



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

RESPOSTAS DE PLANTAS DE MORINGA (*Moringa oleifera* Lam.) INOCULADAS COM FUNGOS MICORRÍZICOS E SUBMETIDAS AO ESTRESSE HÍDRICO

Séfora Gil Gomes de Farias¹; Antonio Lucineudo de Oliveira Freire²;
Diércules Rodrigues dos Santos³; Romário Bezerra e Silva⁴; José Lucínio de Oliveira Freire⁵

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo verificar a eficiência micorrízica em plantas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) submetidas à deficiência hídrica. O experimento foi conduzido em telado, disposto em delineamento experimental inteiramente casualizado, num esquema fatorial 4x2, com quatro repetições. O primeiro fator correspondeu aos tratamentos de inoculação com *Glomus etunicatum*, *Acaulospora scrobiculata*, comunidade indígena e um tratamento sem inoculação. O segundo fator correspondeu aos tratamentos de irrigação e de déficit hídrico. Avaliaram-se altura das plantas, acúmulo de massa seca na parte aérea, raízes e total e a eficiência micorrízica. As plantas inoculadas com *Glomus etunicatum* tiveram incrementos na altura, biomassa aérea e biomassa subterrânea quando não submetidas ao estresse hídrico. Não houve contribuição da micorriza, para aumentar a resistência das plantas de moringa ao déficit hídrico, independente do fungo empregado. A eficiência micorrízica em plantas de moringa foi variável de acordo com a espécie de fungo empregada.

Palavras-chave: micorriza, déficit hídrico, tolerância à seca.

RESPONSES OF *Moringa oleifera* Lam. PLANTS INOCULATED WITH MYCORRHIZAL FUNGI AND SUBMITTED TO WATER STRESS

ABSTRACT

This study was to verify the efficiency of mycorrhizal in *Moringa oleifera* Lam. plants submitted to water deficit. The experiment was conducted in greenhouse distributed a completely randomized design in a 4x2 factorial with four replications. The first factor was the treatment of inoculation with *Glomus etunicatum*, *Acaulospora scrobiculata*, an indigenous community treatment and control (without inoculation). The second factor was the treatment of irrigation and water deficit. Plant height, accumulation of dry weight in the shoots, roots and total and mycorrhizal efficiency were evaluated. The plants inoculated with *Glomus etunicatum* increases in height, biomass and biomass underground when not subject to water stress. There was no contribution of mycorrhizae to increase the resistance of plants to water deficit, independent of the fungus employee. The efficiency of plants in mycorrhizal, was variable according to the species of fungi used.

Keywords: mycorrhizae, water deficit, drought tolerance.

Trabalho recebido em 17/09/2008 e aceito para publicação em 23/10/2008.

¹ Engenheira Florestal, Mestre. Patos, PB. R - Francisco de Assis Cabral, Nº 212, Novo Horizonte, Patos –PB, CEP: 58700-970E-mail: seflora@gmail.com;

² Professor, Doutor, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Patos, PB. E-mail: lofreire@cstr.ufcg.edu.br

³ Professor, Doutor, UFCG, Patos, PB. E-mail: diércules@bol.com.br;

⁴ Estudante de Engenharia Florestal, UFCG, Patos, PB. E-mail: romariobs@gmail.com;

⁵ Professor, Escola Agrotécnica Federal de Crato-Ceará, Doutorando, PPGAgromonia da UFPB. E-mail: luciniooliveira@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

A água é um importante fator na distribuição das espécies nos diferentes ecossistemas. Por isso, as respostas e adaptações das mesmas são fundamentais para o seu sucesso em qualquer ambiente. A sua participação no metabolismo vegetal é ampla, variando desde a doação de elétrons na fotossíntese até a sustentação das ligações hidrofóbicas de macromoléculas e na manutenção da forma em tecidos não lenhosos.

A deficiência hídrica é um dos estresses mais comuns a que as plantas cultivadas estão sujeitas durante o seu ciclo de vida. Esta condição pode variar desde uma pequena flutuação diária da umidade relativa da atmosfera, até severas deficiências de água no solo. A adaptação ao estresse hídrico envolve mecanismos que permitem à planta adiar e/ou evitar a desidratação celular. No entanto, as respostas fisiológicas das plantas ao déficit hídrico podem variar tanto em função da severidade como também da duração do estresse. Em função das alterações do ambiente, provocadas pela ação do homem na utilização dos recursos naturais, torna-se necessário o desenvolvimento de estratégias que possibilitem a rápida e eficiente recuperação dos ecossistemas em processo de degradação e que assegurem a sobrevivência e o estabelecimento das

mudas no campo. A inoculação das plantas com micorriza pode ser uma alternativa para aumentar o vigor das mesmas. No entanto, períodos prolongados sem ocorrência de precipitação podem se constituir em obstáculo decisivo à sobrevivência e ao conseqüente estabelecimento das mudas no campo, não apenas em função da temperatura, mas, sobretudo, devido aos riscos de um estresse hídrico causado pela baixa disponibilidade de água no solo.

A eficiência de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e a dependência micorrízica de plantas variam de acordo com o fungo, planta hospedeira e condições edáficas (MOREIRA-SOUZA & CARDOSO, 2002). Especialmente em espécies florestais na fase de viveiro, a inoculação com fungos micorrízicos pode ser fator importante no seu estabelecimento. Mudas de essências florestais inoculadas com fungos ecto ou endomicorrízicos, geralmente, apresentam maior sobrevivência ao transplante e melhor crescimento das plantas em condições naturais (JANOS, 1980). Alguns trabalhos têm mostrado que a micorriza pode aumentar, também, a sobrevivência das plantas em períodos de seca, ou após o transplante das mudas (COLOZZI FILHO et al., 1994).

Em geral, a planta micorrizada produz mais biomassa e é mais tolerante às condições estressantes, como altos teores de Fe e Al, (NOGUEIRA & CARDOSO, 2000), e estresse hídrico (BAREA et al., 1993). Normalmente, os efeitos da inoculação são mais pronunciados em solos com baixa disponibilidade de nutrientes (SILVEIRA & CARDOSO, 1987). Além disso, as micorrizas desempenham função importante na ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais.

A moringa (*Moringa oleifera* Lam.), pertencente à família Moringaceae, é uma espécie arbórea, nativa dos países das regiões do sub-Himalaia, tais como a Índia, o Paquistão e Bangladesh. É uma árvore de uso múltiplo, sendo que suas folhas e ramos são utilizados como forragem; as flores são melíferas; a madeira e o óleo de suas sementes são utilizados como combustível e, no geral, todas as partes da planta são medicinais (RAMACHANDRAN et al., 1980). A moringa tem sido introduzida no Nordeste brasileiro visando melhorar a qualidade da alimentação para os animais. O alto conteúdo de proteína bruta nas folhas, a presença de níveis adequados de aminoácidos essenciais e o baixo nível de fatores antinutricionais, aliados à capacidade de rebrota e adaptabilidade a várias condições climáticas, fazem dessa

espécie uma promissora opção a ser avaliada na região Nordeste na alimentação animal e/ou suprimento protéico para os animais. Gerdes (1996) afirma que a moringa resiste a prolongados períodos secos e produz algumas flores e frutos com as poucas folhas restantes presentes nessas condições. Para Almeida et al.(1999), a moringa é uma espécie de grande importância para as regiões semi-áridas do nordeste brasileiro, dada à sua capacidade de sobrevivência e produção em zonas de baixa umidade do solo, à sua tolerância a elevadas temperaturas do ar, alta evaporação e grandes variações nas precipitações.

Visando aumentar a capacidade de sobrevivência das plantas em condições de déficit hídrico progressivo, desenvolveu-se este estudo com o objetivo de verificar a eficiência micorrízica em plantas de moringa submetidas à deficiência hídrica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material vegetal e condições de cultivo

O experimento foi conduzido em telado, no Viveiro Florestal, do Centro de Saúde e Tecnologia Rural-UFCG, Patos (PB). O solo foi coletado na camada 0-20 cm de profundidade e foi caracterizado quimicamente no Laboratório de Análise de Solo e Água (CSTR/UFCG).

O delineamento utilizado foi inteiramente ao acaso, em um esquema fatorial 4 x 2 com 4 repetições. O primeiro fator constou da inoculação com 3 espécies de FMA (*Glomus etunicatum*, *Acaulospora scrobiculata* e comunidade indígena provenientes de solos da região de Patos - PB) e um controle sem FMA. Esse tratamento recebeu uma dose de 30 ppm de P. O segundo fator constituiu o tratamento hídrico, em que um grupo de plantas recebeu irrigação diariamente e outro grupo foi submetido ao déficit hídrico.

O substrato utilizado foi proveniente da mistura de três partes de solo mais uma parte de areia de rio peneirada e lavada. A mistura foi esterilizada com brometo de metila, durante 48 horas. O substrato dos vasos foi infestado com os propágulos de FMA (100% de esporos de *Glomus etunicatum*, 100% de *Acaulospora scrobiculata* e uma mistura de propágulos de comunidades indígenas dos gêneros *Glomus sp* e *Acaulospora sp* na proporção 7:3 respectivamente, conforme os tratamentos descritos anteriormente). Como inóculo, foram utilizadas 20 g de solo, esporos e raízes colonizadas de um vaso estoque multiplicador de *Sorghum bicolor*, que foi introduzido sob as sementes durante a semeadura. Nos vasos controle foi utilizada a mesma quantidade de solo rizosférico e raízes de plantas de sorgo não micorrizadas.

As sementes de moringa foram selecionadas procurando-se manter a uniformidade em relação ao tamanho e ao peso, e desinfestadas com hipoclorito de sódio a 0,5 %. Posteriormente, 5 sementes foram semeadas diretamente nos recipientes contendo 9 kg da mistura solo+areia, inoculada com FMA de acordo com os tratamentos definidos anteriormente.

Os vasos foram colocados em telado e regados, procurando-se manter a umidade do solo em torno de 60% da capacidade de campo. Aos sete dias após a emergência (DAE), foi realizado o primeiro desbaste, deixando-se 3 plantas por vaso. Neste mesmo dia foi realizada a adubação, adicionando-se o P e 150 mL da solução de Hoagland e Arnon (1950), a 50% da concentração, isenta de P. O segundo desbaste foi realizado aos 16 DAE, deixando-se 2 plantas por vaso e o terceiro aos 30 DAE, deixando-se apenas uma planta.

Em seguida, as plantas foram separadas em dois grupos, sendo que um grupo (32 plantas) recebeu irrigação normalmente (tratamento controle) e o outro grupo (32 plantas) teve sua irrigação suspensa. As plantas permaneceram sob estresse hídrico durante 4 dias, época em que foi observada o enrolamento das folhas

do ápice e parada do crescimento das plantas.

2.2. Características avaliadas

A altura das plantas foi avaliada semanalmente após a emergência. Durante o período de estresse hídrico a avaliação passou a ser diária, para a determinação da taxa de crescimento relativo (TCR), calculada segundo Benincasa (1988):

$$TCR = \frac{(\ln AF - \ln AI)}{\Delta t} \quad (1)$$

Em que AF é a altura final (cm); AI é a altura inicial (cm) e Δt é o intervalo de tempo, em dias, entre AI e AF

No final do experimento, as plantas foram coletadas e separadas em folhas, caule e raízes. O material vegetal foi levado à estufa com temperatura entre 65 e 70 °C, para secagem, até obtenção de massa constante. Após este período o material foi submetido à pesagem para se determinar a massa seca da parte aérea (caule + folhas) e das raízes.

A partir da massa seca das plantas, foi determinada a eficiência micorrízica (EM), de acordo com a seguinte fórmula:

$$EM = \left[\frac{(MSPM - MSPNM)}{MSPM} \right] \cdot 100 \quad (2)$$

Em que, EM é a eficiência micorrízica (%), MSPM é a massa seca de plantas

micorrizadas (g), MSPNM é a massa seca de plantas não micorrizadas (g).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Altura das plantas

Houve interação significativa entre a inoculação das plantas com fungos micorrízicos e os tratamentos de irrigação (Tabela 1).

As plantas inoculadas com *Glomus etunicatum* apresentaram maior altura, apesar de não ter sido diferente das plantas inoculadas com os outros fungos, mas foi superior às plantas que não receberam inoculação, mostrando que as plantas inoculadas com aquele fungo micorrízico podem ter desenvolvido um sistema radicular maior, absorvendo maior quantidade de água e nutrientes do que as plantas não inoculadas.

Loureiro & Silva (1993) verificaram em plantas de *Aeschynomene fluminenses*, que a inoculação com *Glomus occultum* proporcionou aumento na altura, no diâmetro à altura do colo e nas massas secas da parte aérea e das raízes. Em todos os tratamentos de inoculação, as plantas que receberam irrigação cresceram mais do que aquelas submetidas ao tratamento de estresse hídrico

Tabela 1: Altura de plantas de moringa inoculadas com fungos micorrízicos e submetidas a dois regimes hídricos.

Regime hídrico	Sem Inoculação	<i>Glomus etunicatum</i>	<i>Acaulospora scrobiculata</i>	Comunidades indígenas
Irigado	75,50 Ba	83,88 aA	79,70 abA	79,62 abA
Estresse hídrico	62,75 aB	65,78 aB	59,98 aB	49,50 bB

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

O fato de mudas colonizadas com algumas espécies de FMA apresentarem rendimentos superiores aos da testemunha, em termos de desenvolvimento vegetativo, é atribuído normalmente, à sua maior capacidade de absorção de nutrientes do solo, pois segundo Glowa et al. (2003) e Sawyer et al. (2003), as hifas micorrízicas aumentam a área de absorção radicular, permitindo melhor aproveitamento de água e nutrientes, como o P, N e K, propiciando, assim, um crescimento mais rápido das plantas. Conferem, também, maior resistência a estresses hídricos, a temperaturas mais elevadas e acidez do solo, além de possibilitar maior tolerância à presença de substâncias tóxicas no solo e a patógenos do sistema radicular (SMITH & READ, 1997). Portanto, contribuem no estabelecimento e no crescimento das plantas, mesmo em solos pobres em nutrientes ou degradados.

O fato de ter sido observada variação nos resultados quanto à inoculação pode ser devido à afinidade, maior ou menor,

que cada espécie de FMA tem com diferentes espécies de plantas, pois segundo Garbaye (1990) e Sawyer et al. (2003), os fungos micorrízicos têm capacidade diferenciada em colonizar e promover benefícios às espécies vegetais. Em condições específicas, há diferentes respostas, variando em compatibilidade e eficiência além da afinidade colonizador-hospedeiro, deve-se levar em conta o meio ambiente como agente selecionador de espécies de FMA.

3.2. Taxa de crescimento relativo e produção de matéria seca

Quanto ao tratamento hídrico, verificou-se diferença significativa entre os tratamentos no que se refere à taxa de crescimento relativo das plantas, onde as plantas submetidas à deficiência hídrica apresentaram menor taxa de crescimento, diferindo significativamente das plantas controle (plantas irrigadas), independente do tratamento de inoculação (Figura 1).

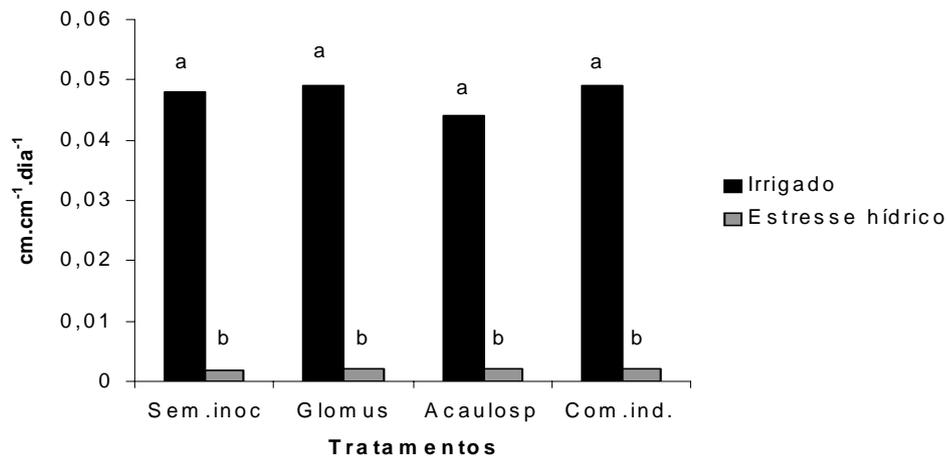


Figura 1. Taxa de crescimento de plantas de moringa, inoculadas com fungos micorrízicos, durante o período de estresse hídrico. Médias seguidas de letras iguais, dentro de cada tratamento de inoculação, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

No entanto, não houve diferença significativa entre os tratamentos de inoculação, nem foi verificada interação significativa entre os tratamentos. Isso mostra que a infecção das raízes com os fungos testados pode ter sido afetada pela redução na disponibilidade de água no solo

Na Tabela 2 são apresentados os valores da massa seca das raízes e parte aérea das plantas de moringa submetidas a dois regimes hídricos. Não foi verificada interação significativa entre os tratamentos, nem efeito significativo da inoculação, havendo efeito significativo apenas do tratamento hídrico. Verificou-se que as plantas de moringa, independentemente da inoculação, sofreram redução nos pesos secos das raízes e parte aérea, quando submetidas ao estresse hídrico,

evidenciando o efeito prejudicial dessa condição adversa nas plantas de moringa.

Quanto à produção de matéria seca total, verificou-se interação significativa entre os tratamentos (Tabela 3). Observou-se que as plantas inoculadas com fungos micorrízicos apresentaram maiores valores de massa seca total, diferindo das plantas controle (sem inoculação), sendo que o maior acúmulo de massa seca foi obtido nas plantas inoculadas com *Glomus etunicatum*.

Quanto aos tratamentos de irrigação, percebeu-se que as plantas submetidas ao estresse hídrico tiveram redução na massa seca, independentemente do tratamento de inoculação (Tabela 3).

Tabela 2: Massa seca das raízes (MSR) e da parte aérea (MSPA), das plantas de moringa inoculadas com FMAs, e submetidas a dois regimes hídricos.

Regime hídrico	Sem Inoculação		<i>Glomus etunicatum</i>		<i>Acaulospora scrobiculata</i>		Comunidades indígenas	
	MSR	MSPA	MSR	MSPA	MSR	MSPA	MSR	MSPA
Irrigado	3,09 a	5,70 a	4,71 a	6,94 a	3,68 a	5,76 a	3,92 a	6,56 a
Estresse hídrico	2,84 a	3,69 b	2,90 b	3,84 b	3,06 a	3,00 b	2,97 a	3,39 b

Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 3: Massa seca total das plantas de moringa inoculadas com fungos com FMAs, e submetidas a dois regimes hídricos.

Regime hídrico	Sem Inoculação	<i>Glomus etunicatum</i>	<i>Acaulospora scrobiculata</i>	Comunidades indígenas
Irrigado	8,79 aB	11,65 aA	9,44 aAB	10,48 aAB
Estresse hídrico	6,53 bA	6,74 bA	6,06 bA	6,36 bA

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

A maior redução foi verificada nas plantas inoculadas com *Glomus etunicatum* (42,1%), seguido das plantas inoculadas com comunidades indígenas (41,5%), inoculadas com *Acaulospora scrobiculata* (35,5%) e sem inoculação (25,7%). Além da redução no crescimento, outro efeito do estresse hídrico que pode ter contribuído para redução na massa seca das plantas foi a abscisão foliar, verificada nas plantas sob estresse hídrico, independentemente do tratamento de inoculação.

Para Schulze et al. (1987), a senescência de folhas é um dos mecanismos de prevenção à desidratação, que leva a um forte declínio na

produtividade potencial mesmo após a eliminação do déficit.

Em geral, a planta micorrizada produz mais biomassa e é mais tolerante às condições estressantes, como altos teores de Fe e Al e estresses hídricos (BAREA et al., 1993; NOGUEIRA & CARDOSO, 2000). Além disso, as micorrizas desempenham função importante na ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. Alguns trabalhos têm mostrado que a micorriza pode aumentar, também, a sobrevivência das plantas em períodos de seca, ou após o transplântio das mudas (COLOZZI FILHO et al., 1994).

Oliva et al. (1989), trabalhando com *E. camaldulensis* verificaram um

decréscimo no incremento em altura com a redução na disponibilidade de água no solo. Esses autores afirmaram que a deficiência hídrica pode afetar diretamente o crescimento em altura e em diâmetro, reduzindo a expansão celular e a formação da parede celular e, indiretamente, reduzindo a disponibilidade de carboidratos ou influenciando a produção de reguladores de crescimento. Provavelmente, esse baixo crescimento em altura das plantas de moringa submetidas ao déficit hídrico, deve-se ao fechamento estomático, influenciando negativamente na produção e acúmulo de assimilados. De acordo com Kozłowski (1982) e Larcher (2000), o fechamento estomático observado em plantas que previnem à desidratação apresenta vários efeitos colaterais, reduzindo o crescimento das plantas. Os principais efeitos desse fechamento estomático são decréscimo na produção de assimilados e aumento na atividade de enzimas oxidantes, resultando em aumentos na temperatura da planta, promovendo elevação na respiração e no gasto de fotoassimilados e, conseqüentemente, redução no crescimento.

Decréscimo no crescimento das plantas em função do déficit hídrico também foi observado por Freire (1990); Martinez et al. (1995), e esse efeito tem

sido atribuído à redução na expansão celular e na disponibilidade de carboidratos necessários a esse crescimento, em virtude de promover fechamento estomático, afetar a atividade de enzimas carboxilativas e reduzir a capacidade fotossintética das plantas (VU et al., 1998).

3.3. Eficiência micorrízica

Os dados referentes à eficiência micorrízica das plantas encontram-se na Tabela 4. Verifica-se que a maior eficiência micorrízica foi obtida em plantas inoculadas com *G. etunicatum* e comunidades indígenas, que não foram submetidas ao estresse hídrico. Verifica-se também que dentro das plantas que constituíram o tratamento de déficit hídrico, só obteve-se eficiência da inoculação em plantas inoculadas com *G. etunicatum*, os outros tratamentos não se mostraram eficientes quando comparados à testemunha.

Essa maior ou menor eficiência de algumas espécies de fungos micorrízicos em plantas de moringa deve-se, provavelmente, à pouca afinidade colonizador-hospedeiro, pois segundo Garbaye (1990) e Sawyer et al. (2003), os fungos micorrízicos têm capacidade diferenciada em colonizar e promover benefícios às espécies vegetais.

Tabela 4: Eficiência micorrízica em plantas de moringa submetidas a dois regimes hídricos.

Regime hídrico	<i>Glomus etunicatum</i>	<i>Acaulospora scrobiculata</i>	Comunidades indígenas
Irigado	24,5 a	6,90 a	16,10 a
Estresse hídrico	3,10 b	-10,70 b	-2,60 b

Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

4. CONCLUSÕES

A eficiência micorrízica nas plantas de moringa variou de acordo com a espécie de fungo.

Não houve contribuição da micorriza para aumentar a resistência das plantas de moringa ao déficit hídrico, independente do fungo empregado.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, V. M.; SOUTO, J. S.; ARAÚJO, L. V. C.; PEREIRA FILHO, J. M.; SANTOS, R. V. Composição química-bromatológica da moringa (*Moringa oleifera* Lam.) no semi-árido paraibano. In: Congresso Brasileiro de Medicina Veterinária, 26, 1999. Campo Grande, MS. **Anais...**1999.
- BAREA, J. M.; AZCÓN, R.; AZCÓN-AGUILAR, C. Mycorrhiza and crops. **Adv. Plant Pathol.**, v.9, p.167-189, 1993.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas.** Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42p.
- COLLOZZI-FILHO, A.; SIQUEIRA, J. O.; SAGGIN JUNIOR, O. J.; GUIMARÃES, P. T. G.; OLIVEIRA, E. Efetividade de diferentes fungos micorrízicos arbusculares na formação de mudas, crescimento pós-transplante e produção de cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.1397-1406, 1994.
- FREIRE, A. L. O. **Efeito do déficit hídrico sobre alguns aspectos biofísicos, bioquímicos e no desenvolvimento do feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.).** 1990, 61 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1990.
- GARBAYE, J. Utilization des mycorrhizes en sylviculture. In: STRULLU, D.G. (Ed.). **Les mycorrhizes des arbres et plantes cultivées.** Paris: Lavoisier, 1990. p.197-250.
- GERDES, G. **O uso das sementes da árvore moringa para o tratamento de água turva.** Fortaleza: ESPLAR, 1996. 13p.
- GLOWA, K. R.; AROCENA, J. M.; MASSICOTTE, H. B. Extraction of potassium and/or magnesium from selected soil minerals by Piloderma. **Geomicrobiology Journal**, v.20, p.99-111, 2003.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. **The water culture method for growing plants without soil.** California Agriculture Experimental Study. 1950 (Circular, 347).

- JANOS, D. P. Vesicular-arbuscular mycorrhizae affect lowland tropical rain forest plant growth. **Ecology**, v.61, p.151-162, 1980.
- KOSLOWSKI, T. T Water supply and tree growth. I. Water deficits. **Forest Abstract**, v.43, p.57-95, 1982.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2000. 531 p.
- LOUREIRO, M. F.; SILVA, E. M. R. Fungos micorrízicos vesículo-arbusculares e Bradyrhizobium sp. em *Aeschynomene fluminenses*. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 1993. **Resumos...** Goiânia: SBCS, 1993. v. 1, p. 333-334
- MARTINEZ, C. A.; GUERRERO, C.; MORENO, U. Diurnal fluctuations of carbon exchange rate, proline content, and osmotic potential in two water-stressed potato hybrids. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.7, p.27-33,1995.
- MOREIRA-SOUZA, M.; CARDOSO, E. J. B. N. Dependência micorrízica de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. sob doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.905-912, 2002.
- NOGUEIRA, M. A.; CARDOSO, E. J. B. N. Produção de micélio externo de fungos micorrízicos arbusculares e crescimento de soja em função de doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.329-338, 2000.
- OLIVA, M. A.; BARROS, N. F.; GOMES, M. M. S. et al. Seca de ponteiros em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn em relação a estresse hídrico e nutrição mineral. **Revista Árvore**, v.13, p. 19-33, 1989.
- RAMACHANDRAN, C.; PETER, K. V.; GOPALAKRISHNAN, P. K. Drumstick (*Moringa oleifera*): A multipurpose Indian Vegetable. **Economic Botany**, v.34, p.276-283, 1980.
- SAWYER, N. A.; CHAMBERS, S. M.; CAIRNEY, J. W. G. Utilisation of inorganic and organic phosphorus sources by isolates of *Amanita muscaria* and *Amanita* species native to temperate eastern Australia. **Australian Journal of Botany**, v.51, p.151-158, 2003.
- SCHULZE, E. D.; ROBICHAUX, R. H.; GRACE, J. et al. Plant water balance. **BioScience**, v.37, p.30-37, 1987.
- SILVEIRA, A. P. D.; CARDOSO, E. J. B. N. Efeito do fósforo e da micorriza vesículo-arbuscular na simbiose *Rhizobium-feijoeiro*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.11, p.31-36, 1987.
- SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. London: Academic, 1997. 605p.
- VU, J. C. V.; BAKER, J. T.; PENNAMEN, A. H.; ALLEN, L. H.; BOWES, G.; BOOTE, K. J. Elevated CO₂ and water deficit effects on photosynthesis, ribulose biphosphate carboxylase-oxygenase, and carbohydrate metabolism in rice. **Physiologia Plantarum**, v.103, p.327-339, 1998.