



DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n9p898-902>

Seleção de fungicidas visando à preservação de fungos micorrízicos arbusculares nativos no cultivo do feijoeiro

Amália A. B. Campos¹, Juliana C. Scotton¹, Wesley L. F. Costa¹,
Valdionei Giassi¹, Diego F. P. Pinto¹ & Sergio K. Homma¹

¹ Centro de Pesquisa Mokiti Okada/ Fundação Mokiti Okada. Ipeúna, SP. E-mail: amalia.busoni@cpmo.org.br (Autora correspondente); juliana.scotton@cpmo.org.br; wesley.costa@cpmo.org.br; valdionei.giassi@cpmo.org.br; diego.pelizari@cpmo.org.br; sergio.homma@cpmo.org.br

Palavras-chave:

Phaseolus vulgaris
fungos simbiotes
controle químico

RESUMO

Objetivou-se indicar, neste trabalho, dentre alguns fungicidas químicos recomendados para o controle das doenças em feijoeiro, quais seriam mais adequados considerando-se os fungos micorrízicos arbusculares nativos como bioindicadores. O experimento foi conduzido em casa de vegetação sob condições controladas com sete tratamentos e cinco repetições, sendo água, azoxistrobina, piraclostrobina, tebuconazol + trifloxistrobina, trifloxistrobina, óxido cuproso e mancozebe. Os parâmetros avaliados foram colonização micorrízica, número de esporos viáveis, teores foliares de N, P e K, massa seca da raiz e da parte aérea e massa fresca de vagem. Azoxistrobina, tebuconazol + trifloxistrobina e trifloxistrobina não causaram diferença significativa na colonização de fungos micorrízicos arbusculares nativos na quantidade de esporos no solo nem nos teores de N, P e K foliar em relação ao controle. Piraclostrobina, óxido cuproso e mancozebe inibiram a colonização micorrízica em referência ao controle. Os fungicidas à base de azoxistrobina, tebuconazol + trifloxistrobina ou trifloxistrobina podem ser usados para o controle das principais doenças do feijoeiro sem inibir a atividade dos fungos micorrízicos arbusculares nativos.

Key words:

Phaseolus vulgaris
fungal symbionts
chemical control

Selection of fungicides aiming preservation of the indigenous arbuscular mycorrhizal fungi in the common bean cultivation

ABSTRACT

The aim of this study was to point out which chemical fungicides, from the usually recommended ones, would be more suitable to control common beans diseases, considering indigenous arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) as bio-indicator. The experiment was conducted under controlled greenhouse conditions and was comprised by seven treatments and five plots of repetition each one. The treatments were: water, azoxystrobin, pyraclostrobin, tebuconazol + trifloxystrobin, trifloxystrobin, cuprous oxide and mancozeb. AMF root colonization index, amount of viable spore, leaf NPK content, shoot and root dry weight and pod fresh weight were assessed. Azoxystrobin, tebuconazol + trifloxystrobin and trifloxystrobin did not affect significantly the AMF root colonization, amount of spore and leaf NPK content, when compared with control. Pyraclostrobin, cuprous oxide and mancozeb inhibited the AMF root colonization. Using the azoxystrobin, tebuconazol + trifloxystrobin and trifloxystrobin are the best options to control the common bean main diseases without inhibiting AMF activities and its benefits.

INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é um elemento importante da dieta do brasileiro cujo cultivo tem influência no contexto socioeconômico nas pequenas propriedades rurais (Peloso et al., 2008). Contudo, a cultura é suscetível a inúmeras patologias que reduzem a produtividade e depreciam a qualidade do grão. Entre as principais doenças se encontram a antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) Br. & Cav.), a ferrugem (*Uromyces appendiculatus* (Pers.) Unger.) e a mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferraris) (Kimati et al., 1997). O controle dessas doenças é comumente realizado através de fungicidas químicos e dentre os recomendados mais recentes estão alguns do grupo estrobilurina, tais como azoxistrobina, piraclostrobina e trifloxistrobina ou misturas como o tebuconazol + trifloxistrobina, todos de ação sistêmica. Mancozebe e óxido cuproso, que agem por contato, também continuam sendo bastante utilizados (Andrei, 2009).

A utilização de agroquímicos para o controle de doenças nas lavouras não atinge somente micro-organismos patogênicos mas também os diversos tipos de bactérias, fungos e leveduras que, em associações livres ou endofíticas, habitam o filoplano e o rizoplano, conferindo diversos benefícios às plantas (Jansa et al., 2006; Bending et al., 2007). Dentre essas se destacam os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), uma vez que o feijoeiro é considerado uma espécie com alto grau de dependência em relação a esse simbiote (EMBRAPA, 2004). A associação entre a planta e os FMAs é considerada mutualista nutricional, ou seja, a planta supre o fungo com fotoassimilados; em contrapartida, o fungo provê a planta com nutrientes minerais e água (Berbara, 2006). A absorção de P é especialmente destacada porém os FMAs exercem contribuição para absorção de outros nutrientes, como N, K, Zn e Cu (Cardoso et al., 2010).

Os fungicidas podem exercer efeito negativo sobre esta simbiose variando conforme o modo de ação dos produtos e as espécies de FMAs envolvidas (Jin et al., 2013). Determinados ingredientes ativos são conhecidamente impactantes, tais como ditiocarbamatos, fenarimol, mepanipyrim e miclobutanil (Giovannetti et al., 2006; Hernández-Dorrego & Mestre-Parés, 2010). Portanto, esta associação se torna, se manejada adequadamente, uma ferramenta potencial para a avaliação da qualidade do agroecossistema (Gianinazzi et al., 2010; Pagano et al., 2011; Homma et al., 2012).

O objetivo deste trabalho foi indicar, dentre alguns fungicidas químicos recomendados para o controle das doenças em feijoeiro, quais seriam mais adequados considerando-se os fungos micorrízicos arbusculares nativos como bioindicadores.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Centro de Pesquisa Mokiti Okada (CPMO), localizado no município de Ipeúna, SP, no período de abril a maio de 2012. A cultura utilizada foi o feijão tipo carioca cultivar Pérola. Os fungicidas testados foram escolhidos com base no controle das três principais doenças da lavoura de feijão: antracnose, mancha angular e ferrugem.

O solo utilizado foi preparado misturando-se 1,7 kg de neossolo quartzarênico, 1,7 kg de latossolo vermelho distrófico e 0,1 kg de capim napier (*Pennisetum purpureum* (Schumach.)) picado a 5 mm e secado ao ar. A finalidade do capim picado foi proporcionar permeabilidade à água e ao ar, além de fornecer matéria orgânica ao solo. O solo preparado foi mantido levemente umedecido e repousado por 30 dias; uma amostra foi coletada para análise química de fertilidade conforme metodologia de Raij et al. (2001). Obteve-se o seguinte nível de fertilidade: pH = 5,6; MO = 3,1 g dm⁻³; P = 34,6 mg dm⁻³; Ca = 33,9 mmol_c dm⁻³; Mg = 11 mmol_c dm⁻³; K = 1,8 mmol_c dm⁻³; H+Al = 23 mmol_c dm⁻³; CTC = 69,7 mmol_c dm⁻³; V% = 67%. Foram semeadas cinco sementes de feijão, remanescendo duas plantas por vaso. O critério utilizado para a escolha foi tamanho e uniformidade, respectivamente. A micorrização do feijoeiro ocorreu de forma natural, através dos esporos nativos contidos nos dois tipos de solo utilizados uma vez que foram coletados solos em áreas de cultivo e de pastagem, anteriormente analisados e com presença de propágulos infectivos constatados.

Os tratamentos se constituíram de aplicações foliares dos diferentes fungicidas cujas dosagens, recomendadas segundo Andrei (2009), foram diluídas em volume de calda conhecido de 15 mL por vaso (Tabela 1). Os fungicidas foram pulverizados com borrifadores individuais para cada ingrediente ativo; para isto, cada tratamento foi isolado para não haver influência da deriva. As pulverizações foliares foram feitas em dois momentos do ciclo, sendo o primeiro aos 43 dias após semeadura (DAS), período este que corresponde ao início da floração, e a segunda aos 53 DAS.

O experimento foi avaliado aos 67 DAS. As vagens foram colhidas e pesadas quantificando-se sua massa fresca por vaso. As raízes foram separadas da parte aérea e lavadas em água corrente; ambas foram encaminhadas para secagem em estufa a 65 °C até peso constante determinando-se a massa seca. Amostras de 3 g de raízes de cada vaso foram separadas e preservadas em etanol 70% para análise de colonização micorrízica. Amostras de folhas dos vasos foram separadas, lavadas e secadas a peso constante a 65°C e posteriormente avaliadas quanto aos teores de N, P e K (Malavolta et al., 1997).

Tabela 1. Tratamentos e seus respectivos: ingrediente ativo (I.A.), modo de ação (M.A.), produto comercial (P.C.) e dosagem do produto comercial (D.P.C.)

Tratamentos	I.A.	M.A.	P.C.	D.P.C.
T1	Água	-	-	-
T2	Azoxistrobina	Sistêmico	Amistar WG®	120 (g ha ⁻¹)
T3	Piraclostrobina	Sistêmico	Comet®	75 (g ha ⁻¹)
T4	Tebuconazol + trifloxistrobina	Sistêmico + Mesostêmico	Nativo (LT)®	0,7 (L ha ⁻¹)
T5	Trifloxistrobina	Mesostêmico	Flint 500 WG®	225 (g ha ⁻¹)
T6	Óxido cuproso	Contato	Atar BR®	1,5 (kg ha ⁻¹)
T7	Mancozebe	Contato	Dithane NT®	2,5 (kg ha ⁻¹)

A colonização micorrízica foi avaliada pelo método da clarificação e coloração das raízes (Phillips & Hayman, 1970) e contagem de ausência e presença de estruturas fúngicas utilizando-se placa de petri quadriculada (quadrantes de 1,24 cm) e estereó-microscópio no aumento de 40 vezes (Giovannetti & Mosse, 1980). A quantidade de esporos viáveis foi determinada extraindo-as de 50 g de solo seco, seguindo a técnica de peneiramento úmido utilizando-se um jogo de peneiras com malha de 710, 250, 106 e 44 μm (Gerdemann & Nicholson, 1963), seguidas de centrifugação em água e posteriormente em sacarose, a 70% (Jenkins, 1964). O sobrenadante obtido foi colocado em placa de petri com canaletas e visualizadas com auxílio do estereó-microscópio (40 vezes).

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC), com sete tratamentos e cinco repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade através do programa estatístico Sisvar 5.3 (Ferreira, 2010). Para os dados de contagem de esporos utilizou-se a transformação $\log x$ e para os dados da massa seca do sistema radicular utilizou-se a transformação $x^{1/2}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos com os fungicidas à base de piraclostrobina, óxido cuproso e mancozebe, interferiram de forma significativa na colonização micorrízica quando comparados ao tratamento controle (Tabela 2).

Óxido cuproso e mancozebe, embora sejam princípios ativos cujo modo de ação ocorre por contato, ocasionaram inibição sobre a colonização micorrízica de forma similar a piraclostrobina, este de ação sistêmica. Este resultado pode ser atribuído à alta capacidade residual desses produtos no solo e do seu baixo potencial de translocação (Andrei, 2009). Fungos ectomicorrízicos de espécies florestais também apresentaram redução no desenvolvimento à medida que as doses de cobre foram aumentadas indicando a inabilidade dessas espécies em crescer em ambiente com excesso deste elemento (Silva et al., 2013).

Os tratamentos com azoxistrobina, tebuconazol + trifloxistrobina e trifloxistrobina não apresentaram diferença significativa na colonização micorrízica em relação ao controle (Tabela 2). A azoxistrobina e o tebuconazol não interferiram

Tabela 2. Índice de colonização micorrízica em raízes finas (COL) e número de esporos viáveis (NESP), em feijoeiro, tipo carioca, após duas aplicações de diferentes fungicidas em condições de casa de vegetação

Tratamentos	COL (%)	NESP (n.º50 g solo ⁻¹)
Água	63,8 a	63 ab
Azoxistrobina	59,4 ab	62 b
Tebuconazol + Trifloxistrobina	56,3 ab	73 ab
Trifloxistrobina	54,4 ab	103 a
Mancozebe	52,5 b	86 ab
Óxido cuproso	50,9 b	94 ab
Piraclostrobina	49,3 b	62 b
CV (%)	9,1	6,8

Médias na coluna, seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

na colonização micorrízica mesmo sendo de ação sistêmica. Diedhiou et al. (2004) observaram que a azoxistrobina + kresoxim-metil não afeta a colonização de *Glomus coronatum* Giovannetti em milho quando respeitada a dose recomendada em pulverização foliar. Reis et al. (2010) testaram o tebuconazol associado ao endossulfan e glifosate e concluíram que não houve prejuízo à colonização micorrízica em soja. Entretanto, efeito de restrição sobre a colonização micorrízica em ervilha e grão de bico com a aplicação de trifloxistrobina foi constatado por Jin et al. (2013).

Na variável quantidade de esporos no solo os tratamentos não diferiram estatisticamente em relação ao controle; contudo, o tratamento com trifloxistrobina apresentou quantidade de esporos viáveis significativamente maior que os tratamentos que utilizaram azoxistrobina e piraclostrobina (Tabela 2). Consideradas as condições experimentais: nível de fertilidade do solo utilizado no presente ensaio; a não utilização de adubação específica e a manutenção da umidade do solo em capacidade de campo durante o ciclo do feijoeiro, os fungicidas testados são a causa mais provável da alteração provocada sobre a quantidade de esporos. Concentrações de poluentes e elementos tóxicos no solo podem induzir a formação dos propágulos fúngicos mesmo na ausência de outros fatores causadores de estresse (Moreira & Siqueira, 2006).

Dentre os fungicidas testados a piraclostrobina, o óxido cuproso e o mancozebe foram os mais impactantes sobre os FMAs resultando em inibição significativa na colonização micorrízica (Tabela 2). Embora alguns fungicidas do grupo estrobilurina sejam considerados de pouco impacto sobre os FMAs (Diedhiou et al., 2004; Jin et al., 2013), o resultado da piraclostrobina no presente ensaio diverge com outros fungicidas do grupo. Apesar disto, não foi encontrada menção em literatura científica sobre efeitos especificamente da piraclostrobina sobre FMAs, uma vez que outros autores constataram a necessidade de estudos com esse ingrediente ativo (Clapperton, 2009).

Os fungicidas mancozebe e óxido cuproso exerceram inibição sobre a taxa de colonização micorrízica em relação ao controle. Esses dois ingredientes ativos são bastante conhecidos quanto à sua perturbação nos fungos micorrízicos (Graham et al., 1986). O efeito inibitório do cobre sobre a colonização micorrízica merece atenção especial, pois é largamente utilizado no controle de doenças fúngicas em plantas, inclusive no sistema orgânico de cultivo agrícola (Kimati et al., 1997).

A trifloxistrobina não inibiu o índice de colonização micorrízica do feijoeiro (Tabela 2). No entanto, efeito restritivo sobre a colonização micorrízica da trifloxistrobina foi observado em ervilhas e grão de bico quando utilizados no tratamento de sementes (Jin et al., 2013).

O fungicida com a mistura tebuconazol + trifloxistrobina proporcionou resultado de colonização micorrízica similar ao produto com somente trifloxistrobina. O tebuconazol é mencionado como não impactante a este tipo de endófito (Burrows & Ahmed, 2007; Reis et al., 2010), o que pode ter atenuado o estresse quando aplicado em mistura. Schalamuk et al. (2014) verificaram aumento na densidade de esporos e arbúsculos de FMAs a partir da aplicação de tebuconazol + trifloxistrobina no controle da septoriose no trigo.

A azoxistrobina teve o menor efeito restritivo sobre a colonização micorrízica apresentando índice bastante próximo ao controle sendo significativamente menor quando comparada com três dos fungicidas testados (mancozebe, óxido cuproso e piraclostrobina), conforme tabela 2. Outro ponto que classifica a azoxistrobina como pouco impactante em relação aos fungos micorrízicos é a esporulação em quantidade semelhante à do controle. Em ensaios realizados com a cultura de milho a azoxistrobina mostrou-se pouco agressiva ao simbionte (Diedhiou et al., 2004).

O tratamento com óxido cuproso apresentou o menor teor de fósforo (P) foliar, sendo significativamente menor se comparado ao mancozebe (Tabela 3). Porém ambos não diferiram estatisticamente em relação ao tratamento controle. Não houve diferença nos teores de nitrogênio (N) e potássio (K) foliar entre os tratamentos. O menor teor de P foliar no tratamento com óxido cuproso coincide com sua interferência sobre a colonização micorrízica (Tabela 3).

As aplicações dos fungicidas não interferiram no desenvolvimento vegetativo nem no sistema radicular do feijoeiro, medido pela massa seca da parte aérea e das raízes e massa fresca de vagens (Tabela 4). As variações nos índices de colonização micorrízica e quantidade de esporos viáveis no solo não refletiram diretamente no desenvolvimento do feijoeiro. Embora os benefícios dos FMAs na cultura do feijoeiro, no que tange à nutrição de plantas, principalmente o P (Moreira & Siqueira, 2006), sejam bastante conhecidos, não ocorreram no presente experimento.

De forma geral, a azoxistrobina, o tebuconazol + trifloxistrobina e a trifloxistrobina são as opções menos

Tabela 3. Teores de conteúdo nutricional foliar em cultura de feijão com duas aplicações de diferentes fungicidas no intervalo de dez dias em condições de casa de vegetação

Tratamentos	N	P	K
	(g kg ⁻¹)		
Água	26 a	3,6 ab	3,9 a
Azoxistrobina	27 a	4,0 ab	3,7 a
Tebuconazol + Trifloxistrobina	29 a	3,2 ab	4,1 a
Trifloxistrobina	28 a	3,4 ab	3,6 a
Mancozebe	26 a	4,3 a	3,6 a
Óxido Cuproso	28 a	3,0 b	3,6 a
Piraclostrobina	27 a	3,4 ab	3,8 a
CV (%)	19,1	16,8	13,8

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 4. Massa seca do sistema radicular (MSSR), massa seca parte aérea (MSPA) e massa fresca de vagem (MFV), em cultura de feijão, tipo carioca, após duas aplicações de diferentes fungicidas no intervalo de dez dias

Tratamentos	MSSR	MSPA	MFV
	(g)		
Água	2,2 a	14,2 a	43,6 a
Azoxistrobina	1,8 a	13,7 a	38,4 a
Tebuconazol + trifloxistrobina	1,7 a	12,2 a	40,2 a
Trifloxistrobina	2,0 a	13,5 a	40,0 a
Mancozebe	1,7 a	14,9 a	44,5 a
Óxido cuproso	1,9 a	12,5 a	43,4 a
Piraclostrobina	2,5 a	13,9 a	42,4 a
CV (%)	12,4	11,4	19,5

Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

impactantes à simbiose entre o feijoeiro e o endófito considerando-se seus resultados sobre a taxa de colonização micorrízica.

CONCLUSÕES

1. A colonização micorrízica no feijoeiro é inibida com o uso de piraclostrobina, óxido cuproso e mancozebe em relação ao controle mas não é alterada com a aplicação de azoxistrobina, tecubonazol + trifloxistrobina e trifloxistrobina.
2. O desenvolvimento vegetativo e o sistema radicular do feijoeiro não são alterados com o uso de fungicidas.
3. A azoxistrobina, tebuconazol + trifloxistrobina ou trifloxistrobina são as opções mais indicadas no controle das doenças do feijoeiro sem comprometer a preservação dos fungos micorrízicos arbusculares nativos.

LITERATURA CITADA

- Andrei, E. (coord.). Compêndio de defensivos agrícolas: guia prático de produtos fitossanitários para uso agrícola. 8.ed. São Paulo: Andrei, 2009. 1378p.
- Bending, G. D.; Rodríguez-cruz, S.; Lincoln, S. D. Fungicide impacts on microbial communities in soils with contrasting management histories. *Chemosphere*, v.69, p.82-88, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.04.042>
- Berbara, R. L. L. Fungos micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição. In: Fernandes, M. S. (Ed.). Nutrição mineral de plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.53-88.
- Burrows, R. L.; Ahmed, I. Fungicide seed treatments minimally affect arbuscular-mycorrhizal fungal (AMF) colonization of selected vegetable crops. *Journal Biological Science*, v.7, p.417-420, 2007. <http://dx.doi.org/10.3923/jbs.2007.417.420>
- Cardoso, E. J. B. N.; Cardoso, I. M.; Nogueira, M. A.; Maluche-Baretta, C. R. D.; Paula, A. M. Micorrizas arbusculares na aquisição de nutrientes pelas plantas. In: Siqueira, J. O.; Souza, F. A.; Cardoso, E. J. B. N.; Tsai, S. M. (ed.) Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil. Lavras: UFLA, 2010. 716p.
- Clapperton, J. Pesticide effects on soil biology. *Leading Edge - The Journal of No-Till Agriculture*, v.8, p.478-486, 2009.
- Diedhiou, P. M.; Oerke, E. C.; Dehne, H. W. Effects of the strobilurin fungicides azoxystrobin and kresoxim-methyl on arbuscular mycorrhiza. *Journal of Plant Diseases and Protection*, v.111, p.545-556, 2004.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Dependência micorrízica de diferentes culturas anuais, adubos verdes e pastagens em solos de cerrado: Relatório do ano de 2004. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 3p.
- Ferreira, D. F. Programa de análises estatísticas (Statistical Analysis Software) e planejamentos de experimentos - Sisvar 5.3 - Universidade Federal de Lavras, 2010.
- Gerdemann, J. W.; Nicholson, T. H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, v.46, p.235-244, 1963. [http://dx.doi.org/10.1016/S0007-1536\(63\)80079-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0007-1536(63)80079-0)
- Gianinazzi, S.; Gollotte, A.; Binet, M.; Tuinen, D. van; Redecker, D.; Wipf, D. Agroecology: The key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. *Mycorrhiza*, v.20, p.519-530, 2010. <http://dx.doi.org/10.1007/s00572-010-0333-3>

- Giovannetti, M.; Mosse, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytology*, v.91, p.183-189, 1980. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.1980.tb04556.x>
- Giovannetti, M.; Turrini, A.; Strani, P.; Sbrana, C.; Avio, L.; Pietrangeli, B. Mycorrhizal fungi in ecotoxicological studies: Soil impact of fungicides, insecticides and herbicides. *Prevention Today*, v.2, p.47-61, 2006.
- Grahan, J. H.; Timmer, L.W.; Fardelman, D. Toxicity of fungicidal copper in soil to citrus seedlings and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Disease Control and Pest Management*, v.76, p.66-70, 1986.
- Hernández-Dorrego, A.; Mestre-Parés, J. Evaluation of some fungicides on mycorrhizal symbiosis between two glomus species from commercial inocula and *Allium porrum* L. seedlings. *Spanish Journal of Agricultural Research*, v.8, p.43-50, 2010. <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/201008S1-1222>
- Homma, S. K.; Tokeshi, T.; Mendes, L. W.; Tsai, S. M. Long-term application of biomass and reduced use of chemicals alleviate soil compaction and improve soil quality. *Soil & Tillage Research*, v.120, p.147-153, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2012.01.001>
- Jansa, J.; Wiemken, A.; Frossard, E. The effects of agricultural practices on arbuscular mycorrhizal fungi. *Geological Society, Special Publications*, v.266, p.89-115, 2006. <http://dx.doi.org/10.1144/GSL.SP.2006.266.01.08>
- Jenkins, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Report*, v.48, p.692-695, 1964.
- Jin, H.; Germida, J. J.; Walley, F. L. Suppressive effects of seed-applied fungicides on arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) differ with fungicide mode of action and AMF species. *Applied Soil Ecology*, v.72, p.22-30, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.05.013>
- Kimati, H.; Amorim, L.; Bergami Filho, A.; Camargo, L. E. A.; Rezende, J. A. Manual de fitopatologia. São Paulo: Ceres IV, v.2, 1997. 776p.
- Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, A. O. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed., ver. e atual. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- Moreira, F. M. S.; Siqueira, J. O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. 2.ed. Lavras: UFLA, 2006. 729p.
- Pagano, M. C.; Utida, M. K.; Gomes, E. A.; Marriel, I. E.; Cabello, M. N.; Scotti, M. R. Plant-type dependent changes in arbuscular mycorrhizal communities as soil quality indicator in semi-arid Brazil. *Ecological Indicators*, v.11, p.643-650, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.09.001>
- Peloso, M. J. del; Wander, A. E.; Stone, L. F. Feijão comum: impulsionando a produção e a produtividade de grãos na agricultura brasileira. In: Albuquerque, A. C. S.; Silva, A. G. da. *Agricultura tropical: Quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p.219-233.
- Phillips, J. M.; Hayman, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, v.55, p.158-161, 1970. [http://dx.doi.org/10.1016/S0007-1536\(70\)80110-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0007-1536(70)80110-3)
- Rajj, B. van; Andrade, J. C.; Cantarella, H.; Quaggio, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas Instituto Agronômico, 2001. 285p.
- Reis, M. R.; Silva, A. A.; Pereira, J. L.; Freitas, M. A. M.; Costa, M. D.; Silva, M. C. S.; Santos, E. A.; França, A. C.; Ferreira, G. L. Impacto do glyphosate associado com endossulfan e tebuconazole sobre micro-organismos endossimbiontes da soja. *Planta Daninha*, v.28, p.113-121, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582010000100014>
- Schalamuk, S.; Velazques, S.; Simón, M. R.; Cabello, M. Effect of septoria leaf blotch and its control with commercial fungicides, on arbuscular-mycorrhizal-fungal colonization, spore numbers, and morphotype diversity. *Journal of Plant Protection Research*, v.54, p.9-14, 2014. <http://dx.doi.org/10.2478/jppr-2014-0002>
- Silva, R. F.; Lupatini, M.; Trindade, L.; Antonioli, Z. I.; Steffen, R. B.; Andrezza, R. Copper resistance of different ectomycorrhizal fungi such as *Pisoliyhus microcarpus*, *Pisolithus* sp., *Scleroderma* sp. and *Suillus* sp. *Brazilian Journal of Microbiology*, v.44, p.619-627, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-83822013005000039>