

Potencial de Inóculo e Colonização Micorrízica da Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) sob Manejo de Plantas de Cobertura⁽¹⁾

Elaine dos Santos⁽²⁾; Cláudio Roberto Fonsêca Sousa Soares⁽³⁾; Sidney Luiz Stürmer⁽⁴⁾; Daniel Alexandre Heberle⁽⁵⁾; Paulo Emílio Lovato⁽⁶⁾; Luiz Augusto Martins Peruch⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Projeto: Desenvolvimento da Cadeia Produtiva da Mandioca no Centro-Sul do Brasil (CNPq/FAPESB); ⁽²⁾ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, bolsista CAPES, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis-SC, elainesantos82@gmail.com; ⁽³⁾ Professor da UFSC, Bolsista Produtividade do CNPq; ⁽⁴⁾ Professor da Universidade Regional de Blumenau; ⁽⁵⁾ Doutorando da Universidade do Estado de Santa Catarina; ⁽⁶⁾ Professor da Universidade Federal de Santa Catarina; ⁽⁷⁾ Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina.

RESUMO: Nos países em desenvolvimento a mandioca é uma importante fonte alimentar, por ser cultivada em pequenas áreas e em solos com baixa disponibilidade nutricional, possui relação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA), os quais ampliam a extensão das raízes e favorecem a absorção de nutrientes do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de plantas de cobertura no potencial de inóculo de FMA e seu efeito na colonização micorrízica da mandioca. Foram implantados a campo seis tratamentos com plantas de cobertura, sob delineamento em blocos casualizados, incluindo Aveia (A) (*Avena* spp.), Ervilhaca (E) (*Vicia* spp.), Nabo (N) (*Raphanus sativus* L), e o consórcio com A+E e A+E+N, e um tratamento controle com parcelas roçadas a cada 15 dias. As plantas de cobertura foram cultivadas por 110 dias e analisado o potencial de inóculo de FMA. Em seguida realizou-se o plantio da mandioca, com avaliações da colonização micorrízica aos 30, 70 e 110 dias após plantio (DAP). As variáveis analisadas foram influenciadas pelas plantas de cobertura, onde a aveia apresentou aumento de 133% no número de esporos em relação ao controle, já o tratamento consorciado de A+E+N, apresentou o NMP seis vezes superior ao tratamento com apenas ervilhaca. A colonização micorrízica da mandioca foi alta nos 30 DAP. Conclui-se que as plantas de cobertura favorecem o potencial de inóculo de FMA e o emprego de aveia (solteira ou consorciada) mantém elevada colonização micorrízica na cultura da mandioca.

Termos de indexação: conservação do solo, micorriza arbuscular, simbioses radiculares.

INTRODUÇÃO

As relações entre as práticas culturais como o sistema de preparo e a adubação influenciam a produtividade na cultura da mandioca e, como alternativa, surge o uso de plantas de coberturas que permitem maior proteção do solo e maior exploração de elementos pouco móveis como é o caso do fósforo. As plantas de cobertura ainda

podem desempenhar importante papel na multiplicação de propágulos de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) que são conhecidos como importantes para o fornecimento de P de várias culturas em sucessão como é o caso da mandioca (Moreira & Siqueira, 2006).

A colonização micorrízica tem como principal efeito a ampliação do volume de solo explorado pelas raízes por meio das hifas extraradiculares dos FMA, ampliando a faixa de alcance. Este aspecto é muito importante para espécies vegetais que apresentam sistema radicular pouco desenvolvido, como a mandioca, ocasionando uma elevada dependência desta cultura aos FMA (Colozzi & Nogueira, 2007). Assim, qualquer alteração na dinâmica da população destes fungos pode comprometer o estabelecimento da simbiose e, consequentemente, redução na produtividade desta cultura (Miranda & Miranda, 1997).

Alguns fatores precisam ser considerados quanto a relação entre plantas e diversidade de FMA, incluindo a variação espacial, a idade, o tempo de cultivo, as plantas simbióticas e as estratégias de sobrevivência desses fungos. Existem espécies vegetais que podem ser ou não micotróficas, onde as leguminosas e gramíneas exercem melhor o papel de multiplicadoras dos FMA, contrapondo espécies como as crucíferas, pouco eficientes como planta hospedeira (não micotrófica), aspectos que interferem na colonização e esporulação de FMA (Gomide et al., 2009). Entretanto, esta relação é variável entre a espécie vegetal e alguns grupos de FMA, apresentando respostas diferentes para a cultura em sucessão (Heijden et al., 1998). Ao utilizar diferentes plantas de cobertura proporciona-se uma variedade de espécies vegetais que servirão de hospedeiras para os fungos e vão influenciar no número de propágulos, no potencial de inóculo e na diversidade de FMAs.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a influência de plantas de cobertura no potencial de inóculo de FMA e seu consequente efeito na colonização micorrízica da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz).

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em uma área da Estação Experimental da EPAGRI em Urussanga, localizada no litoral Sul Catarinense no período de 16/7/2012 a 22/02/2013. O solo da área é um Argissolo Vermelho-Amarelo com os seguintes atributos físico-químicos: 330 g kg⁻¹ de argila; 17 g kg⁻¹ MO; pH_{H2O} 6,1; Índice SMP 6,5; 40,9 mg kg⁻¹ de P disponível e 241,1 mg kg⁻¹ de K trocável (ambos extraídos por Mehlich1); 0,0 cmol_c kg⁻¹ Al trocável, 3,2 cmol_c kg⁻¹ de Ca trocável e 1,5 cmol_c kg⁻¹ de Mg trocável (ambos extraídos por KCl 1 mol L⁻¹).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, e seis tratamentos com diferentes plantas de cobertura utilizando: Aveia (A); Ervilhaca (E); Nabo (N); e consórcio com A+E e A+E+N, além de um tratamento controle com parcelas roçadas a cada 15 dias (**Figura 1A**). O preparo da área com as plantas de cobertura foi realizado em Julho de 2012 em parcelas com área de 19,45 m². Os tratamentos contendo Aveia, Ervilhaca e Nabo receberam 0,12; 0,14 e 0,02 kg de sementes por parcela, respectivamente, quando aplicadas de forma solteira; e 0,03; 0,04 e 0,01 kg de sementes por parcela, respectivamente quando consorciadas. Após 110 dias de plantio das plantas de cobertura estas foram roçadas e foram coletadas amostras de solo na camada de 0-10 cm de profundidade para caracterização e contagem de esporos de FMA e avaliação do número mais provável (NMP) de propágulos infectivos.

Amostras compostas de cada parcela foram obtidas e, a partir de 50 g de solo, empregou-se o método de peneiramento úmido e centrifugação em sacarose para a extração de esporos (Gerdemann & Nicolson, 1963), aonde foram encontradas nove espécies de FMA, incluindo *Acaulospora mellea*; *A. morrowiae*; *Dentiscutata heterogama*; *Funnneliformis mosseae*; *Glomus* sp1; *Glomus* sp2; *Glomus* sp3; *Paraglomus occultum*; *Scutellospora* sp., cuja identificação contou com a colaboração do prof. Sidney Luiz Sturmer da FURB.

Para a avaliação do NMP de propágulos infectivos de FMA, amostras de solo de cada parcela foram peneiradas (malha de 2 mm) onde 60 mL de solo foi diluído em séries decimais (10¹ a 10⁵), homogeneizando-se com amostras de solo autoclavado (540 mL), empregando-se cinco repetições por diluição. Nesta avaliação foi utilizado um inóculo de *Rhizophagus clarus* (UFSC 06) como referência, que continha 953 esporos 50 mL solo⁻¹. As misturas obtidas foram acondicionadas em tubetes de 100 mL e em seguida foram semeados com sorgo (*Sorghum bicolor*) e mantidos em casa

de vegetação por 45 dias (Bagyaraj & Stürmer, 2010). Ao final deste período, as raízes de sorgo foram avaliadas quanto a presença ou ausência de colonização micorrízica, através do método de clareamento e coloração das raízes (Koske & Gemma, 1989), sendo estes resultados utilizados para a determinação do NMP conforme descrito por Alexander (1982).

Após cultivo das plantas de cobertura efetuou-se o plantio da mandioca (genótipo Oriental), utilizando-se manivas com 15 cm apresentando de 3 a 4 gemas. O espaçamento entre linhas e entre plantas foi de 0,90 m, com quatro fileiras e seis manivas por linha (**Figura 1B**). Periodicamente foram coletadas raízes de mandioca aos 30, 70 e 110 DAP, para a determinação da porcentagem de colonização micorrízica utilizando-se o método de inteseção das linhas cruzadas proposto por Giovanetti & Mosse (1980), após clareamento e coloração das raízes conforme descrito anteriormente.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Os dados referentes ao número de esporos de FMA foram transformados por log (x+1), enquanto o NMP de propágulos infectivos de FMA e colonização micorrízica foram transformados em log (x) e arcoseno (% colonização/100)^{0,5}, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os propágulos infectivos de FMA foram avaliados pelo número de esporos nas amostras de solo e pelo ensaio do NMP (**Tabela 1**). Verificou-se que estas variáveis foram influenciadas pelas plantas de cobertura, onde o tratamento com aveia apresentou incrementos de 133% no número de esporos em relação ao tratamento controle. O NMP do tratamento consorciado de A+E+N foi seis vezes superior ao tratamento apenas com ervilhaca. Estes resultados evidenciam os benefícios das plantas de cobertura e do consórcio destas na quantidade de propágulos infectivos de FMA. O nabo é conhecido como não micotrófico (Miranda et al. 2001), contudo verifica-se que este tratamento apresentou valores intermediários de propágulos de FMA e isto pode ser resultado de cultivos anteriores na área experimental que pode ter mantido propágulos fúngicos no solo. Nota-se que a introdução de aveia (isolada ou em consórcio) possibilitou incrementos no número de propágulos de FMA no solo, que pode estar relacionado com a morfologia das raízes destas gramíneas, e por serem conhecidas como multiplicadoras de FMA (Gaiad et al., 2000). Apesar dos efeitos das plantas de cobertura no potencial infectivo dos FMA, nota-se

que os valores obtidos (média de NMP = 1,84 prop. infectivos mL solo⁻¹) são cerca de 100 vezes inferiores ao inóculo referência de *R. clarus* (NMP = 183 prop. infectivos mL solo⁻¹). De fato, os valores de NMP de FMA encontrados neste estudo são inferiores aqueles encontrados em outras culturas agrícolas variando de 4 a 27 propágulos infectivos mL solo⁻¹ (Adelman & Morton, 1986).

Apesar do baixo potencial de inóculo no solo, a mandioca apresentou altos valores de colonização micorrízica aos 30 DAP (**Figura 1C**), com destaque para o tratamento A+E (colonização de 82%) e mesmo no tratamento controle, esta ainda foi elevada com 70%, que pode estar relacionado com o elevado grau de micotrofismo da mandioca (Colozzi & Nogueira, 2007). Já aos 70 e 110 DAP a colonização micorrízica foi pouco influenciada pelas plantas de cobertura, porém houve maior porcentagem de colonização ao longo do tempo nos tratamentos com aveia solteira e consorciada em relação ao tratamento com nabo. De fato, fica evidenciado que populações de FMA efetivas para esta cultura e sob sistemas de rotação promovem elevada colonização micorrízica mesmo após cinco meses de cultivo (Sieverding, 1991).

O presente estudo encontra-se em andamento e aspectos relacionados à influência das plantas de cobertura na diversidade de FMA, nutrição de P e produção da mandioca estão sendo investigados.

CONCLUSÕES

Plantas de cobertura como a aveia e seu consórcio com ervilhaca e nabo, favorecem o potencial de inóculo em solo com baixo número de propágulos de FMA.

A adoção de plantas de cobertura utilizando aveia (solteira ou consorciada) mantém maiores porcentagens de colonização radicular da mandioca ao longo do tempo, sendo esta mais vantajosa do que a aplicação de nabo isoladamente.

AGRADECIMENTOS

A CAPES pela concessão da bolsa a Elaine dos Santos e ao CNPq/FAPESC (processo n°: 562640/2010-0) pelo apoio financeiro ao projeto.

REFERÊNCIAS

ADELMAN, M.J. & MORTON, J.B. Infectivity of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi: Influence of host-soil diluent combinations on MPN estimates and percentage colonization. *Soil Biology & Biochemistry*, 18:77-83, 1986.

ALEXANDER, M. Most probable number method for microbial populations. In: PAGE, A.L. ed. *Methods of Soil*

Analysis. Part 2: chemical and microbiological properties. 2 ed. Madison: American Society of Agronomy, 1982. p.815-820.

BAGYARAJ, J.D. & STÜRMER, S.L. Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs) In: MOREIRA, F. M. de S.; HUISING, E. J.; BIGNELL D. E., ed. *Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade*. Lavras: UFLA, 2010. p. 205-225.

COLOZZI, A. & NOGUEIRA, M.A. Micorrizas Arbusculares em Plantas Tropicais: Café, Mandioca e Cana-de-açúcar. In: SILVEIRA, A.P.D. & S.S. FREITAS. ed. *Microbiota do Solo e Qualidade Ambiental*. Instituto Agrônomo, Campinas, 2007. p.38-56.

GAIAD, S., CURCIO, G.R., RACHWAL, M.F.G. Ocorrência de Fungos Micorrízicos Arbusculares, em latossolo vermelho escuro sob diferentes formas de ocupação em Altônia-PR. Colombo: EMBRAPA-Florestas, 2000. 12p.

GERDEMANN, J.W. & NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet-sieving decanting. *T. Br. Mycol. Soc.* 46:235-244. 1963.

GIOVANNETTI, M. & B. MOSSE. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, 84:484-500, 1980.

GOMIDE, P.H.O. et al. Diversidade e função de FMAs em sucessão de espécies hospedeiras. *Pesq. Agrop. Brasileira*, 44:1483-1490, 2009.

HEIJDEN, M.G.A.V. et al. Different arbuscular mycorrhizal fungal species are potential determinants of plant community structure. *Ecology*, 79:2082-2091, 1998.

KOSKE, R. E. & GEMMA, J.N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. *Mycological Research*, 92:486-488. 1989.

MIRANDA, J.C.C.; MIRANDA, L.N. Micorriza Arbuscular. In: VARGAS, M.A.; HUNGRIA, M., ed. *Biologia dos solos dos cerrados*. Brasília: EMBRAPA, 1997, p.69-123.

MIRANDA, J.C.C.; MIRANDA, L.N.; VILELA, L.; VARGAS, M.A.; CARVALHO, A.M. Manejo da Micorriza Arbuscular por meio da rotação de culturas nos sistemas agrícolas do Cerrado. Brasília: EMBRAPA, 2001. 3p.

MOREIRA, F.M. de S. & SIQUEIRA, J.O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 729p.

SIEVERDING, E. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Eschborn: GTZ, 1991. 371p.

Tabela 1- Número de propágulos infectivos de fungos micorrízicos arbusculares e colonização micorrízica da mandioca após cultivo de plantas de cobertura.

Tratamentos	Nº. propágulos infectivos mL solo ⁻¹		Colonização micorrízica da mandioca (%)		
	Esporos de FMA	NMP	30 DAP ⁽²⁾	70 DAP	110 DAP
Controle (roçado)	4,19 ab	1,21 ab ⁽¹⁾	70 bA ⁽¹⁾	70 aA	19 abB
Aveia (A)	9,78 a	2,08 ab	76 abA	70 aA	20 abB
Ervilhaca (E)	4,87 ab	0,57 b	71 bA	71 aA	19 abB
Nabo (N)	5,22 ab	1,05 ab	68 bA	64 aA	13 bB
A + E	6,61 ab	2,28 ab	82 aA	65 aB	16 abC
A + E + N	3,82 b	3,87 a	70 bA	70 aA	20 aB
Inóculo de <i>R. clarus</i> (referência)	19	183	-	-	-
	CV = 7,55%	CV = 12,50%	CV = 4,88%		

(1) As médias seguidas de mesma letra maiúscula, na vertical, ou minúscula, na horizontal, não diferem pelo teste de Tukey a 5 %.

(2) DAP = Dias após plantio da mandioca.



Figura 1 – A: Área experimental com as plantas de cobertura em desenvolvimento; B: Desenvolvimento da mandioca sobre parcela com planta de cobertura já roçada aos 70 DAP; C: Raiz de mandioca colonizada por fungos micorrízicos.