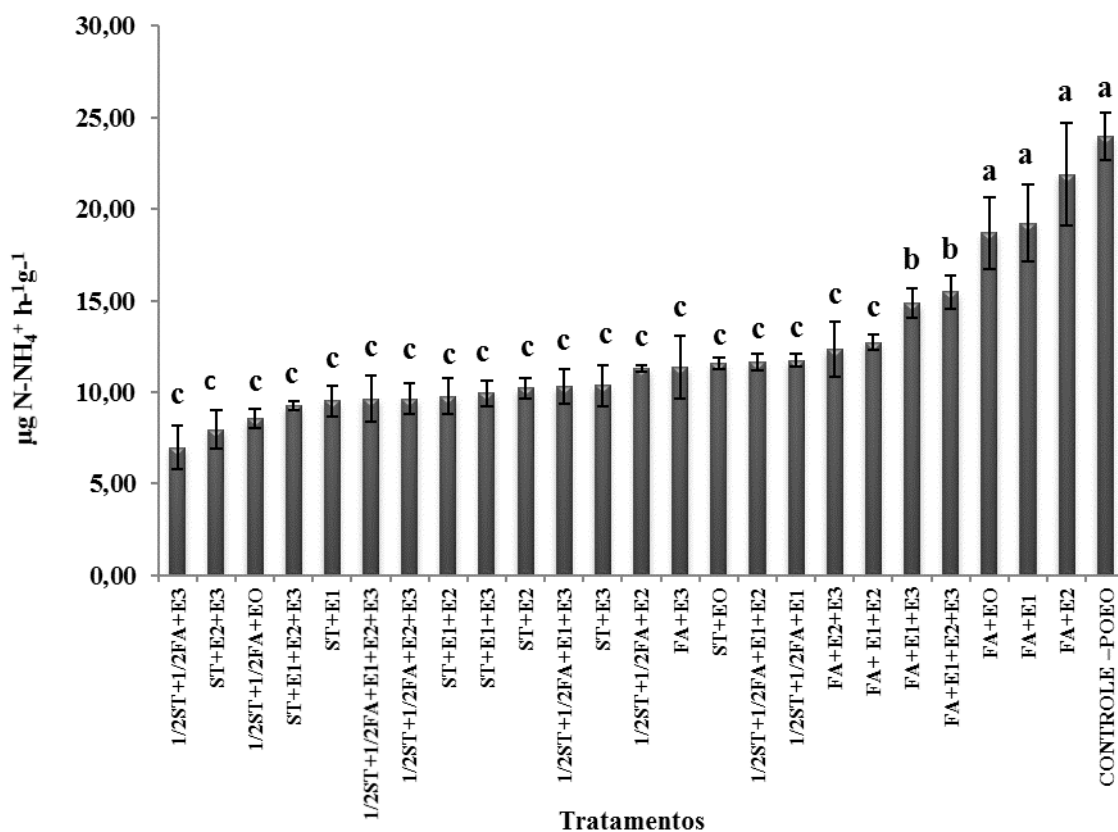


Figura 2. Atividade da enzima arginase ($\mu\text{g N-NH}_4^+ \text{h}^{-1} \text{g}^{-1}$ substrato) em amostras de solo rizosférico de milho inoculado com microrganismos solubilizadores de fósforo (E1); *Azospirillum* (E2) e fungo micorrízico arbuscular (E3), coinoculados (E1+E2; E1+E3; E2+E3; E1+E2+E3) e tratamentos controle, onde não foi adicionado adubação fosfatada (PO) e nem inoculante (EO). As fontes de fósforo utilizadas na adubação foram: fosfato de rocha Araxá (FA); superfosfato triplo (ST) e a mistura das duas fontes (ST+FA). Valores médios de 4 repetições seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de média Scott Knot, $p > 0,05$.

Ocorreu diferença significativa entre os tratamentos avaliados dos valores da atividade da enzima urease, em solo rizosférico de milho cultivado com diferentes tipos de inoculação e fontes de P. Os valores variaram de 121,8 a 179,05 $\mu\text{g N-NH}_4^+ \text{h}^{-1} \text{g}^{-1}$. Isso indica que o tipo de adubação pode ter influenciado na ciclagem de nitrogênio (N), por meio desta enzima.

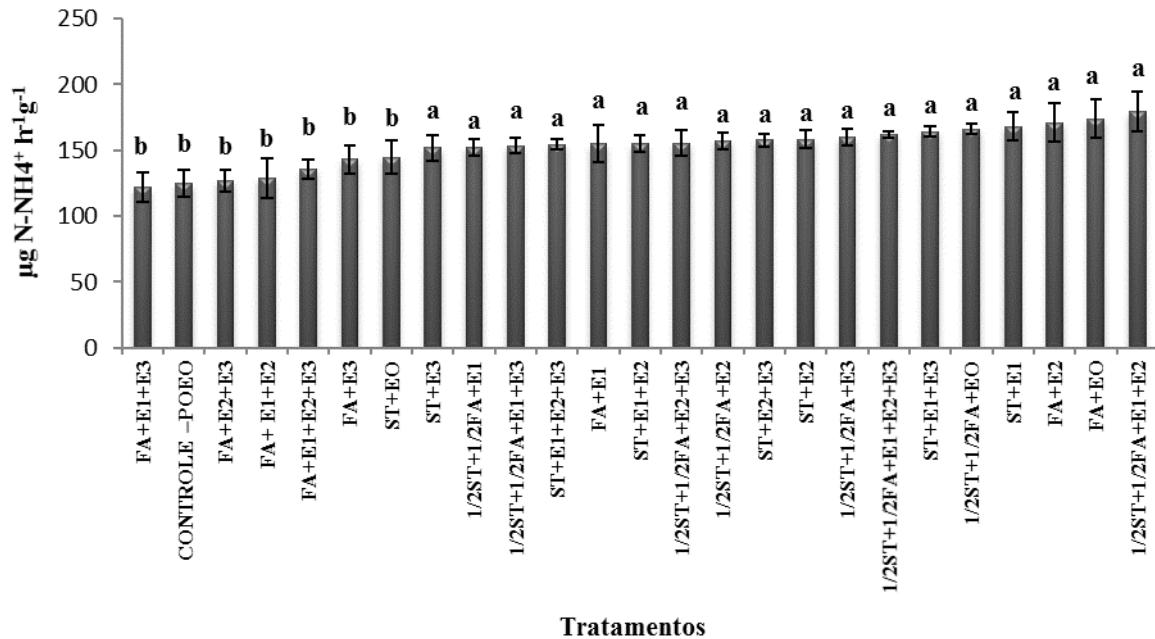


Figura 3. Atividade da enzima urease ($\mu\text{g N-NH}_4^+ \text{h}^{-1}\text{g}^{-1}$ substrato) em amostras de solo rizosférico de milho inoculado com microrganismos solubilizadores de fosfato (E1); *Azospirillum* (E2) e fungo micorrízico arbuscular (E3), coinoculados (E1+E2; E1+E3; E2+E3; E1+E2+E3) e tratamentos controle, onde não foi adicionada adubação fosfatada (PO) e nem inoculante (EO). As fontes de fósforo utilizadas na adubação foram: fosfato de rocha Araxá (FA); superfosfato triplo (ST) e a mistura das duas fontes (ST+FA). Valores médios de 4 repetições seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de média Scott Knot, $p>0,05$

Conclusão

Não ocorreu efeito da coinoculação sobre o ganho de massa do milho e atividade enzimática do solo. Apenas a inoculação com o microrganismo solubilizador de fosfato proporcionou ganho significativo de massa seca do milho adubado com a mistura dos fertilizantes.

A qualidade biológica do solo, em relação à ciclagem de N pela enzima arginase, e a urease foi alterada pelo tipo de adubação fosfatada, entretanto é necessária a realização de novos experimentos em casa de vegetação, bem como no campo para a confirmação desses resultados.

Referências

- ALEF, K.; KLEINER, D. Arginine ammonification, a simple method to estimate microbial activity potential in soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 18, n. 2, p. 233-235, 1986.
- ANTUNES, P. M.; KOCH, A. M.; MORTON, J. B.; RILLING, M. C.; KLISSING, J. K. Evidence for functional divergence in arbuscular mycorrhizal fungi from contrasting climatic origins. **New Phytologist**, Cambridge, v. 189, n. 2, p. 507-514, 2011.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, July/Sept. 2007.

BAGYARAJ, D. J.; SHARMA, M. P.; MAITI, D. Phosphorus nutrition of crops through arbuscular mycorrhizal fungi. **Current Science**, Bangalore, v. 108, p. 1288-1293, 2015.

BAREA, J. M.; POZO, M. J.; AZCÓN, R.; AZCÓN-AGUILAR, C. Microbial co-operation in the rhizosphere. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 56, n. 417, p. 1761-1778, 2005.

DICK, R. P.; BREACKWELL, D. P.; TURCO, R. F. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrate microbiological indicators. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Ed.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 247-271. (SSSA. Special Publication, 49).

DÖBEREINER, J.; PEDROSA, F. O. **Nitrogen-fixing bacteria in non-leguminous crop plants**. Madison: Science Tech Publishers, 1987. 155 p. (Brock/Springer Series in Contemporary Bioscience).

DÖBEREINER, J.; MARRIEL, I.; NERY, M. Ecological distribution of *Spirillum lipoferum* Beijerinck. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 22, p. 1464-1473, 1976.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAÚJO, R. S. Tecnologia de coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*: incrementos no rendimento com sustentabilidade e baixo custo. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 33., 2013, Londrina. **Resumos expandidos...** Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 151-153.

KANDELER, E.; GERBER, H. Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 6, p. 68-72, 1988.

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**, Berlin, v. 26, p. 79-87, 1998.

KUCEY, R. M. N.; LEGGETT, M. E. Increased yields and phosphorus uptake by westar canola (*Brassica napus* L.) inoculated with a phosphate-solubilizing isolate of *Penicillium bilaji*. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 69, p. 153-163, 1969.

MALUSÀ, E.; PINZARI, F.; CANFORA, L. Efficacy of biofertilizers: challenges to improve crop production. In: SINGH, D. P.; SINGH, H. B.; PRABHA, R. **Microbial inoculants in sustainable agricultural productivity**. New York: Springer, 2016. v. 2, p. 17-40.

MALUSÀ, E.; SAS PASZTL, L.; TRZCINSKI, P.; GORSKA, A. Influences of different organic fertilizer and amendments on nematode trophic groups and soil microbial communities during strawberry growth. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 933, p. 253-260, 2012.

MOHAMED, A. A.; EWEDA, W. E. E.; HEGGO, A. M.; HASSAN, E. A. Effect of dual inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and sulphur-oxidising bacteria on onion (*Allium cepa* L.) and maize (*Zea mays* L.) grown in sandy soil under green house conditions. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 59, n. 1, p. 109-118, 2014.

OLIVEIRA, C. A. de; GOMES, E. A.; MATTOS, B. B.; TEIXEIRA, J. A. de M.; CRISTELLI, E. A.; DIAS, F. E. S.; BARACHO, A. de O.; MARRIEL, I. E. Utilização de bioinoculantes para cultivo de milho (*Pennisetum glaucum*) com fontes naturais de fosfato. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 30.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 14.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 12.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 9.; SIMPÓSIO SOBRE SELÊNIO NO BRASIL, 1., 2012, Maceió. **A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola**: anais. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. 1 CD-ROM. Fertbio 2012.

OLIVEIRA JÚNIOR, A.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; JORDÃO, L. T. Adubação potássica da soja: cuidados no balanço de nutrientes. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 143, p. 1-10, set. 2013.

PARKIN, T. B.; DORAN, J. W.; FRANCO-VISCAÍNO, E. Field and laboratory tests of soil respiration. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Ed.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 231-245. (SSSA. Special Publication, 49).

PROCHNOW, L. I.; ALCARDE, J. C.; CHIEN, S. H. Eficiência agronômica dos fosfatos totalmente acidulados. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2004. p. 605-663.

SILVA, E. C. da; MURAOKA, T.; VILLANUEVA, F. C. A.; ESPINAL, F. S. C. Aproveitamento de nitrogênio pelo milho, em razão da adubação verde, nitrogenada e fosfatada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 2, p. 118-127, fev. 2009.

SILVA, M. P. dos S. **Isolamento e caracterização de bactérias produtoras de compostos ativos de superfície a partir de biopilhas para o tratamento de resíduos oleosos**. 2012. 101 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

TABATABAI, M. A.; FU, M. Extraction of enzymes from soils. In: STOTZKY, G.; BOLLAG, J. M. (Ed.). **Soil biochemistry**. New York: Marcel Dekker, 1994. v. 7, p. 197-227.

TARRAND, J. J.; KRIEG, N. R.; DÖBEREINER, J. A taxonomic study of the Spirillum lipoferum group, with descriptions of a new genus, Azospirillum gen. nov. and two 33 species, Azospirillum lipoferum (Beijerinck) comb. nov. and Azospirillum brasiliense sp. nov. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 24, p. 967-980, 1978.

WU, S. C.; CAO, Z. H.; LI, Z. G.; CHEUNG, K. C.; WONG, M. H. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. **Geoderma**, Amsterdam, v. 125, p. 155-166, 2005.

ZOPPELLARI, F.; MALUSÀ, E.; CHITARA, LOVISOLO, C.; SPANNA, F.; BARDI, L. Improvement of drought tolerance in maize (*Zea mays L*) by selected rhizospheric microorganisms. **Italian Journal of Agrometeorology**, v. 18, n. 1, p. 5-18, 2014.

Literatura Recomendada

ALEF, K.; KLEINER, D. Estimation of anaerobic microbial activities in soils by arginine-ammonification and glucose-dependent CO₂ production. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 19, n. 6, p. 683-686, 1987.

ANDREWS, R. K.; BLAKERLEY, R. L.; ZERNER, B. Urease: a Ni (II) metalloenzyme. In: LANCASTER, J. R. (Ed.). **The biorganic chemistry of nickel**. New York: VCH Publisher, 1989. p. 141-166.

BONDE, T. A.; NIELSEN, T.; MILLER, M.; SORENSEN, J. Arginine ammonification assay as a rapid index of gross N mineralization in agricultural soils. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 34, n. 3, p. 179-184, 2001.

CABRERA, M. L.; KISSEL, D. E.; VIGIL, M. F. Nitrogen mineralization from organic residues: research opportunities. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 34, n. 1, p. 75-79, 2005.

MARRIEL, I. E.; OLIVEIRA, C. A. de; UTIDA, M. K.; MONTEIRO, G. G.; ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C. **Bioindicadores de qualidade do solo de cerrado sob sistemas de manejo para a produção orgânica**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 6 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 73).

MEGDA, M. M.; MONTEIRO, F. A. Nitrogen and potassium supply and the morphogenic and productive characteristics on marandu palisadegrass. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, p. 1666-1675, 2010.

MELLO, I. G. **Atividade microbiana de solo de cerrado submetido a diferentes sistemas de cultivo de grãos e forragem**. 2017. 68 f. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) - Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei, 2017.

SZILAGYI-ZECCHIN, V. J.; MÓGOR, A. F.; FIGUEIREDO, G. G. O. Strategies for characterization of agriculturally important bacteria. In: SINGH, D. P.; SINGH, H. B.; PRABHA, R. **Microbial inoculants in sustainable agricultural productivity**. Maunath Bhanjan: Springer, 2016. p. 1-21.

VASSILEV, S. V.; BAXTER, D.; ANDERSEN, L. K.; VASSILEVA, C. G. An overview of the chemical composition of biomass. **Fuel**, London, v. 89, n. 5, p. 913-933, 2010.

WAHID, O. A. A.; MEHANA, T. A. Impact of phosphate solubilizing fungi on the yield and phosphorus-uptake by wheat and fava bean plants. **Microbiology Research**, v. 155, p. 221-227, 2000.

WANG, W. J.; SMITH, C. J.; CHEN, D. Predicting soil nitrogen mineralization dynamics with a modified double exponential model. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 68, p. 1256-1265, 2004.

YADAV, D. S.; KUMAR, V.; SINGH, M.; RELAN, P. S. Effect of temperature and moisture on kinetics of urea hydrolysis and nitrification. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 25, p. 185-191, 1987.