



Nutrição Fosfatada de Mudanças de Cana-de-Açúcar Inoculadas com Diferentes Espécies de Fungos Micorrízicos Arbusculares⁽¹⁾

Rosalba Ortega Fors⁽²⁾; Graciane Siqueira Corrêa⁽³⁾; Ricardo Luis Louro Berbara⁽⁴⁾; Orivaldo José Saggin Júnior⁽⁵⁾

⁽¹⁾Trabalho executado com recursos do convênio 10088 (Embrapa - Quatá S/A - FUNARBE), sendo parte da dissertação de mestrado da primeira autora.

⁽²⁾Mestranda no Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo (Bolsista PEC PG - CNPq), Universidade Federal Rural de Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, rosalbaof@gmail.com; ⁽³⁾Graduanda em Agronomia, Universidade Federal Rural de Rio de Janeiro; ⁽⁵⁾Professor, Universidade Federal Rural de Rio de Janeiro; ⁽⁴⁾Pesquisador, Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ.

RESUMO: Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) (Filo Glomeromycota) representam uma alternativa de aumentar a sustentabilidade produtiva na agricultura. Isso por diminuir a dependência de adubos fosfatados, principalmente em solos tropicais. O presente estudo visou selecionar espécies de FMAs capazes de melhorar a nutrição fosfatada de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp. Variedade SP 81-3250). Foram conduzidos quatro experimentos em casa de vegetação avaliando a inoculação de nove espécies de FMAs. Cada experimento foi conduzido em um solo diferente, fertilizado com $\frac{1}{3}$ da adubação de P e $\frac{1}{2}$ da adubação de K recomendada para cana-de-açúcar no estado do Rio de Janeiro. Aos 60, 90 e 120 dias após a inoculação das mudas foram amostrados discos de folha de 8 mm de diâmetro para análise do conteúdo e teor de P. Foi observado que as espécies de FMAs influenciam de maneira diferente a nutrição fosfatada da cana-de-açúcar. A resposta da cultura à inoculação variou em função do tipo de solo, e provavelmente, da população de FMAs nativa de cada um dos solos avaliados. Generalizando os resultados dos quatro experimentos, as espécies de FMAs que mais frequentemente contribuem com a nutrição fosfatada das mudas de cana são: *Dentiscutata heterogama*, *Acaulospora colombiana*, *Acaulospora morrowiae* e *Scutellospora calospora*. Essas espécies apresentam potencial para compor um inoculante de FMAs para mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar.

Termos de indexação: fósforo, *Saccharum*, Glomeromycota, micorrizas, inoculação

INTRODUÇÃO

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), exclusivos do Filo Glomeromycota, se associam com as raízes de cerca de 80% das plantas vasculares (Varma, 2008). Em conjunto estabelecem uma das simbioses de maior importância na natureza: a micorriza arbuscular

(MA). A mesma tem um caráter mutualista, promovendo numerosos benefícios às plantas, principalmente, aumentos na absorção de água e nutrientes.

Entre os nutrientes, o aumento na absorção do P é considerado o maior benefício da micorriza arbuscular para as plantas (Stürmer & Siqueira, 2013). O mesmo representa um elemento fundamental para o desenvolvimento vegetal, porém o fosfato é um íon de baixa mobilidade no solo, altamente precipitado em condições de pH extremos, e de teores críticos para a agricultura, principalmente em regiões tropicais. Os FMAs, conseguem, através das suas hifas, explorar uma maior superfície e volume de poros do solo comparados às raízes das plantas, favorecendo assim a absorção do P.

No Brasil, o cultivo da cana-de-açúcar ocupa uma área superior aos 9 milhões de hectares (ÚNICA, 2014), sendo o país o maior produtor mundial desta cultura. A mesma consome um considerável percentual de nutrientes na agricultura brasileira. Conseqüentemente, a inserção da inoculação de FMAs previamente selecionados no ciclo produtivo da cana poderia diminuir a dependência da cultura nos fertilizantes fosfatados. Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi selecionar espécies de FMAs capazes de melhorar a nutrição fosfatada de mudas de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp. Variedade SP 81-3250).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos quatro experimentos em casa de vegetação avaliando a inoculação de nove espécies de FMAs em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar. As mesmas foram produzidas a partir de colmos de 9 meses de idade. Estes foram cortados em minirebolos ou segmentos de colmo de aproximadamente 1,5 cm contendo uma única gema. Os minirebolos foram pré-brotados em areia com vermiculita (2:1) esterilizada e mantidos neste substrato por 30 dias.

Cada experimento foi conduzido em um solo



diferente (**Tabela 1**). Dois dos solos foram coletados em Quatá, SP, sendo argissolos. Um deles correspondente a uma área submetida à monocultura de cana-de-açúcar há pelo menos 15 anos (AMC) e outro a uma área de expansão de canavial anteriormente cultivada com pastagem de *Brachiaria ruziziensis* (AEC). O terceiro solo, um argissolo vermelho escuro (AVE), foi coletado no município de Itumirim, MG, em área do bioma Cerrado. O quarto solo, um planossolo (PST), foi coletado no Campo Experimental Terraço da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ, em área de planície costeira. Os quatro tipos de solos foram coletados na camada de 0-20 cm de profundidade. Foram submetidos a secagem, peneiramento e, posteriormente, foi aplicada calagem e $\frac{1}{3}$ da adubação de P e $\frac{1}{2}$ da adubação de K recomendada para cana-de-açúcar no estado do Rio de Janeiro (Freire et al., 2013). Assim todos os solos receberam o equivalente a 30 kg_{ha}⁻¹ de P₂O₅ e 20 kg_{ha}⁻¹ de K₂O. Nitrogênio e micronutrientes foram aplicados via ferti-irrigação na dosagem diária de 30 mL por vaso.

Tabela 1 - Solos utilizados nos experimentos de seleção de espécies de FMAs para cana-de-açúcar e sua caracterização química (Análise química prévia a adubação e calagem).

Solos	pH em água (2:1)	P (mg/dm ³)	K (mg/dm ³)	C g/kg
AMC	5,98	9,35	44,00	3,2
AEC	5,35	6,60	39,00	2,8
AVE	5,30	0,55	30,00	3,4
PST	5,07	2,54	21,00	3,0

Em cada experimento foi avaliada a inoculação de 9 espécies de FMAs (*Acaulospora colombiana*, *Acaulospora morrowiae*, *Acaulospora scrobiculata*, *Claroideoglossum etunicatum*, *Dentiscutata heterogama*, *Entrophospora contigua*, *Gigaspora margarita*, *Rizophagus clarus* e *Scutellospora calospora*) todas obtidas da Coleção de Fungos Micorrízicos da Embrapa Agrobiologia (COFMEA), Seropédica, RJ. Além disso, foram incluídos dois controles não inoculados, um deles com a mesma adubação dos demais tratamentos e outro com a adubação completa de P e K recomendada para cana-de-açúcar no estado do Rio de Janeiro (Freire et al., 2013). Assim, cada experimento teve 11

tratamentos, com 5 repetições em delineamento de blocos casualizados.

As amostras para análise de P consistiram em discos de folha de 8 mm de diâmetro obtidos do terço médio da folha +1 (Dillewijn, 1952) em cada planta. Foram feitas amostragens de discos aos 60, 90 e 120 dias após o transplante e inoculação das mudas pré-brotadas. Os discos de folha foram secados em estufa (60°C) e pesados. Foi determinada a quantidade de P no disco de folha (µg de P/disco) pela metodologia proposta por Habte (1993) e com base no peso do disco estimou-se o teor de P no tecido foliar (g/kg) de cada planta.

Para a análise estatística dos dados foi empregado o programa SISVAR 4.3 (Ferreira, 2011). Os mesmos foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade de variância. Posteriormente foram submetidos a teste de médias (Scott Knott 5%).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

AMC. Neste solo não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos inoculados e os controles, na quantidade de P nos discos de folha (Fig.1), nem no teor de P no tecido foliar. O fato dos tratamentos inoculados, mesmo com quantidades reduzidas de adubo fosfatado, não ter resultado em menores teores de P na planta em relação ao controle com adubação completa representa um possível indicador de que a inoculação com FMA incrementou satisfatoriamente a eficiência de aproveitamento do fertilizante fosfatado.

Estudos realizados em áreas de monocultura continuada têm reportado que esse sistema seleciona espécies de FMAs de baixa eficiência simbiótica (Carrenho et al., 2010). Neste solo oriundo de área com prolongada monocultura de cana-de-açúcar, as espécies inoculadas podem ter promovido melhorar a absorção de P desta cultura.

AEC. Neste solo, a quantidade de P no disco de folha apresentou diferenças entre os tratamentos somente aos 120 dias após a inoculação (Fig.2). As maiores quantidades corresponderam ao controle com adubação completa de P (C2) junto com alguns tratamentos de inoculação, sendo eles *A. morrowiae*, *A. colombiana*, *R. clarus*, *C. etunicatum* e *D. heterogama*. Aos 60 e 90 dias após a inoculação não houve diferença entre os tratamentos nas quantidades de P no disco de folha, assim como nas três épocas de avaliação no teor de P no tecido. Estes resultados mais uma vez mostram como a absorção de P, mesmo com a adubação



fosfatada reduzida a 50 % não foi afetada até os 120 dias.

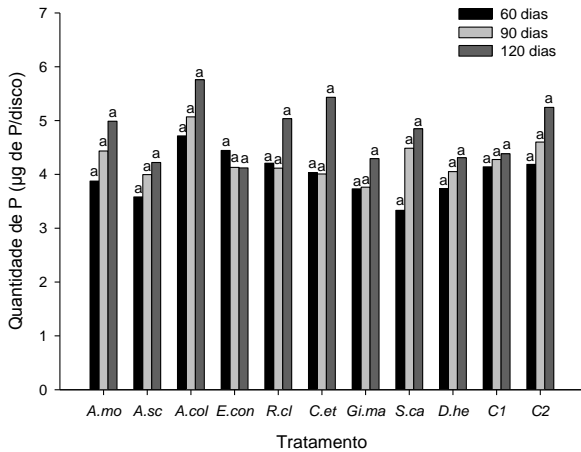


Figura 1 - Quantidade de P em discos de folha (μg de P/disco de folha) de plantas de cana-de-açúcar cultivadas em solo de AMC após 60, 90 e 120 dias da inoculação. Letras iguais indicam ausência de diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste de Scott-Knott 5%. **A.mo**: *A. morrowiae*; **A.sc**: *A. scrobiculata*; **A.col**: *A. colombiana*; **E.con**: *E. contigua*; **R.cl**: *R. clarus*; **C.et**: *C. etunicatum*; **Gi.ma**: *Gi. margarita*; **D.he**: *D. heterogama*; **C1**: Controle não inoculado; **C2**: Controle não inoculado com adubação completa.

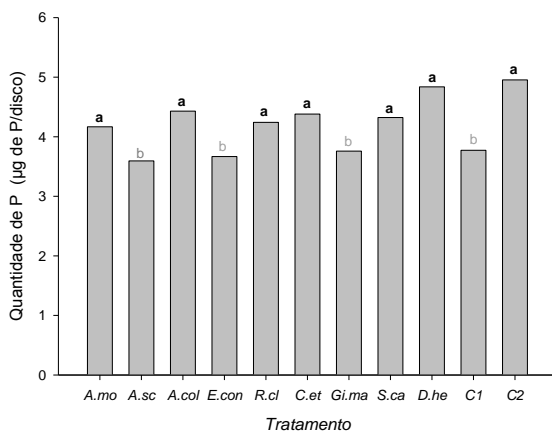


Figura 2 - Quantidade de P em discos de folha (μg de P/disco de folha) de mudas de cana-de-açúcar cultivadas no solo AEC após 120 dias da inoculação. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste de Scott-Knott 5%. **A.mo**: *A. morrowiae*; **A.sc**: *A. scrobiculata*; **A.col**: *A. colombiana*; **E.con**: *E. contigua*; **R.cl**: *R. clarus*; **C.et**: *C. etunicatum*; **Gi.ma**: *Gi. margarita*; **D.he**: *D. heterogama*; **C1**: Controle não inoculado; **C2**: Controle não inoculado com adubação completa.

AVE. Neste solo a quantidade de P nos discos de folha não apresentou diferenças entre os tratamentos. Entretanto, os teores de P no tecido foliar apresentaram diferenças, sendo que os tratamentos inoculados com *A. colombiana* e *D. heterogama* se sobressaíram nas avaliações aos 60 e 90 dias após a inoculação (Fig.3). Aos 60 dias destacou-se também o tratamento inoculado com *A. morrowiae* e aos 90 o inoculado com *A. scrobiculata*.

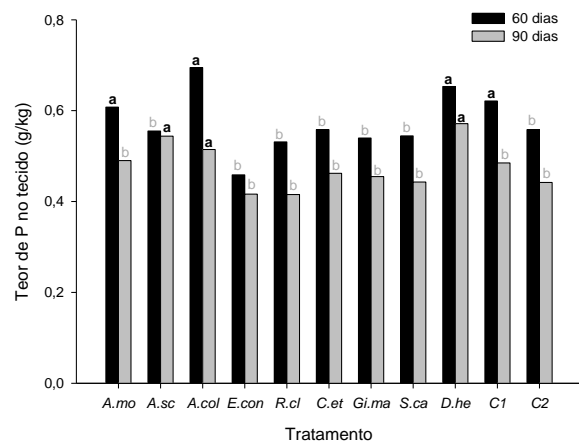


Figura 3 – Teor de P no tecido foliar (g/kg) de mudas de cana-de-açúcar cultivadas no solo AVE após 60 e 90 dias da inoculação. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste de Scott-Knott 5%. **A.mo**: *A. morrowiae*; **A.sc**: *A. scrobiculata*; **A.col**: *A. colombiana*; **E.con**: *E. contigua*; **R.cl**: *R. clarus*; **C.et**: *C. etunicatum*; **Gi.ma**: *Gi. margarita*; **D.he**: *D. heterogama*; **C1**: Controle não inoculado; **C2**: Controle não inoculado com adubação completa.

PST. Neste solo a quantidade de P no disco de folha apresentou diferenças entre os tratamentos aos 60 e 90 dias após a inoculação. Em ambas avaliações, a maior quantidade de P ocorreu na testemunha com adubação completa (C2) e no tratamento inoculado com *S. calospora* (Fig. 4). Além disso, a inoculação com *Gi. margarita* e *A. morrowiae* beneficiou a quantidade de P aos 60 e 90 dias, respectivamente.

Por outro lado, a análise do teor de P no tecido só mostrou diferenças aos 60 dias. Neste caso os tratamentos com maiores valores foram os inoculados com *S. calospora*, *E. colombiana* e *Gi. margarita* que apresentaram teores elevados e iguais à testemunha com adubação completa (Fig. 5).

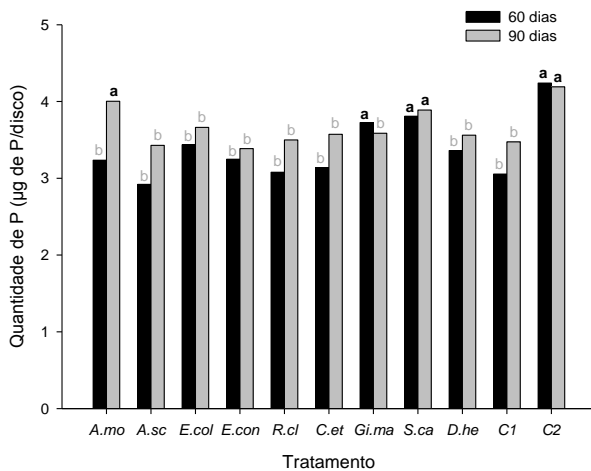


Figura 4 - Quantidade de P em discos de folha (μg de P/disco de folha) de mudas de cana-de-açúcar cultivadas em solo PST após 60 e 90 dias da inoculação. Letras diferentes indicam diferenças significativas entres os tratamentos pelo teste de Scott-Knott 5%. **A.mo**: *A. morrowiae*; **A.sc**: *A. scrobiculata*; **A.col**: *A. colombiana*; **E.con**: *E. contigua*; **R.cl**: *R. clarus*; **C.et**: *C. etunicatum*; **Gi.ma**: *Gi. margarita*; **D.he**: *D. heterogama*; **C1**: Controle não inoculado; **C2**: Controle não inoculado com adubação completa.

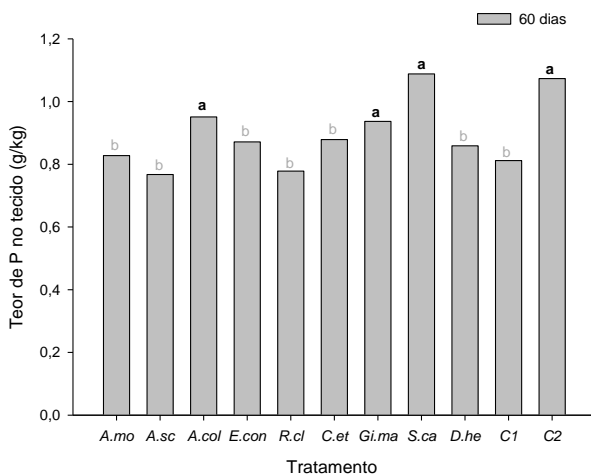


Figura 5 - Teor de P no tecido foliar (g/kg) de mudas de cana-de-açúcar cultivadas em solo PST após 60 dias da inoculação. Letras diferentes indicam diferenças significativas entres os tratamentos pelo teste de Scott-Knott 5%. **A.mo**: *A. morrowiae*; **A.sc**: *A. scrobiculata*; **A.col**: *A. colombiana*; **E.con**: *E. contigua*; **R.cl**: *R. clarus*; **C.et**: *C. etunicatum*; **Gi.ma**: *Gi. margarita*; **D.he**: *D. heterogama*; **C1**: Controle não inoculado; **C2**: Controle não inoculado com adubação completa.

CONCLUSÕES

Entre as espécies de FMAs estudadas destacaram-se *D. heterogama*, *A. colombiana*, *A. morrowiae*, *S. calospora* e *Gi. margarita* que foram capazes de melhorar a nutrição fosfatada de mudas de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp. Variedade SP 81-3250) mantendo as quantidades e ou teores de P no tecido foliar na mesma magnitude da testemunha com fertilização completa em diferentes tipos de solo.

Os resultados sugerem que para formação de mudas de cana-de-açúcar a quantidades de adubos fosfatados podem ser reduzidas com a inoculação de FMAs eficientes.

REFERÊNCIAS

Área plantada no Brasil com cana de açúcar. Disponível em: < <http://www.unicadata.com.br/>> Acesso em julho, 2014.

CARRENHO, R. et al. 2010. In: SIQUEIRA, J.O. et al. Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil. Lavras, UFLA, 2010. p.215 - 250.

DILLEWIJN, C. 1952. In: MARAFON, A.C. Análise Quantitativo de Crescimento e, Cana-de-Açúcar: Uma Introdução ao Procedimento Prático. Documentos Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, 2012. 29p.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, 35 (6): 1039-1042, 2011.

FREIRE, L. R.; BALIEIRO, F. C.; ZONTA, E.; ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G.; LIMA, E.; GUERRA, J. G. M.; FERREIRA, M. B. C.; LEAL, M. A. A.; CAMPOS, D. V. B.; POLIDORO, J. C. (Eds.) Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro. Brasília: Embrapa; Seropédica: UFRRJ, 2013. p.430.

HABTE, M; MURULEEDHARA, B.N. & IKAWA, H. Response of neem (*Azadirachta indica*) to soil P concentration and mycorrhizal colonization. Arid Soil Research and Rehabilitation, 7 (4): 327-333, 1993.

STÜRMER, S.L. & SIQUEIRA, J.O. 2013. In: MOREIRA, F.M.S. Ecosistema Solo: Componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal. Lavras, UFLA, 2013. p.289 - 310.

VARMA, A. Mycorrhiza State of Art, Genetics and Molecular Biology, Eco-Function, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics. Berlin: Springer, 2008.