



Evolução da salinidade do solo cultivado com feijão-caupi irrigado com água salina ⁽¹⁾

Danilo Rodrigues Monteiro⁽⁴⁾ Wanderson José de Oliveira⁽³⁾ Edivan Rodrigues de Souza⁽²⁾; Jhônatha David Guimarães Silva⁽⁵⁾ Lucas Yago de Carvalho Leal⁽⁵⁾; Venâncio de Lima Veloso⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq (projeto Universal n° 473817/2013-6) e FACEPE.

⁽²⁾ Professor Adjunto; Universidade Federal Rural de Pernambuco; Recife, Pernambuco; edivans@hotmail.com; ⁽³⁾ Doutorando; Universidade Federal Rural de Pernambuco; ⁽⁴⁾ Mestrando; Universidade Federal de Pernambuco ⁽⁵⁾ Graduando; Bolsista de Iniciação Científica, Universidade Federal Rural de Pernambuco

RESUMO: O uso de água salina no semiárido do Nordeste e a predisposição dos solos a salinidade são áreas que exigem maiores estudos. Com base nisso foi desenvolvido um experimento em casa de vegetação de março a maio de 2014 para avaliar a evolução da salinidade do solo em cultivo de feijão caupi em Neossolo Flúvico coletado no município de Pesqueira-PE e irrigado com água salina. Foram utilizadas águas com 6 níveis de condutividade elétrica (0; 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5 dS m⁻¹) formuladas a partir de NaCl e de uma mistura de sais semelhante a água de poços do local de coleta do solo. Conduziu-se, o experimento, em blocos ao acaso em arranjo fatorial 6 x 2 com 4 repetições. A solução do solo foi extraída por meio de pasta saturada (início e final do experimento) e por meio de cápsulas porosas (17, 35, 46 e 60 dias após o plantio). Determinou-se o potencial osmótico (Ψ_{os}) e a CE das soluções. Para determinação do Ψ_{os} , a osmolaridade foi determinada por osmômetro de pressão de vapor e o potencial osmótico calculado pela equação de Van't Hoff. É possível identificar o processo de evolução da salinização do solo para as diferentes condutividades elétricas. Com relação a composição das águas, esta não influenciou as variáveis analisadas. Os dados servem de subsídio para estudos de salinização no semiárido do Nordeste.

Termos de indexação: *Vigna unguiculata*, potencial osmótico, condutividade elétrica.

INTRODUÇÃO

A salinidade do solo tem se tornando um grande problema principalmente em regiões áridas e semiáridas no mundo, mas susceptível a esse processo devido as condições de baixa pluviosidade e elevado saldo de energia solar disponível ao processo de evapotranspiração (ANDRADE et al., 2011). O uso de água salinas nessas regiões aceleram o processo de salinização, sendo interessante estudos que avaliem e evolução ao longo do cultivo.

Diversas culturas são avaliadas em cultivo sob o efeito de estresse salino. Dentre elas, encontra-se o feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), sendo classificado como moderadamente sensível a salinidade (GRIEVE et. al., 2012). Apesar da moderada sensibilidade, cultivares dessa planta foram desenvolvidas para aumentar a tolerância ao estresse salino, como a IPA 206, classificada como moderadamente tolerante a salinidade (DANTAS et. al., 2002). As regiões Norte e Nordeste, por se tratar de um componente básico da dieta alimentar da zona rural, possuem predominantemente o cultivo do feijão caupi.

Patel (2010), utilizando águas de irrigação com condutividade elétrica (CE) de 0 a 10 dS m⁻¹ e Coelho et al. (2013) aplicando uma mistura de NaCl e CaCl₂, com CE de 0, 4, 8 e 12 dS m⁻¹ cultivaram feijão sob estresse salino e encontraram alterações fisiológicas durante o desenvolvimento da cultura.

Devido à importância socioeconômica do feijão e do avanço da salinidade em diversas parte do mundo pretende-se investigar com este estudo, a evolução da salinidade do solo cultivado com feijão e irrigado com água de concentrações crescentes de sais elaboradas com NaCl e com uma mistura de sais semelhantes às condições de campo, analisando as condições de solo antes e depois do cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta e preparo do solo

O solo utilizado no experimento foi coletado no Município de Pesqueira - PE, na profundidade de 0-30 cm e classificado como Neossolo Flúvico (EMBRAPA, 2013), isento de problemas de salinidade e sodicidade.

Caracterização químico-física do solo

O extrato de saturação foi obtido conforme metodologia descrita por Richards (1954) onde determinou-se Ca²⁺ (19,07), Mg²⁺ (3,81), Na⁺ (27,04), K⁺ (1,4) e Cl (2,64) mmol L⁻¹; CE (0,99 dS m⁻¹) e pH (1:2,5) 8,71 seguindo a metodologia da EMBRAPA (1997). No complexo sortivo foi

determinado Ca^{2+} (5,53), Mg^{2+} (2,22), Na^+ (0,26), K^+ (0,5) e SB (8,51) cmolc kg^{-1} , PST (3%) e pH (1:2,5) 7,7 segundo Thomas (1988).

A caracterização física do solo foi realizada mediante metodologia proposta pela EMBRAPA (1997). O solo possuía de areia fina (312), areia grossa (117), silte (422), argila (149) e argila dispersa em água (102) g kg^{-1} , densidade do solo (1,24) e densidade de partículas (2,52) g cm^{-3} , porosidade total (50,79%), capacidade de campo (0,24) e ponto de murcha permanente (0,05) g g^{-1} .

Montagem do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal Rural de Pernambuco (08° 00' 59,9" S e 34° 56' 38,6" W) durante os meses de março a maio de 2014, totalizando 60 dias de acompanhamento. Foram cultivadas plantas de feijão caupi em vasos com capacidade para seis litros preenchidos com solo. Os vasos foram mantidos com 80% da capacidade de campo. Cada parcela formada por um vaso com solo e duas plantas.

Para suprir as necessidades nutricionais da cultura foi realizada uma adubação segundo o Manual de Recomendação de Adubação (IPA, 2008).

A irrigação era realizada ao final do dia repondo a água perdida por evapotranspiração aferida por uma balança digital. Até o 7º dia após a semeadura (DAS) e, a partir do 8º DAS, utilizou-se água com valores de CE de modo crescente para que não houvesse choque osmótico.

Tratamentos

O solo foi irrigado com águas de condutividades elétricas de 0; 2,5; 5; 7,5; 10 e 12,5 dS m^{-1} elaboradas a partir de NaCl e de uma mistura de sais, simulando a composição encontrada em poços na região de Pesqueira-PE (Tabela 1).

Tabela 1. Quantidades de sal (g L^{-1}) para a obtenção dos valores de condutividade elétrica (dS m^{-1}) utilizadas para as águas de irrigação de ambas as fontes de sais e o potencial osmótico das soluções (MPa).

	Fontes de água						
	NaCl						
CE	0	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	
NaCl	0	1,36	2,906	4,669	6,650	8,826	
Ψ_o	0	-0,10	-0,22	-0,36	-0,51	-0,68	
	Mistura de Sais						
	CE	0	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5
	NaCl	0	1,051	1,990	3,201	4,650	6,501
	KCl	0	0,005	0,013	0,016	0,027	0,040
	MgCl_2	0	0,306	0,556	0,886	1,297	1,823
	CaCl_2	0	0,244	0,443	0,693	1,006	1,409
	Total	0	1,606	3,002	4,796	6,980	9,773
	Ψ_o	0	-0,12	-0,23	-0,35	-0,59	-0,71

Determinação da CE e do Potencial osmótico do solo

Para determinação do potencial osmótico foi feita o extrato da pasta saturada no início e ao fim do experimento e a extração da solução do solo com cápsula extratora aos 17, 46 e 60 dias após o plantio. A osmolalidade foi determinada pelo osmômetro de pressão de vapor e o potencial estimado pela equação de Van't Hoff. Também foi determinada a CE dessas soluções.

Delineamento estatístico

O experimento foi conduzido em blocos casualizados com 4 repetições num arranjo fatorial 6 x 2 correspondendo a seis níveis de condutividade elétrica e duas fontes de água. Foi feito ajuste do modelo de regressão para os níveis de salinidade e teste de comparação de médias para as fontes de água.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Evolução da condutividade elétrica do solo

A condutividade elétrica inicial do solo, medida na solução extraída pela pasta de saturação, apresentou valor próximo a 1 dS m^{-1} antes do experimento (Figura 1). Aos 17 dias após o plantio (DAP) evidencia-se o aumento nos valores da CE do solo, o que continua ocorrendo ao longo do experimento.

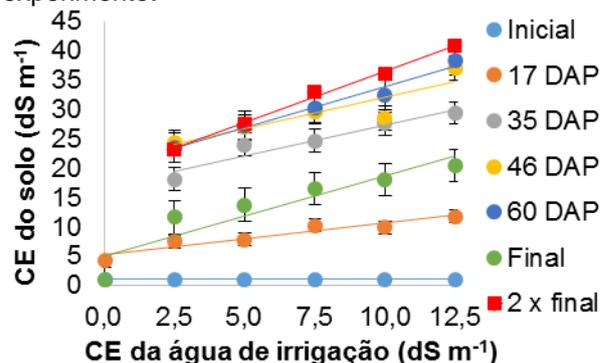


Figura 1. Condutividade elétrica do solo com seu erro padrão durante o período experimental para todos os tratamentos em relação a condutividade elétrica da água de irrigação. 17 DAP CV% = 12,32; 35 DAP CV% = 7,28; 46 DAP CV% = 8,42; 60 DAP CV% = 6,33; Pasta final CV% = 13,31.

A partir de 35 DAP as cápsulas dos tratamentos testemunhas não apresentaram solução na cápsula extratora. Todos os tratamentos ocasionaram elevação da salinidade, sendo mais pronunciado aos 60 DAP. Nessa data, quando medida na solução extraída com a cápsula extratora a CE do solo foi de 38,44 dS m^{-1} (CE 12,5 dS m^{-1}).

Na solução extraída pela pasta de saturação ao final do experimento (60 DAP) observou-se um valor



de 20,33 dS m⁻¹ para o tratamento em que se aplicou 12,5 dS m⁻¹. Salientando que há uma diferença entre os valores de CE obtidos da solução extraída da cápsula extratora e da pasta de saturação, em que a última por ser mais diluída apresenta valores mais baixos.

Segundo Gheyi et al (2010) a condutividade elétrica na capacidade de campo é o dobro daquela encontrada na pasta de saturação. Fato semelhante aos resultados desse experimento.

Em experimento com feijão-caupi e níveis de salinidade de 2,0, 4,0, 8,0 e 12,0 dS m⁻¹, Coelho et al. (2013) constataram que, a partir de um nível de CE do extrato de saturação do solo igual a 4,00 dS m⁻¹, decréscimos significativos na biometria da planta já podiam ser observados.

Almeida et al. (2012) encontraram diminuição de mais de 20 % na matéria seca da parte aérea em 10 variedades de feijão caupi com a salinidade da água de irrigação com 5,0 dS m⁻¹. Nascimento et al. (2013) cultivando feijão caupi sob diferentes níveis de salinidade e utilizando fração de lixiviação de 20% observaram reduções no diâmetro do caule e no número de folhas a partir da CE 0,6 dS m⁻¹.

Evolução do potencial osmótico do solo

Não houve diferença significativa entre os tipos de águas de irrigação para o potencial osmótico do solo ($P < 0,05$). As maiores CEs apresentam os menores valores de Ψ_o , e com o passar do tempo ocorreu uma redução dos valores para todos os tratamentos com sais (Figura 2).

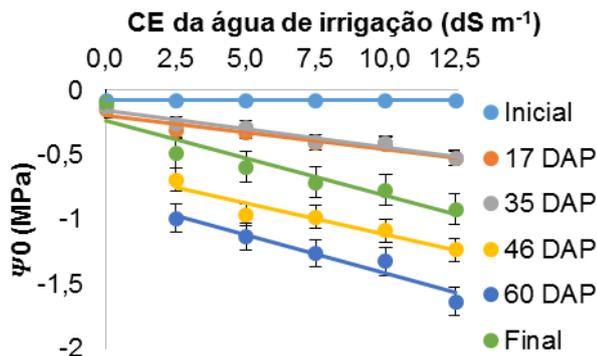


Figura 2. Potencial osmótico do solo com seu erro padrão durante o período experimental para todos os tratamentos em relação a condutividade elétrica da água de irrigação. 17 DAP CV% = 15,42; 35 DAP CV% = 19,12; 46 DAP CV% = 9,25; 60 DAP CV% = 9,01; Pasta final CV% = 17,66.

A concentração de sais no solo aumenta em razão da maior parte da água ser removida pela evapotranspiração. Quando o sistema é fechado (vaso sem drenagem) os sais só são retirados do solo quando extraídos pelas plantas.

O potencial osmótico do solo inicial era de -0,08 MPa e evoluiu para o mais baixo valor encontrado no final do cultivo, em que a CE 12,5 dS m⁻¹

ocasionou um valor de potencial osmótico de -1,64 MPa.

Aos 60 DAP, o potencial osmótico do tratamento com CE de 2,5 dS m⁻¹ alcançou -0,99 MPa, ou seja, no fim do cultivo todos os tratamentos apresentavam baixos valores de potencial osmótico, o que limitou a capacidade de produção de biomassa da cultura.

Coelho et al. (2014) também encontraram decréscimo do potencial osmótico em Neossolo flúvico franco-arenoso e Neossolo flúvico franco-argiloso com o passar do tempo e com o aumento da salinidade.

Potencial osmótico na planta

Não houve diferença significativa entre as fontes de sais usadas na composição da água de irrigação para o potencial osmótico ($P < 0,05$). O potencial osmótico diminuiu com o aumento da CE de forma linear; a CE de 0 dS m⁻¹ apresentou o maior valor de potencial osmótico, correspondente a -0,58 MPa; já no tratamento de maior salinidade, 12,5 dS m⁻¹, o valor do potencial osmótico foi de -1,24 MPa, ocasionado uma redução de 113% (Figura 3).

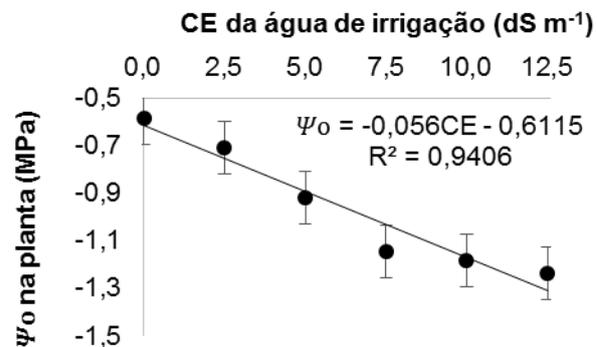


Figura 3. Potencial osmótico do feijoeiro com seu erro padrão em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE) aos 35 dias após o plantio determinado na madrugada. Potencial osmótico CV% = 17,93; Potencial hídrico CV% 26,77.

Com o aumento da CE do solo e, conseqüentemente, elevação da concentração dos sais usados na composição da água de irrigação, houve a diminuição do potencial do solo. Esse potencial menor, exige que a planta diminua também seu potencial para que possa absorver água. Um dos mecanismos usados pela planta para que isso ocorra é a osmorregulação, que se caracteriza pela acumulação de sais e solutos orgânicos na folha, ou seja, o potencial osmótico da célula se altera para manter o gradiente de potencial total entre a folha e o solo (MELONI et al., 2004; MUDGAL, et al., 2010).

A linearidade dessa relação também foi encontrada em trabalhos realizados por Coelho



(2014) com feijão caupi submetido ao estresse salino.

Bayelo-Jiménez et al. (2003) trabalhando com diversas espécies de feijão *Phaseolus* sob estresse salino encontraram decréscimo do potencial osmótico com o aumento da salinidade em todas as plantas. Souza et al. (2011) também encontraram redução do potencial osmótico da planta com o aumento da concentração salina no substrato de crescimento diminuindo de -0,61 MPa para -0,73 MPa em plantas de feijão caupi.

CONCLUSÕES

O potencial osmótico diminuiu com o aumento da CE do solo e da água de irrigação, mas não houve diferença significativa entre as fontes de sais usadas na composição da água de irrigação para este parâmetro.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, FACEPE e aos Programas de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ciências do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, W. S.; FERNANDES, F. R.; BERTINI, C. H. D. M.; PINHEIRO, M. D. S.; TEÓFILO, E. M. Emergência e vigor de plântulas de genótipos de feijão-caupi sob estresse salino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, p.1047-1054, 2012
- ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; ALEXANDRE, D. M. B.; PALÁCIO, H. A. Q.; LIMA, C. A. Investigação de mudanças do status salino do solo pelo emprego de análise multivariada. *Revistas brasileira de engenharia agrícola e Ambiental*, v.15, p. 410-415, 2011.
- BAYUELO-JIMÉNEZ, J. S.; DEBOUCK, D. G.; LYNCH, J. P. Growth, gas exchange, water relations, and ion composition of *Phaseolus* species grown under saline conditions. *Field Crops Research*, v. 80, p. 207-222, 2003.
- CARDONA-AYALA, C. E.; JARMA-OROZCO, A.; ARAMÉNDIZ-TATIS, H.; PERNETH-MONTAÑO, M.; VERGARA-CÓRDOBA, C. A. Gas exchange and mass distribution of the cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) under water deficit. *Agronomía Colombiana*, v. 31, p. 288-296, 2013.
- COELHO, J. B. M.; BARROS, M. F. C.; NETO, E. B.; CORREA, M. M. Comportamento hídrico e crescimento do feijão vigna cultivado em solos salinizados. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, p. 379-385, 2013.
- COELHO, J. B. M.; BARROS, M. F. C.; NETO, E. B.; SOUZA, E. R. Ponto de murcha permanente fisiológico e potencial osmótico de feijão caupi cultivado em solos salinizados. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, p.708-713, 2014
- DANTAS, J. P.; MARINHO, F. J. L.; FERREIRA, M. M. M.; AMORIM, M. S. N.; ANDRADE, S. I. O. & SALES, A. L. Avaliação de genótipos de caupi sob salinidade. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 6, p. 425-430, 2002.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997.212 p.
- EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013. 353 p.
- GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. INCT Sal: Fortaleza, 2010.
- GRIEVE, C. M.; GRATTAN, S. R.; MAAS, E. V. Plant salt tolerance. IN: WALLENDER, W. W.; TANJI, K. K. ASCE Manual and reports on Engineering No. 71. *Agricultural Salinity Assessment and Management* (2nd Edition). ASCE, Reston, VA. Chapter 13, p. 405-459, 2012.
- IPA. Manual de Recomendação de adubação para o estado de Pernambuco: 2a. aproximação. 2 ed. rev. Recife, 2008. 212p.
- MELONI, D. A.; GULOTTA, M. R.; MARTÍNEZ, C.A.; OLIVA, M. A. The effects of salt stress on growth, nitrate reduction and proline and glycine betaine accumulation in *Prosopis alba*. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v. 16, p. 39-46, 2004.
- MUDGAL, V.; MADAAN, N.; MUDGAL, A. Biochemical Mechanisms of Salt Tolerance in Plants: A Review. *International Journal Botany*, v. 6, p. 136-143, 2010.
- PATEL, P. R.; KAJAL, S. S.; PATEL, V. R.; PATEL, V. J.; KHRISTI, S. M. Impact of salt stress on nutrient uptake and growth of cowpea. *Journal Plant Physiology*, v. 22, p. 43-48, 2010.
- PATEL, P. R.; KAJAL, S. S.; PATEL, V. R.; PATEL, V. J.; KHRISTI, S. M. Impact of salt stress on nutrient uptake and growth of cowpea. *Journal Plant Physiology*, v. 22, p. 43-48, 2010.
- RICHARDS, L.A. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington: US Department of Agriculture, 1954. 160p.
- SOUZA, R. P.; MACHADO, E. C.; SILVEIRA, J. A. G.; RIBEIRO, R. V. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à salinidade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, p. 586-592, 2011.
- THOMAS, G. W. Exchangeable cations. In: *Methods of soil analysis. Part-2 chemical methods*. Madison: American Society of Agronomy, 159-165, 1982.