

**EFEITO DA SALINIDADE DA ÁGUA NA POPULAÇÃO DE FUNGOS
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM PRODUÇÃO DE
PALMA *Opuntia stricta***

Érica Olandini Lambais¹
Evaldo dos Santos Felix²
George Rodrigues Lambais³
Jucilene Silva Araújo⁴
Alexandre Pereira de Bakker⁵

INTRODUÇÃO

Salinidade é um termo utilizado para caracterizar o processo de acúmulo de sais no solo ou na água utilizada para irrigação, sendo esses prejudiciais à maioria das espécies de plantas (OLIVEIRA et al., 2010). Há duas origens possíveis para a salinidade do solo, uma associada às causas naturais, ocasionadas pelas transformações químicas das rochas, e outra relacionada à atividade humana, pela utilização de água de baixa qualidade ou pelo manejo inadequado da irrigação e da drenagem (GHEYI, 2016). A condição de salinidade no solo ocorre principalmente em regiões áridas e semiáridas, devido à baixa precipitação pluviométrica, ocasionando uma drenagem deficiente e pela utilização de água de baixa qualidade (HOLLANDA et al, 2007). A principal atividade econômica das pessoas que vivem na região do semiárido nordestino é o extrativismo vegetal e a agropecuária (DUQUE, 2004), sendo a palma forrageira uma boa opção de cultivo por se adaptar à ambientes com déficit hídrico (OLIVEIRA et al., 2010). Segundo Santana et al. (2007) as culturas apresentam respostas diferentes à salinidade, podendo ser extremamente sensíveis em níveis de salinidade relativamente baixos ou produzir bons rendimentos em condições altamente salinas. A associação de plantas com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) se apresenta como uma

¹ Pesquisadora do Núcleo de Solos e Mineralogia do Instituto Nacional do Semiárido – INSA/MCTIC, erica.lambais@insa.gov.br;

² Pesquisador do Núcleo de Produção Vegetal do Instituto Nacional do Semiárido – INSA/MCTIC, evaldo.felix@insa.gov.br;

³ Pesquisador do Núcleo de Recursos Hídricos do Instituto Nacional do Semiárido – INSA/MCTIC, george.lambais@insa.gov.br;

⁴ Pesquisadora do Núcleo de Produção Vegetal do Instituto Nacional do Semiárido – INSA/MCTIC, jucilene.araujo@insa.gov.br;

⁵ Pesquisador do Núcleo de Solos e Mineralogia do Instituto Nacional do Semiárido – INSA/MCTIC, alexandre.bakker@insa.gov.br;

alternativa para promover uma maior tolerância das plantas aos estresses ambientais, como o estresse salino (BEZERRA et al., 2010). Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo quantificar esporos de FMA na produção de mudas da palma *Opuntia stricta*, irrigada com duas concentrações diferentes de NaCl, e duas porcentagem de lixiviação. O solo foi coletado após 1 ano de tratamento, realizada a extração de esporos e a quantificação dos mesmos. O tratamento com maior concentração de NaCl obteve um maior número de esporos, independentemente da porcentagem de lixiviação. O estudo corroborou os resultados de pesquisas já realizadas, onde houve um crescimento linear da quantidade de esporos com o aumento da salinidade da água de irrigação. Contudo, como a colonização micorrizica e a esporulação dos FMA dependem da espécie do fungo e da planta que realizam a associação, são necessários estudos mais aprofundados das espécies que realizam essa associação com variedades de palma, avaliando como cada espécie de fungo se comporta.

DESENVOLVIMENTO

Um dos estresses abióticos que mais limita o crescimento e a produtividade agrícola é a salinidade, sendo essa um dos maiores problemas nas regiões áridas e semiáridas devido às grandes taxas de evapotranspiração e baixas precipitações pluviométricas, associadas ao manejo inadequado do solo e da água, contribuindo assim para o surgimento de solos salinizados (ALMEIDA, 2011). O semiárido nordestino apresenta um percentual significativo de solos com grandes concentrações de sais, onde cerca de 25% da área irrigada possui problemas com salinidade (BRITO, 2002). A salinidade do solo pode ocasionar para as plantas alterações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas, refletindo no transporte de água e de nutrientes (D'ALMEIDA et al., 2005). As plantas reagem diferentemente às concentrações de sais no solo, sendo que algumas conseguem apresentar um nível satisfatório de produção e outras são mais sensíveis a níveis relativamente baixos (ALMEIDA, 2011). O sucesso para o uso de águas salinas na irrigação requer boas práticas de manejo aliadas à seleção de culturas tolerantes à salinidade, e adoção de estratégias de aplicação que evitem o acúmulo de sais no solo (GHEYI, 2016).

A palma forrageira, do gênero *Opuntia*, originária do México, é uma importante fonte de forragem, sendo o Brasil, o país que apresenta a maior área de cultivo da palma no mundo, predominando a espécie *Opuntia ficus-indica*, onde esse cultivo se concentra principalmente na região semiárida, que apresenta condições semelhantes às de sua origem (DA SILVA, 2018).

Essa planta atua como uma fonte alimentar estratégica para nutrição de ruminantes e outras espécies animais devido ao seu grande valor nutricional (energético e hídrico), e ainda possui uma alta eficiência do uso da água nas condições de restrição hídrica (OLIVEIRA et al, 2010).

Todos esses estresses abióticos em plantas têm despertado grande interesse na pesquisa, que busca por cultivares mais produtivos sobre essas condições desfavoráveis. Os estresses hídrico e salino são os mais estudados por apresentarem um grande impacto no crescimento e na produtividade das plantas (MONTEIRO et al, 2014).

Além das técnicas convencionais para a facilitação do manejo desses solos salinos, uma opção que vem sendo estudada para que o rendimento dessas culturas não seja afetado pelos sais é o emprego de plantas colonizadas com FMA (ALMEIDA, 2011). As micorrizas arbusculares (MA) são associações mutualísticas entre a maioria das plantas terrestres e fungos do filo Glomeromycota (KIRIACHEK, 2009). Nessa associação a planta é beneficiada com o aumento de absorção de água e de nutrientes, principalmente do fósforo (P), enquanto que o fungo é beneficiado pelos compostos produzidos pelas plantas através da fotossíntese, permitindo que o FMA complete seu ciclo de vida, que só é possível através da associação com a planta hospedeira (SMITH & READ, 2008).

Essa associação promove melhorias no crescimento e desenvolvimento das plantas, além de propiciar uma maior tolerância e resistência à vários agentes ambientais adversos (PEREIRA et al, 2012). Em situações de estresse, boa parte das plantas superiores são colonizadas pelos FMA, e são beneficiadas em seu crescimento (SMITH & READ, 2008).

De acordo com HE et al. (2007) os FMA podem contribuir para uma maior tolerância das plantas à salinidade. Plantas associadas aos FMA tem, frequentemente, maior resistência ao estresse salino, talvez com maior consistência, que ao estresse hídrico, sendo relatado que os fungos MA aumentam a tolerância da planta ao estresse salino por melhorarem a absorção de água e de nutrientes pela planta, promoverem o equilíbrio iônico e protegerem a atividade enzimática (PEREIRA et al, 2012).

Para que as plantas consigam sobreviver ao estresse hídrico ou salino, o ajuste do potencial osmótico foliar é muito importante, e exige um equilíbrio osmótico intracelular, e a presença dos FMA nas raízes pode ocasionar essas modificações no potencial osmótico, além da composição dos carboidratos e modificação no nível de prolina (PEREIRA et al, 2012). O controle iônico pelas plantas é um dos processos mais importantes para que as mesmas obtenham tolerância aos ambientes salinos, onde desenvolvem mecanismos para a acumulação de solutos, absorvendo íons do meio externo ou mobilizando seus próprios constituintes,

tornando o potencial osmótico mais negativo (YAMAGUCHI & BLUMWALD, 2005). Esse processo é conhecido como osmorregulação ou regulação osmótica, e possui variância em relação ao tipo de soluto utilizado, sendo que algumas espécies tem demonstrado eficiência no controle osmótico a partir do acúmulo de compostos orgânicos conhecidos como solutos compatíveis, sendo um desses solutos, os aminoácidos, como a prolina (HASEGAWA et al., 2000).

Além dos benefícios já citados, os FMA tornam o sistema radicular mais vigoroso e estimula a produção de hormônios vegetais pela planta. (PEREIRA et al, 2012).

De acordo com as considerações acima, o presente estudo teve como objetivo quantificar os esporos de fungos micorrízicos arbusculares presentes na produção da palma *Opuntia stricta* irrigada com água em diferentes concentrações de salinidade.

METODOLOGIA

O experimento foi realizado na Estação Experimental do Instituto Nacional do Semiárido, em Campina Grande, PB (07°16'41" S e 35°57'59" O, altitude média de 470 m, em vasos com capacidade de 40 L e em ambiente não controlado (Figura 1).



Figura 1 – Área experimental: produção de palma irrigada com concentrações diferentes de NaCl.

O solo utilizado para o plantio das palmas Orelha-de-elefante mexicana foi coletado na própria Estação Experimental e classificado como Planossolo Háplico eutrófico típico, com

as seguintes características físico-químicas: Areia = 787 g kg⁻¹; Silte = 157 g kg⁻¹; Argila = 56 g kg⁻¹; pH = 5,7; CE = 152 µS cm⁻¹; P = 7,0 mg kg⁻¹; H+Al = 1,7 cmol_c kg⁻¹; Ca²⁺ = 1,1 cmol_c kg⁻¹; Mg²⁺ = 0,1 cmol_c kg⁻¹; Na⁺ = 0,1 cmol_c kg⁻¹; K⁺ = 0,3 cmol_c kg⁻¹ e SB = 2,1 cmol_c kg⁻¹. A palma foi irrigada com dois níveis de salinidade da água, e medida a condutividade elétrica (CE) (S1 = 1,5; S2 = 6,0; dS m⁻¹ a 25°C), obtidos pela diluição de cloreto de sódio (NaCl) em água de chuva. Os vasos foram irrigados a cada 7 dias, no final da tarde, e para as duas concentrações de salinidade obtiveram duas lixiviações, de 15% (L1) e 30% (L2), resultando em 4 tratamentos (T1= S1L1; T2= S1L2; T3= S2L1 e T4= S2L2) com 3 repetições para cada tratamento. A coleta do solo foi realizada após 1 ano de tratamento.

Após o período de tratamento, o solo foi coletado para a realização de análise em triplicata, e passou por peneira de malha de 2 mm, e realizou-se a extração de esporos por peneiramento úmido (GERDEMANN; NICOLSON, 1963), pesando 50g de solo, adicionado 500ml de água e mantido em agitação por aproximadamente 1 minuto (Figura 2a). Posteriormente, a amostra passou por duas peneiras, de malha de 500µm (P1) e 37µm (P2) (Figura 2b).

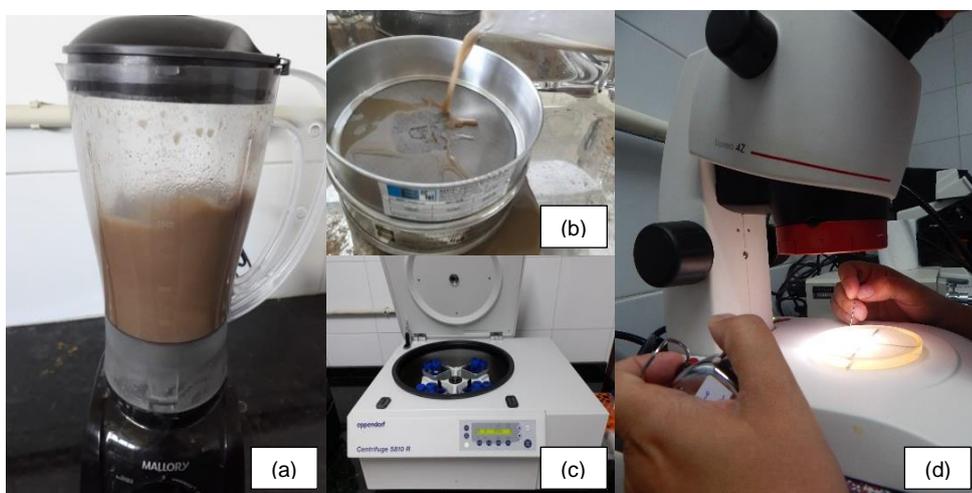


Figura 2 – (a) homogeneização do solo por 1 minuto; (b) a amostra passou por 2 peneiras de malhas diferentes; (c) centrifugação das amostras; e (d) quantificação dos esporos com o auxílio da lupa estereoscópica.

Os esporos que ficaram retidos na P2 foram transferidos para tubos falcon de 50ml e adicionado o valor de 1:1 de sacarose 50%, e centrifugado a 3.000 rpm durante 3 minutos (Figura 2c) (JENKINS, 1964). O sobrenadante foi vertido novamente na P2 e lavados em água corrente para a retirada do excesso de sacarose. A amostra então foi transferida para placa de Petri canaletada e, com o auxílio de um microscópio estereoscópico, os esporos foram quantificados (Figura 2d).

Os dados analisados foram o número total de esporos encontrados (NT), densidade de esporos (número médio de esporos em 50 g de solo) e abundância de esporos (número médio de esporos por g⁻¹ de solo). A densidade de esporos, em cada tratamento, foi obtida pela média do número de esporos encontrados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número total de esporos encontrados foi de 81 para T1, 140 para T2, 89 para T3 e 134 para T4. Com relação a densidade de esporos, os dados encontram-se na Tabela 1. A abundância de esporos para os tratamentos 1, 2, 3 e 4 foi de 0,54 (±0,03); 0,93 (±0,02); 0,59 (±0,06) e 0,92 (±0,04), respectivamente.

Tabela 1 – Resultados da quantificação de esporos de fungos micorrízicos arbusculares nas duas lixiviações e concentrações de salinidade da água.

Tratamento	Lixiviação	CE	Repetições	Quantidade de esporos	Média
T1	15%	1,5 dS m ⁻¹	1	28	27 (±1,5)
			2	29	
			3	24	
T2	15%	6,0 dS m ⁻¹	1	44	46,6 (±1,4)
			2	49	
			3	47	
T3	30%	1,5 dS m ⁻¹	1	28	29,6 (±3,2)
			2	36	
			3	25	
T4	30%	6,0 dS m ⁻¹	1	43	46 (±2)
			2	50	
			3	45	

A quantidade de esporos presentes nos tratamentos T1 e T3 foram menores que os dos tratamentos T2 e T4. Com relação à porcentagem de lixiviação, os tratamentos com a mesma concentração de NaCl, T1 e T3 e o T2 e T4, não apresentaram diferenças significativas entre eles.

Colla *et al.* (2008), estudando abobrinha, verificaram que a colonização micorrízica foi maior nas condições de baixo teor de fósforo e alta salinidade ($5,0 \text{ dS m}^{-1}$). Esse resultado corrobora com os dados obtidos no presente trabalho, onde o solo utilizado para a produção das palmas apresenta uma quantidade baixa de P, e as concentrações de NaCl utilizadas nos tratamentos 2 e 4, que foram os que apresentaram uma quantidade maior de esporos de FMA, receberam irrigação com concentração de NaCl de $6,0 \text{ dS m}^{-1}$.

De acordo com Lucio *et al.* (2013), as alterações das variáveis microbiológicas em um ambiente radicular de plantas colonizadas com FMA ao estresse salino são pouco relatadas na literatura, e apresentam resultados variados que podem estar vinculados com as características intrínsecas do fungo quanto à sua capacidade de germinação e colonização da planta em ambiente salino.

Contudo, mesmo com o aumento da quantidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares nos tratamentos que receberam maior quantidade de NaCl, vale ressaltar que a capacidade do fungo de estimular o aumento no crescimento da planta é ocasionado pela característica do mesmo, podendo apresentar diferentes graus de eficiência, podendo até mesmo ser ineficaz, dependendo das condições de crescimento e da espécie da planta hospedeira (ALMEIDA, 2011).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Poucos são os trabalhos voltados para o comportamento dos FMA, quanto a esporulação, em condições de estresse salino, e de acordo com a literatura a colonização micorrízica pode variar de acordo com a espécie de fungo que coloniza a planta, demonstrando assim a importância de estudos mais aprofundados com relação ao comportamento de esporulação de cada espécie nas condições de alta salinidade.

Diante disso, faz-se necessário uma maior investigação sobre o comportamento de espécies específicas, na associação com variedades de palma, em condições de estresse salino.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. S. Respostas fisiológicas e bioquímicas de plantas de milho (*Zea mays* L.) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares sob estresse salino. 2011. 89f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

BEZERRA, M. E. J. et al. Biomassa, atividade microbiana e FMA em rotação de sultural milho/feijão-de-corda utilizando-se águas salinas. Revista Ciência Agronômica, v. 41, n. 4, p. 562-570, out-dez, 2010

BRITO, L.K.F.L. Avaliação da resposta *in vitro* de duas variedades de abacaxizeiro (*Ananas comosus* (L.) Merr) a um segundo cultivo na presença de NaCl. 2002. 63 p. Monografia – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

COLLA, G. et al. Alleviation of salt stress by arbuscular mycorrhizal in zucchini plants grown at low and high phosphorus concentration. Biology and Fertility of Soils, v. 44, p. 501-509, 2008.

D'ALMEIDA, D. M. B. A. D.; et al. Importância relativa dos íons na salinidade de um Cambissolo na Chapada do Apodi, Ceará. Engenharia Agrícola, v.25, n.3, p.615- 621, 2005.

DA SILVA, R.H.D. Crescimento da Palma Forrageira com água salina. 2018. 66f. Tese de doutorado – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.

DUQUE, J.G. Perspectivas Nordestinas. 2 ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004. p.424.

GHEYI, H. R. et al. Manejo da salinidade na Agricultura: Estudos básicos e aplicados. 2ª edição. Fortaleza - CE, 2016.

GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores os mycorrhizal Endogene species extracted from soil by wet sieving and decanting. Transactions of British Mycological Society, Camdrigde, U. K., v. 46, n. 2, p. 235-244, 1963.

GIRI, B.; KAPOOR, R.; MUKERJI, K.G. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and salinitation growth, biomass, and mineral nutition of *Acacia auriculiformes*. Biology and Fertility of Soils, v. 38, p. 170-175, 2003.

HASEGAWA, P. et al. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology, Palo Alto, v.51, p.463-499, 2000

HE, Z. et al. Changes of antioxidative enzymes and cell membrane osmosis in tomato colonized by arbuscular mycorrhizae under NaCl stress. Colloid. Surface. B., 59:128-133, 2007.

HOLANDA, A. C. et al. 2007. Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas em ambientes degradados por sais. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v.7, n.1, p.39-50.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. Plant Disease Report, [S. I.], v. 48, p. 692, 1964.

KIRIACHEK, S.G. et al. Regulação do desenvolvimento de micorrizas arbusculares. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 33, núm. 1, p.1-16, 2009.

LÚCIO, W. S. et al. Crescimento e respostas fisiológicas do meloeiro inoculado com fungos micorrízicos arbusculares sob estresse salino. Ciências Agrárias, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1587-1602, jul./ago. 2013.

MONTEIRO, G.J. et al. Crescimento e conteúdo de prolina em plântulas de guandu submetidas a estresse osmótico e à putrescina exógena. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.49, n.1, p. 18-25, jan. 2014.

OLIVEIRA, F.T. et al. Palma forrageira: Adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.5, n.4, p.27-37, 2010.

PEREIRA, M. S. F. et al. Micorriza Arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36p: 1663 – 1679, agosto de 2012.

SANTANA, M.J. et al. Efeitos da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) e em solos com diferentes níveis texturais. *Revista Ciência e Agrotecnologia*, v. 31, n. 5, p. 1470-1476, 2007.

SANTOS, D. C. et al. Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco. Recife: IPA, 2006. 48 p. (IPA. Documentos, 30).

SMITH, S.E.; READ, D.J. *Mycorrhizal symbiosis*. 3.ed. London, Academic Press, 2008. 785p.

YAMAGUCHI, T.; BLUMWALD, E. Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities. *Trends in Plant Science*, Killington, v.10, n.12, p.615-620, 2005.