

Incremento no desenvolvimento do porta-enxerto de pessegueiro ‘Okinawa’, promovido por fungos micorrízicos arbusculares autóctones¹

José Luis da Silva Nunes², Paulo Vitor Dutra de Souza³, Gilmar Arduino Bettio Marodin³, José Carlos Fachinello⁴

RESUMO

Fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são organismos comuns da rizosfera, que se associam às raízes das plantas, incrementando a absorção nutricional e estimulando o seu crescimento. Objetivou-se avaliar a influência de três espécies de FMA (*Gigaspora margarita*, *Glomus clarum* e *Glomus etunicatum*), isolados de pomares de pessegueiros, no crescimento vegetativo, absorção de nutrientes e acúmulo de substâncias de reserva, de plantas do porta-enxerto de pessegueiro cv. Okinawa (*Prunus persica* (L.) Batsch). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições por tratamento e 15 plantas por parcela. As plantas que foram inoculadas com *G. etunicatum* apresentaram maior altura, diâmetro de caule, área foliar, biomassa fresca e seca da parte aérea, total de nutrientes absorvidos e substâncias de reserva acumuladas, enquanto as inoculadas com *G. clarum* apresentaram crescimento intermediário, superior às inoculadas com *G. margarita*, que apresentaram resultados semelhantes às plantas não inoculadas. O desempenho foi relacionado com as taxas de colonização das raízes que, nas plantas inoculadas com *G. etunicatum* e *G. clarum*, foram de 93 e 91%, respectivamente, enquanto, nas com *G. margarita* foi somente de 37%.

Palavras-chave: *Prunus persica* (L.) Batsch, endomicorrizas, mudas, crescimento, nutrição.

ABSTRACT

Development increase of ‘Okinawa’ peach rootstocks by indigenous arbuscular mycorrhizal fungi

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are common rhizosphere organisms that are associated with plant roots, improving nutrient absorption and stimulating their growth. This work aimed to evaluate the influence of three AMF species (*Gigaspora margarita*, *Glomus clarum* and *Glomus etunicatum*) on the vegetative growth, nutrients absorption and carbohydrate accumulation on peach rootstocks cv. Okinawa (*Prunus persica* (L.) Batsch). Treatments were arranged in a randomized block design, with four plots per treatment and fifteen plants per plot. Plants inoculated with *G. etunicatum* showed larger stem height, stem diameter, foliar area, fresh and dry shoot biomass, total of nutrients absorbed and carbohydrate accumulated, while those inoculated with *G. clarum* induced an intermediate growth, higher than those inoculated with *G. margarita*, which were similar to non-inoculated plants. Plant growth performance was related to colonization rates, which were, respectively, 93%, 91% and 37% for *G. etunicatum*, *G. clarum* and *G. margarita* inoculated plants respectively.

Key words: *Prunus persica* (L.) Batsch, endomycorrhizae, plant nutrition, growth.

Recebido para publicação em junho de 2010 e aprovado em março de 2011

¹Trabalho extraído da Tese de Doutorado do primeiro autor e financiado pelo CNPq.

²Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Rua Silvio Silveira Soares, 2406/130, Bairro Camaquã, 91910-460, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. silva.nunes@ufrgs.br;

³Engenheiros-Agrônomos, Doutores. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, CP 15.100, 91501-970, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. pvdsouza@ufrgs.br; marodin@vortex.ufrgs.br

⁴Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, CP 354, 96010-900, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. jfachi@ufpel.tche.br.

INTRODUÇÃO

Fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são, reconhecidamente, componentes importantes e amplamente distribuídos na maioria dos ecossistemas terrestres (Treseder & Cross, 2006). Eles recebem de 3 a 20% dos fotoassimilados, produzidos pelas plantas hospedeiras, em troca da transferência de nutrientes e água (Johnson *et al.*, 2002). Os benefícios dessa simbiose, expressos principalmente como estímulo ao crescimento vegetal, devem-se a fatores nutricionais, principalmente ao aumento da absorção de nitrogênio (Costa & Lovato, 2004; Silveira, 2006), fósforo (Souza, 2000; Calvet *et al.*, 2003) e potássio (Silveira *et al.*, 2002; Calvet *et al.*, 2003). Assim, os FMA influenciam diretamente na dinâmica do carbono e de outros elementos, dentro do sistema solo-planta-atmosfera (Johnson *et al.*, 2002), desempenhando papel fundamental na regulação de respostas ecofisiológicas das plantas às mudanças do ambiente (Rilling *et al.*, 2002).

A interpretação correta da dinâmica local de espécies de micro-organismos presentes, em uma área, é fundamental para se entender a influência dos FMA sobre o equilíbrio das plantas estabelecidas nesse local (Rilling *et al.*, 2002). Vários trabalhos de levantamento de espécies de FMA têm sido realizados no Brasil, como os de Moreira-Souza *et al.* (2003), em zonas com araucária de São Paulo, de Silveira (2006), em pomares de videira, e de Nunes *et al.* (2008a), em áreas de pessegueiro. Segundo Silveira *et al.* (2002), as espécies de FMA autóctones de uma determinada região, que já são adaptadas a suas condições edafoclimáticas, tendem a conferir um maior potencial de resposta, quando inoculadas nas plantas a serem cultivadas naquela região.

O objetivo foi avaliar a influência de espécies de FMA autóctones de pomares de pessegueiro no crescimento e absorção de nutrientes em plantas do porta-enxerto de pessegueiro cv. Okinawa.

MATERIAL E MÉTODOS

Caroços da planta de pêssogo utilizada como porta-enxerto (cv. Okinawa) foram estratificados em recipientes (caixa plástica de 40 cm X 28 cm X 10 cm), contendo areia, e colocados, por um período de 45 dias, em refrigerador, à temperatura de 4 °C, visando a interromper a dormência do embrião e facilitar a germinação. A areia foi previamente autoclavada, a 120 °C, por uma hora. Essa operação foi realizada no laboratório do Departamento de Horticultura e Silvicultura, da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Logo após o período de estratificação, as sementes foram retiradas dos caroços e semeadas em caixas plásticas (40 cm X 28 cm X 10 cm), contendo areia autoclavada a 120 °C por uma hora, e mantidas em casa de vegetação.

Quando as plântulas apresentavam aproximadamente 5 cm de altura, foram repicadas para sacos plásticos pretos (5 litros), contendo substrato constituído de terra oriunda de um Argissolo Vermelho distrófico típico (Embrapa, 2006), retirado do horizonte B textural, areia (granulometria média, entre 0,6 e 1 mm) e resíduo decomposto de casca de acácia negra, na proporção 1:1:1 (v:v:v). O substrato foi previamente desinfetado com solução de formaldeído, a 10%.

Imediatamente antes da repicagem, procedeu-se à adição dos inóculos de FMA ao substrato (30 gramas por saco plástico, aproximadamente 10 esporos por grama de inóculo), na região central do substrato. O inóculo era constituído de raízes e solo rizosférico de braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.), espécie vegetal utilizada para multiplicar, por meio de cultivo monospórico, cada uma das espécies de FMA. Os esporos foram isolados a partir de amostras de solo, coletadas em pomares de pessegueiro, pelo método de lavagem, decantação, peneiramento (Gedermann & Nicolson, 1963) e centrifugação (Jenkins, 1964). A identificação morfológica das espécies foi realizada por observação em microscópio óptico, segundo Schenck & Perez (1988). As espécies de FMA testadas foram *Gigaspora margarita* (Becker & Hall), *Glomus clarum* (Nicol. & Schenck) e *Glomus etunicatum* (Becker & Gerd). As plantas testemunhas não receberam inóculo. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro tratamentos (inoculação de três espécies de FMA e sem inoculação), quatro repetições e 15 plantas por parcela, num total de 240 plantas.

O experimento, iniciado em 21 de setembro de 2005, foi conduzido em casa de vegetação, equipada com sistema de irrigação por nebulização, localizada no setor de Horticultura da Estação Experimental Agrônômica (EEA), da UFRGS, Km 146 da BR 290, município de Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul.

No período da enxertia, 11 meses após a semeadura, foi realizada avaliação da altura do colo até o ápice da haste principal, com uso de trena, e do diâmetro da haste principal, com uso de paquímetro modelo RS Baty, na altura do colo das plantas. Cinco plantas de cada parcela foram usadas para a determinação da área foliar, com medidor de área foliar marca Li-Cor LI-3000, e da biomassa fresca e seca da parte aérea, por pesagem e secagem em estufa, a 65 °C, até peso constante, obtido no prazo mínimo de 95 minutos de secagem. A seguir, foi determinado o percentual de hidratação dos tecidos (biomassa extraída na secagem/biomassa seca x 100). As amostras secas foram moídas para avaliação de conteúdo de macronutrientes por digestão, destilação e espectrofotometria de chamadas do tecido vegetal, segundo método de Tedesco *et al.* (1995). Um grama de cada amostra foi acondicionado em tela especial para filtragem de alimentos, anotando-se os

pesos de cada tela antes e após serem submetidos a processo de digestão, em solução aquosa com 5% de ácido tricloroacético (99%) e 35% de metanol (99%), visando à extração de todos os componentes do tecido vegetal (carboidratos, gorduras, etc), que não fossem fibras (celulose, hemicelulose e lignina), conforme convencionado como substâncias de reserva, no método descrito por Priestley (1965).

As raízes foram inicialmente lavadas com água destilada, sendo, a seguir, coletadas duas raízes secundárias de cada planta, as quais ficaram conservadas em solução de FAA (Formaldeído a 5%, Ácido Acético a 5% e Álcool Etilíco a 90%). Segmentos das raízes secundárias foram coletados para determinar a colonização radicular (n.º de segmentos infectados/total analisado) e índices de presença de hifas (0 - ausência; 1 - fraca; 2 - moderada; 3 - intensa), vesículas e arbúsculos (0 - ausência; 1 - 1 a 50; 2 - 51 a 100; 3 - mais de 100 estruturas/cm de radícula) (Nemec, 1992). Para isto, avaliaram-se 30 frações de radículas de um centímetro de cada tratamento, que foram lavadas em água destilada, clarificadas por 8 minutos com KOH (10%) e coradas com Azul-de-Tripano em lactoglicerol 0,05% (Phillips & Hayman, 1970).

Amostras de substrato de cada tratamento foram coletadas, no momento da instalação do experimento e aos 330 dias, após instalação (muda pronta para enxertia), homogeneizadas e encaminhadas ao Laboratório de Análises de Solos e Tecidos, da Faculdade de Agronomia, UFRGS, para determinação dos teores de matéria orgânica, pH e macronutrientes, segundo a metodologia de Tedesco *et al.* (1995).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Duncan, a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas inoculadas com *G. etunicatum* apresentaram os maiores incrementos em altura, diâmetro da haste principal, área foliar, biomassa seca e fresca dos tecidos da parte aérea, enquanto *G. clarum* induziu um desempenho intermediário de todos os parâmetros de crescimento e *G. margarita* foi ineficiente, apresentando desempenho, de todos os parâmetros de desenvolvimento, semelhante ao das testemunhas (Tabela 1).

Nas simbioses micorrízicas não existe especificidade entre fungo e planta (Locatelli & Lovato, 2002), ocorrendo, porém, respostas diferenciadas das espécies de FMA aos fatores climáticos e às características químicas e físicas do solo (Haas & Menge, 1990; Silva & Siqueira, 1991). Além disso, segundo Locatelli & Lovato (2002), têm sido relatadas diferenças entre as espécies de FMA na promoção do crescimento e do desenvolvimento de uma mesma

espécie vegetal, sendo interpretadas como especificidade (Silveira *et al.*, 2002) ou compatibilidade funcional (Aguiar *et al.*, 2004) entre o hospedeiro e o fungo. Herrera-Medina *et al.* (2007) observaram que esta especificidade funcional está relacionada com o papel que os hormônios vegetais, especialmente o ácido abscísico (ABA), desempenham durante o estabelecimento da simbiose. Estes autores relataram que o ABA contribui para que a espécie vegetal tenha, ou não, susceptibilidade à infecção do FMA, em função de seu importante papel, relacionado com o desenvolvimento de um arbúsculo completo e funcional. Assim, nas condições do presente estudo, em que o ambiente e o substrato eram semelhantes, as respostas diferenciadas observadas, do cultivar porta-enxerto, segundo a espécie de FMA inoculada, podem ser atribuídas a especificidade funcional entre os simbioses.

Os resultados obtidos neste trabalho são similares aos de Chu (1999), que, ao inocular as espécies *Scutellospora gilmorei* e *G. margarita*, isoladas de pomares de açaí, separadamente, em plantas de açaizeiro, observou aumentos de 92% em altura e 116% em diâmetro nas plantas inoculadas com *S. gilmorei*, enquanto as inoculadas com *G. margarita* apresentaram crescimentos em altura e diâmetro semelhantes às testemunhas. Segundo Aguiar *et al.* (2004) e Anjos *et al.* (2005), os FMA nativos de determinado ambiente podem ser mais adaptados às condições prevalentes nesse ambiente, variando a resposta em função da compatibilidade da simbiose planta-FMA.

A área foliar é um importante parâmetro, por definir a taxa de fotossíntese realizada na planta, que resulta na maior ou menor produção de fotoassimilados (Cavalcante *et al.*, 2001). Silva *et al.* (2004) afirmaram que o aumento da taxa fotossintética, de plantas inoculadas com FMA, está diretamente relacionado com o aumento da área foliar, o que proporciona aumento do crescimento vegetativo e acúmulo de biomassa fresca e seca. Costa *et al.* (2001) e Cavalcante *et al.* (2002) observaram que a simbiose micorrízica proporciona aumento na área foliar das frutíferas, em função do aumento da absorção de nutrientes. Souza *et al.* (1998) relataram que algumas espécies de FMA têm a capacidade de incrementar o tamanho e o número de folhas de plantas frutíferas, o que favorece o aumento na área fotossinteticamente ativa.

Silveira *et al.* (2002) mostraram resultados semelhantes aos deste estudo, uma vez que mudas de porta-enxerto de abacateiro, inoculadas com *G. etunicatum*, apresentaram comportamento de crescimento, área foliar e acúmulo de biomassa superiores ao das mudas inoculadas com *G. margarita*, que não diferiram das testemunhas. Cavalcante *et al.* (2002) e Costa *et al.* (2005), que trabalharam com maracujazeiro-amarelo e mangabeira, respectivamente, também observaram aumento da área foliar das frutíferas inoculadas, com relação à da testemunha.

Já Silva *et al.* (2004), que trabalharam com mudas de maracujazeiro-doce, inoculadas com quatro espécies de FMA, isoladas de pomares de maracujazeiros-doces, afirmam que mudas inoculadas com *G. etunicatum* apresentaram crescimento lento e área foliar semelhante à das testemunhas, enquanto plantas inoculadas com espécies do gênero *Gigaspora* apresentaram os melhores resultados em termos de crescimento, biomassa e área foliar. Tal relato não coincide com os resultados obtidos neste trabalho, uma vez que o isolado nativo da espécie *G. etunicatum* foi o que apresentou os melhores resultados, em termos de desenvolvimento vegetativo, ao mesmo tempo em que *G. margarita* apresentou desempenho semelhante ao das testemunhas. Este comportamento diferenciado evidencia a complexidade das interações biológicas entre os simbiontes.

Silveira *et al.* (2002) e Nunes *et al.* (2008b) observaram que a diferença, entre a biomassa fresca da parte aérea de plantas inoculadas e não inoculadas, pode ser atribuída à característica dos FMA de promover maior absorção e conteúdo de água em plantas micorrizadas. Conforme Augé (2001), a simbiose micorrízica proporciona alterações nas taxas de absorção de água em plantas hospedeiras, com consequentes efeitos na hidratação dos tecidos, na biomassa fresca e na fisiologia das folhas. Tais relatos corroboram os resultados obtidos neste trabalho, em termos de valores absolutos para as plantas inoculadas com as espécies *G. etunicatum* e *G. clarum*, que apresentaram resultados superiores aos das testemunhas, mas diferem dos resultados obtidos com *G. margarita*. Porém, não concordam com os valores percentuais de hidratação dos tecidos, o que pode ser explicado pelo maior acúmulo de biomassa seca das plantas inoculadas com as espécies *G. etunicatum* e *G. clarum*, em relação ao das inoculadas com *G. margarita* e as testemunhas.

Segundo Silveira *et al.* (2002), a biomassa seca pode apresentar comportamento semelhante entre plantas inoculadas e não inoculadas. Minhoni & Auler (2003), por

outro lado, afirmaram que a inoculação das plantas pode promover aumentos da biomassa seca, que podem variar de 10 a 800%, sendo que as maiores e mais consistentes respostas foram observadas em plantas jovens, na fase de viveiro. Neste estudo, os resultados relativos à biomassa seca não foram iguais, sendo que as plantas inoculadas com as espécies *G. etunicatum* e *G. clarum* apresentaram comportamento superior ao das testemunhas, o que pode ser atribuído à maior área foliar que, juntamente com a altura, contribuiu para o acúmulo de biomassa seca, em resposta à maior produção de fotoassimilados. Entretanto, *G. margarita* foi ineficiente, promovendo desenvolvimento semelhante ao das testemunhas.

Silva *et al.* (2004) afirmaram que o aumento da taxa fotossintética de plantas inoculadas com FMA está diretamente relacionado com o incremento do crescimento vegetativo e com o acúmulo de biomassa, proporcionados pela atividade dos fungos. Plantas colonizadas por FMA, que apresentem área foliar semelhante ou, até mesmo, inferior à das plantas não colonizadas, podem indicar uma ineficiência do micélio externo do fungo em absorver e translocar água e nutrientes para a planta (Silveira *et al.*, 2002). Por outro lado, a planta apresenta gasto energético com o FMA, caracterizando, dessa forma, não uma relação simbiótica, mas, sim, parasítica (Silveira, 2006). Isso explicaria o que pode ter ocorrido nas plantas inoculadas com *G. margarita*. Aguiar *et al.* (2004) observaram que esta ineficiência do micélio externo estaria relacionado com uma compatibilidade deficiente entre os simbiontes.

Os teores de nitrogênio, fósforo e potássio, encontrados nos tecidos foliares das plantas inoculadas com *G. clarum*, foram inferiores aos encontrados em plantas inoculadas com *G. etunicatum*, mas superiores aos encontrados em plantas inoculadas com *G. margarita* e na testemunha, os quais foram iguais entre si. Para o caso do cálcio e magnésio, todos os tratamentos com FMA foram inferiores à testemunha e semelhantes entre si. Com rela-

Tabela 1. Altura, diâmetro do colo, área foliar, biomassa fresca e seca da parte aérea (folhas e hastes) em plantas de pessegueiro do cv. Okinawa, inoculadas com três espécies de fungos micorrízicos arbusculares (*Gigaspora margarita*, *Glomus clarum* e *Glomus etunicatum*), 330 dias após a semeadura¹

Tratamento	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	Área foliar (cm ² /planta)	Biomassa da parte aérea		
				Fresca (g)	Seca (g)	Hidratação dos tecidos (%)
<i>G. margarita</i>	99,79c	6,00c	567,55c	134c	49c	173,49
<i>G. clarum</i>	110,92b	6,54b	762,32b	165b	67b	146,26
<i>G. etunicatum</i>	123,65a	7,72a	891,71a	197a	89a	121,35
Testemunha	100,42c	5,99c	567,41c	131c	40c	227,50
DMS	6,05	0,33	99,01	22	10	-
C.V. (%)	8,14	7,22	6,01	11,47	7,89	-

¹Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de significância. ^{ns}Não significativo.

ção às substâncias de reserva, verifica-se que plantas inoculadas com *G. etunicatum* apresentaram os maiores percentuais, enquanto as plantas inoculadas com *G. clarum* apresentaram comportamento intermediário, superior ao das plantas inoculadas com *G. margarita* e das plantas testemunhas, que foram iguais entre si (Tabela 2).

Os maiores percentuais de nitrogênio, nos tecidos vegetais das plantas inoculadas com *G. etunicatum* e *G. clarum* (Tabela 2), contribuíram para o maior crescimento em altura, diâmetro, área foliar, biomassa fresca e seca da parte aérea (Tabela 1), quando comparados com os da *G. margarita* e da testemunha. Segundo Marschner & Dell (1994), a contribuição das micorrizas para o aumento da absorção de nitrogênio pode ser estimada entre 10 e 15%, podendo chegar a 25% (Siqueira *et al.*, 2002), em função da capacidade das hifas de crescer além da zona de esgotamento que se forma próximo à superfície das raízes absorventes.

Segundo Tedesco *et al.* (1995), o fósforo é um elemento que apresenta grande mobilidade no tecido vegetal, porém é pouco móvel no solo, além de apresentar baixa solubilidade. Desta forma, ao propiciarem maior absorção deste elemento, os FMA assumem papel fundamental para os vegetais (Minhoni & Auler, 2003).

O potássio é um elemento importante na planta, porque, ao participar de compostos orgânicos das células, atua no seu equilíbrio elétrico, ativando enzimas e participando da regulação da abertura e fechamento dos estômatos, interferindo, assim, na fotossíntese. A maior absorção deste elemento, promovida pelos FMA, é vital para as plantas (Taiz & Zieger, 2004). No caso de *G. clarum* e *G. etunicatum*, essa tendência mostrou-se superior à

das plantas inoculadas com *G. margarita* e das plantas não inoculadas.

Silveira (2006) afirmou que o cálcio e o magnésio são vitais para o desenvolvimento das plantas, por participarem da regulação da hidratação e da ativação de enzimas, além de participarem da fotossíntese, no caso do magnésio. Porém, segundo observaram Silveira *et al.* (2002), a diminuição da concentração de cálcio e magnésio em plantas infectadas pode ser devida à sua diluição nos tecidos, em função do incremento no crescimento vegetativo das plantas colonizadas, ou à capacidade dos FMA em reduzir a absorção desses elementos, em função de um efeito também proporcionado pelos fungos (Souza, 2000; Souza *et al.*, 2005), o que está em concordância com os resultados obtidos neste trabalho.

Diversos autores observaram a diminuição da concentração de cálcio nos tecidos de plantas frutíferas, em razão da inoculação de FMA, como Agostini (2002), que relatou diminuição na concentração de cálcio em plantas do porta-enxerto de videira 101-14, e Carniel (2004), que observou concentração de cálcio abaixo do normal em plantas do porta-enxerto de videira PI 103. Esses autores, porém, não observaram diferenças em relação ao magnésio. Nenhum dos autores especificou se a diminuição da concentração deve-se à capacidade dos FMA de reduzir a absorção de cálcio, ou, simplesmente, à diluição nos tecidos, por aumento do crescimento vegetativo e da biomassa fresca e seca.

Já Silveira *et al.* (2002) relataram que plantas de porta-enxerto de abacateiro, inoculadas com *Gigaspora margarita*, apresentaram níveis baixos de cálcio e magnésio nos tecidos, o que indica uma inibição na ab-

Tabela 2. Conteúdo de macronutrientes (g.kg⁻¹) e de substâncias de reserva (%) na parte aérea (hastes e folhas) em plantas de pessegueiro do cv. Okinawa, inoculadas com três espécies de fungos micorrízicos arbusculares (*Gigaspora margarita*, *Glomus clarum* e *Glomus etunicatum*), 330 dias após a semeadura¹

Tratamento	Macronutrientes (g kg ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg
<i>G. margarita</i>	23,80c	1,40c	21,60c	12,40b	4,00b
<i>G. clarum</i>	30,80b	1,90b	22,90b	12,40b	4,00b
<i>G. etunicatum</i>	34,10a	2,40a	24,90a	12,30b	4,10b
Testemunha	23,80c	1,30c	21,30c	17,10a	5,60a
DMS	2,85	0,35	1,25	2,55	0,75
C.V.(%)	8,14	8,41	7,24	10,02	8,44
Substâncias de reserva da parte aérea (%)					
<i>G. margarita</i>	20,06c				
<i>G. clarum</i>	26,03b				
<i>G. etunicatum</i>	32,81a				
Testemunha	20,99c				
DMS	4,50				
C.V.(%)	6,57				

¹Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de significância. ^{ns}Não significativo

sorção desses elementos, o que concorda com os resultados obtidos neste trabalho.

Percebeu-se uma elevação gradual do pH do substrato, ao longo do experimento (Tabela 3). Isso favoreceu a colonização das raízes pelas espécies *G. clarum* e *G. etunicatum* e proporcionou maior absorção de fósforo do substrato, já que essas espécies predominam em solos pouco ácidos ou neutros. Porém, no caso de *G. margarita*, o pH inicial do substrato era demasiadamente elevado para proporcionar resposta dos esporos e permitir uma colonização elevada das raízes. Isto porque, segundo Silveira *et al.* (2002), esta espécie tem predileção por acidez elevada. Além disto, a elevação gradual do pH dificultou ainda mais o estabelecimento e o desenvolvimento da simbiose planta-*G. margarita*, o que se observa pelo percentual de fósforo nas plantas inoculadas com essa espécie, semelhante ao das plantas testemunhas (Tabela 2).

Os percentuais de matéria orgânica e os teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio sofreram redução desde a implantação até a avaliação do experimento (Tabela 3). O pH e os teores de cálcio e magnésio não diferiram entre os diferentes tratamentos, após 11 meses de cultivo. Já, os percentuais de matéria orgânica e os teores de fósforo e potássio foram significativamente menores nos substratos onde as plantas foram inoculadas com *G. etunicatum*. Nos substratos onde as plantas foram cultivadas com *G. margarita*, os percentuais de matéria orgânica e os teores de fósforo e potássio foram superiores aos demais FMA e semelhantes ao das plantas testemunhas. Nos substratos daquelas inoculadas com *G. clarum*, os percentuais de matéria orgânica e os teores de fósforo e potássio apresentaram valores intermediários.

Conforme relatado por Minhoni & Auler (2003) e Silveira *et al.* (2002), algumas espécies do gênero *Gigaspora* apresentam comportamento parasítico, quando em substrato com elevado percentual de matéria orgânica (Tabela 3), confirmando os resultados deste estudo.

Por outro lado, segundo Medeiros & Raseira (1998), o percentual de fósforo contido no substrato é considerado baixo para a cultura do pessegueiro (entre 4,1 - 9,0 mg dm⁻³) (Tabela 3). O fato de os substratos utilizados, para plantas inoculadas com *G. clarum* e *G. etunicatum*, apresentarem níveis de fósforo inferiores ao das testemunhas e de *G. margarita*, mostra que essas espécies foram eficientes em promover maior absorção desse nutriente, confirmado pelos teores nos tecidos (Tabela 2). Por sua vez, o substrato utilizado para o cultivo das plantas inoculadas com *G. margarita* não mostrou diferenças em relação à testemunha (Tabela 3), ou seja, essa espécie não proporcionou aumento de absorção desse elemento.

Vários autores relataram que a inoculação de espécies de FMA favorece o aumento da área foliar de plantas e, por consequência, maior produção de fotoassimilados e

acúmulo de biomassa (Wright *et al.*, 1998; Theodoro *et al.*, 2003; Sena *et al.*, 2004; Souza *et al.*, 2005; Nunes *et al.*, 2009). Além disso, ao induzir maior diâmetro do caule, os FMA proporcionam às plantas a capacidade de translocar maior volume de nutrientes e água para a parte aérea, que seriam utilizados no crescimento vegetativo, no acúmulo de biomassa e nos processos metabólicos e fotossintéticos da planta (Mazzoni-Viveiros & Trufem, 2004). Por outro lado, também há um fluxo mais intenso de carboidratos no sentido radicular, onde parte seria utilizada pelos FMA na sua nutrição e parte acumulada nos tecidos de armazenamento da planta, na forma de substâncias de reserva (Scatena & Scremin-Dias, 2003). Esse relato confirma os resultados obtidos com as plantas inoculadas com *G. clarum* e *G. etunicatum*, uma vez que apresentaram os maiores resultados em termos de altura, diâmetro e área foliar, apresentando, também, quantidades superiores de substâncias de reserva, enquanto as inoculadas com *G. margarita* apresentaram crescimento vegetativo, área foliar e substâncias de reserva semelhantes à testemunha.

Com relação à colonização dos FMA, plantas inoculadas com as espécies *G. clarum* e *G. etunicatum* apresentaram altas taxas de colonização, acima de 90%, enquanto as inoculadas com *G. margarita* apresentou colonização considerada baixa, de 37% (Tabela 4). Além disto, o tratamento com *G. etunicatum* foi o que apresentou o maior número de esporos recuperados no substrato, enquanto com *G. clarum* foi superior ao com *G. margarita*. Os tratamentos com *G. clarum* e *G. etunicatum* apresentaram índices de colonização com hifas, vesículas e arbúsculos considerados medianos, sendo que os com *G. etunicatum* apresentaram os maiores resultados e os com *G. clarum* apresentaram comportamento intermediário. Os tratamentos com *G. margarita* apresentaram índices de hifas e arbúsculos considerados baixos, sem vesículas (Nemec, 1992).

De acordo com Costa *et al.* (2001), a eficiência da associação entre FMA e plantas frutíferas, traduzida em respostas de crescimento das plantas, é regulada pelos genótipos envolvidos, em interação com o ambiente (Silveira *et al.*, 2002). Diversos autores afirmaram que, além das respostas aos fatores climáticos e de solo, a compatibilidade entre os genótipos dos FMA e das plantas é determinante para o início do processo de infecção e colonização das raízes (Haas & Menge, 1990; Silva & Siqueira, 1991; Locatelli & Lovato, 2002; Siqueira *et al.*, 2002; Silveira *et al.*, 2002). Conforme observado por Silva *et al.* (2004), quando os FMA são utilizados na produção de mudas frutíferas em condições homogêneas de substrato e de ambiente, os benefícios proporcionados pela simbiose podem ser atribuídos à combinação FMA X hospedeiro, pela existência de uma maior compatibilidade

Tabela 3. Percentual de matéria orgânica (MO), pH e macronutrientes encontrados nos substratos no momento da implantação do experimento e aos 330 dias (muda pronta para enxertia), em plantas de pessegueiro do cv. Okinawa, inoculadas com três espécies de fungos micorrízicos arbusculares (*Gigaspora margarita*, *Glomus clarum* e *Glomus etunicatum*)¹

Tratamento	pH	MO (%)	P (mg.dm ⁻³)	K (mg.dm ⁻³)	Ca (cmol _c .L ⁻¹)	Mg (cmol _c .L ⁻¹)
Implantação do experimento – 21/09/2005						
	4,8	4,9	7,8	61	4,0	2,0
Muda pronta para enxertia - 21/08/2006						
<i>G. margarita</i>	5,9 ^{ns}	4,3a	6,3a	45a	3,1 ^{ns}	1,0 ^{ns}
<i>G. clarum</i>	6,0	4,0b	4,7b	37b	3,1	1,0
<i>G. etunicatum</i>	6,0	3,6c	4,2c	29c	3,2	1,0
Testemunha	5,9	4,4a	6,5a	47a	3,2	1,0
DMS	0,3	0,2	0,3	4	0,3	0,2
C.V. (%)	2,1	4,5	3,4	7,5	4,3	5,1

¹Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de significância. ^{ns}Não significativo.

Tabela 4. Colonização radicular (%), número de esporos presentes no substrato e presença de estruturas de FMA (hifas, vesículas e arbúsculos), encontrados em raízes de plantas de pessegueiro do cv. Okinawa, inoculadas com três espécies de fungos micorrízicos arbusculares (*Gigaspora margarita*, *Glomus clarum* e *Glomus etunicatum*), 330 dias após a semeadura¹

Tratamento	Colonização (%)	Esporos (nº médio/100g solo seco)	Presença de estruturas de FMA		
			Hifas ⁽¹⁾	Vesículas ⁽²⁾	Arbúsculos ⁽²⁾
<i>G. margarita</i>	37b	101c	0,83c	0,00c	0,60c
<i>G. clarum</i>	91a	189b	1,42b	1,01b	1,21b
<i>G. etunicatum</i>	93a	210a	1,52a	1,30a	1,47a
Testemunha	0c	0d	0,00d	0,00c	0,00d
DMS	55	12	0,08	0,18	0,15
C.V. (%)	2,42	10,36	8,26	8,12	8,21

¹Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de significância. ⁽¹⁾Índice de presença de hifas de FMA, segundo Nemeç (1992): 0 - ausência de estruturas; 1 - presença fraca; 2 - presença moderada; 3 - presença intensa. ⁽²⁾Índice de presença de vesículas ou arbúsculos de FMA, segundo Nemeç (1992): 0 - ausência de estruturas; 1 - 1 a 50 estruturas; 2 - 51 a 100 estruturas; 3 - mais de 100 estruturas por centímetro de radícula.

funcional entre a frutífera e a espécie de FMA. Assim, segundo afirmaram Costa *et al.* (2005), o crescimento das plantas frutíferas inoculadas pode ser favorecido pela associação simbiótica, desde que seja aplicada a espécie de FMA mais compatível com o genótipo da frutífera. Desta forma, as observações feitas por estes autores corroboraram os dados obtidos neste trabalho.

CONCLUSÕES

A eficiência da simbiose planta-FMA é variável com a espécie de FMA inoculada.

O uso das espécies de FMA *Glomus etunicatum* e *Glomus clarum* beneficia as plantas do porta-enxerto de pessegueiro cv. Okinawa, ao acelerar seu crescimento vegetativo e melhorar o seu estado nutricional, sobressaindo-se a primeira espécie em relação à segunda.

Gigaspora margarita mostra-se ineficiente em incrementar o desenvolvimento das plantas do cultivar utilizado.

REFERÊNCIAS

- Agostini S (2002) Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o desenvolvimento vegetativo de porta-enxertos de videira. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 63p.
- Aguiar RLF, Maia LC, Salcedo IN & Sampaio EVSB (2004) Interação entre fungos micorrízicos arbusculares e fósforo no desenvolvimento da Algaroba [*Prosopis juliflora* (SW) DC]. Revista Árvore, 28:589-598.
- Anjos ECT, Cavalcante UMT, Santos UF & Maia LC (2005) Produção de mudas de maracujá-doce micorrizadas em solo desinfestado e adubado com fósforo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 40:345-351.
- Augé RM (2001) Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Mycorrhiza, 11:3-42.
- Calvet C, Estaún V, Camprubí A, Hernández-Dorrego A, Pinochet J & Moreno MA (2003) Aptitude for mycorrhizal root colonization in *Prunus* rootstocks. Scientia Horticulturae, 9:1-10.
- Carniel E (2004) Uso de fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento de porta-enxertos de videira e no controle biológico de *Fusarium oxysporum* f. sp. *herbemontis*. Dissertação mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 73p.

- Cavalcante UMT, Maia LC, Nogueira RJMC & Santos VF (2001) Respostas fisiológicas em mudas de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg.) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e submetidas a estresse hídrico. *Acta Botanica Brasílica*, 15:379-390.
- Cavalcante UMT, Maia LC, Melo AMM & Santos VF (2002) Influência da densidade de fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37:634-649.
- Chu EY (1999) The effects of arbuscular mycorrhizal fungi inoculation on *Euterpe oleracea* Mart. seedlings. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34:1019-1024.
- Costa CMC, Maia LC, Cavalcante UMT & Nogueira RJMC (2001) Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de dois genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* DC.). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36:893-901.
- Costa CMC, Cavalcante UMT, Goto BT, Santos VF & Maia LC (2005) Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada em mudas de mangabeira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40:225-232.
- Costa MD & Lovato PE (2004) Fosfatases na dinâmica do fósforo do solo sob culturas de cobertura com espécies micorrízicas e não micorrízicas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39:603-605.
- Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2006) Sistema brasileiro de classificação de solos. 2ª ed. Brasília, EMBRAPA/CNPQ. 305p.
- Gedermann JW & Nicolson TH (1963) Spores of mycorrhizal endogone extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, 46:235-244.
- Haas JH & Menge JA (1990) VA mycorrhizal fungi and soil characteristics in avocado (*Persea americana* Mill.) orchard soil. *Plant and Soil*, 127:207-212.
- Herrera-Medina JM, Steinkellner S, Vierheilig H, Bote JAO & Garrido JMG (2007) Abscisic acid determines arbuscule development and functionality in the tomato arbuscular mycorrhiza. *New Phytologist*, 175:554-564.
- Jenkins WR (1964) A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Diseases Report*, 48:691-692.
- Johnson DLJ, Leake JR, Ineson P & Read DJ (2002) *In situ* (CO₂ - C - 13 carbon flux from arbuscular mycorrhizal mycelia to the soil. *New Phytologist*, 153:327-334.
- Locatelli LM & Lovato PE (2002) Inoculação micorrízica e aclimatização de dois porta-enxertos de macieira micropropagados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37:177-184.
- Marschner H & Dell B (1994) Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. In: Robson AD, Abbot LK & Malajczuk N (Eds.) *Management of mycorrhizas in agriculture, horticulture and forestry*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. p.89-102.
- Mazzoni-Viveiros SC & Trufem SFB (2004) Efeitos da poluição aérea e edáfica no sistema radicular de *Tibouchina pulchra* Cogn. (Melastomataceae) em área de mata Atlântica: associações micorrízicas e morfologia. *Revista Brasileira de Botânica*, 27:337-348.
- Medeiros CAB & Raseira M do CB (1998) A cultura do pessegueiro. Brasília, EMBRAPA/CPACT. 350p.
- Minhoni MTA & Auler PAM (2003) Efeito do fósforo, fumigação do substrato e fungo micorrízico arbuscular sobre o crescimento de plantas de mamoeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27:841-847.
- Moreira-Souza M, Trufem SFB, Gomes-Da-Costa S & Cardoso EJBN (2003) Arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. *Mycorrhiza*, 13:211-215.
- Nemec S (1992) *Glomus intraradix* effects on citrus roostock seedling growth in various potting media. *Journal of Agricultural Science*, 118:315-323.
- Nunes JLS, Souza PVD, Marodin GAB & Fachinello JC (2008a) Incremento no desenvolvimento do porta-enxerto de pessegueiro 'Aldrighi' por fungos micorrízicos arbusculares autóctones. *Ciência e Agrotecnologia*, 32:1787-1793.
- Nunes JLS, Souza PVD, Marodin GAB & Fachinello JC (2008b) Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em porta-enxerto de pessegueiro cv Okinawa. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30:1100-1106.
- Nunes JLS, Souza PVD, Marodin GAB & Fachinello JC (2009) Eficiência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento do porta-enxerto de pessegueiro 'Aldrighi'. *Bragantia*, 68:931-940.
- Phillips JM & Hayman DS (1970) Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infections. *Transactions of the British Mycological Society*, 55:158-161.
- Priestley GA (1965) New method for the estimation of the resources of apple trees. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 16:717-721.
- Rilling MC, Treseder KK & Allen NF (2002) Global change and mycorrhizal fungi. In: Van Der Heijden M & Sanders I (Eds.) *Mycorrhizal ecology*. New York, Springer. p.135-160.
- Scatena VL & Scremin-Dias E (2003) Parênquima, colênquima esclerênquima. In: Apazzato-da-Glória B & Carmello-Guerreiro SM (Eds.) *Anatomia Vegetal*. Viçosa, UFV. p.109-127.
- Schenck N & Perez Y (1988) *Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi*. Gainesville, University of Florida. 240p.
- Sena JOA, Labate CA & Cardoso EJBN (2004) Caracterização fisiológica da redução de mudas de citros micorrizadas em altas doses de fósforo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28:827-832.
- Silva LFC & Siqueira JO (1991) Crescimento e teores de nutrientes de mudas de abacateiro, mangueira e mamoeiro sob influência de diferentes espécies de fungos micorrízicos vesículo arbusculares. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 15:283-288.
- Silva MA, Cavalcante UMT, Silva FSB, Soares SAG & Maia LC (2004) Crescimento de mudas de maracujazeiro-doce (*Passiflora alata* Curtis) associadas a fungos micorrízicos arbusculares (Glomeromycota). *Acta Botanica Brasílica*, 18:981-985.
- Silveira SV, Souza PVD & Koller OC (2002) Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o desenvolvimento vegetativo de porta-enxertos de abacateiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37:303-309.
- Silveira SV (2006) Caracterização de micorrizas arbusculares autóctones de parreirais da serra gaúcha e otimização de métodos de multiplicação em espécies aromáticas para aplicação na fruticultura. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 129p.
- Siqueira JO, Lambais MR & Stürmer SL (2002) Fungos micorrízicos arbusculares: origem e características dos fungos Glomeromycota. *Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento*, 25:12-21.
- Souza PVD, Abad M, Almela V & Agustí M (1998) Efecto de sustrato de cultivo y hongos micorrízicos arbusculares sobre el desarrollo vegetativo y el contenido en carbohidratos en plantas de citrange troyer injertadas de mandarina Marisol. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 20:235-245.
- Souza PVD (2000) Interação entre micorrizas arbusculares e ácido giberélico no desenvolvimento vegetativo de plantas de Citrange Carrizo. *Ciência Rural*, 30:783-787.

- Souza PVD, Carniel E, Schimitz JAK & Silveira SV (2005) Influência de substratos e fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento do porta-enxerto Flying Dragon (*Poncirus trifoliata*, var. monstruosa Swing.). Revista Brasileira de Fruticultura, 27:285-287.
- Taiz L & Zeiger E (2004) Fisiologia vegetal. 3ª ed. Porto Alegre, Artmed. 717p.
- Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA, Bohnen H & Volkweiss SJ (1995) Análises de solo, plantas e outros materiais. 2ª ed. Porto Alegre, Editora da UFRGS. 174p.
- Theodoro VCA, Alvarenga MIN, Guimarães J & Mourão Junior M (2003) Carbono da biomassa microbiana e micorriza em solo sob mata nativa e agroecossistemas cafeeiros. Acta Scientiarum: Agronomy, 25:147-153.
- Treseder KK & Cross A (2006) Global distributions of arbuscular mycorrhizal fungi. Ecosystems, 9:305-316.
- Wright DP, Scholes JD & Read DJ (1998) Effects of VA mycorrhizal colonization on photosynthesis and biomass production of *Trifolium repens* L. Plant Cell and Environment, 21:209-216.