

ÍNDICE DE TOLERÂNCIA À SALINIDADE DO ALGODÃO E MILHO SOB ESTRESSE SALINO E DOSES DE NITROGÊNIO

Aureliano de Albuquerque Ribeiro¹, Claudivan Feitosa de Lacerda², Adriana Cruz de Oliveira³, Régis dos Santos Cruz⁴, Carlos Henrique Sousa de Carvalho⁵, Jordânia Maria Gabriel Pereira⁶

RESUMO: Objetivou-se com o presente estudo, avaliar o índice de tolerância à salinidade do algodão e milho sob estresse salino e doses de nitrogênio. A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação na Estação Agrometeorológica, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Fortaleza, Ceará. O estudo foi realizado empregando-se o delineamento em blocos casualizados (DBC), no esquema de parcelas sub-subdivididas, tendo nas parcelas, duas culturas (milho e o algodão), nas subparcelas, os níveis de salinidade da água de irrigação (0,5; 2,0; 4,0 e 6,0 dS m⁻¹) e nas subsubparcelas, três doses de nitrogênio (60, 100 e 140%) do valor recomendado para cada cultura. Foram quantificadas as reduções percentuais da matéria seca total (MST), fotossíntese (A), condutância estomática (gs) e concentração interna de CO₂ (Ci) do algodão e milho em função das diferentes concentrações salinas e doses de nitrogênio, comparando-as à testemunha (plantas cultivadas com água de CE igual a 0,5 dS m⁻¹ e na dose de 100% da recomendação da cultura). Além disso, obteve-se a eficiência do uso de N. A partir dos resultados obtidos, verificou-se que a aplicação adicional de N em condições de estresse salino aumentou a sensibilidade, principalmente do milho, à salinidade e reduziu a eficiência de uso de N em ambas as culturas.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência de uso do N, trocas gasosas, Matéria seca total

SALINITY TOLERANCE INDEX OF COTTON AND MAIZE UNDER SALT STRESS AND NITROGEN DOSES

¹ Doutorando em Engenharia agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, CEP 60455-760, Fortaleza, CE, Fone (85) 3366 9756, email: alburibeiro@hotmail.com

² Prof. Doutor, Depto de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE.

³ Laboratório de Relação Água- Solo – Planta, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE.

⁴ Instituto Centro de Ensino Tecnológico, Ipueiras, CE

⁵ Faculdade Ieducare, Tianguá, CE.

⁶ Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará, Cedro, CE

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the salinity tolerance index of cotton and maize under saline stress and nitrogen doses. The research was conducted in a greenhouse in the Agrometeorológica Station, belonging to the Department of Agricultural Engineering, Federal University of Ceará, Pici Campus, Fortaleza, Ceará. The study was carried out using a randomized block design (DBC) in a sub-subdivided plot scheme, with two crops (maize and cotton) in the subplots, the irrigation water salinity levels (0, 5, 2.0, 4.0 and 6.0 dS m⁻¹) and in the subplots, three nitrogen doses (60, 100 and 140%) of the recommended value for each culture. The percentage reductions in total dry matter (MST), photosynthesis (A), stomatal conductance (gs) and internal CO₂ (Ci) concentration of cotton and maize were quantified as a function of different saline concentrations and nitrogen doses, comparing them to control (plants grown with EC water equal to 0.5 dS m⁻¹ and at a dose of 100% of the crop recommendation). In addition, the efficiency of N use was obtained. From the results obtained, it was found that the additional application of N under saline stress conditions increased the sensitivity, especially of corn, to salinity and reduced the efficiency of N use in both crops.

KEYWORDS: Efficiency of N use, gas exchange, total dry matter

INTRODUÇÃO

O estresse salino provoca desequilíbrio osmótico e iônico, o que leva a uma redução na assimilação de carbono, na absorção de nutrientes, principalmente o nitrogênio (N) e no crescimento da planta (Munns & Tester, 2008). Alguns estudos têm mostrado que o aumento da fertilização nitrogenada pode minimizar os efeitos deletérios da salinidade (Barhoumi et al., 2010; Nobre et al., 2013; Guedes Filho et al., 2015). Esse processo ocorre porque nessas condições há maior acúmulo de compostos orgânicos contendo N (por exemplo, prolina, aminoácidos livres e glicinabetaína) (Munns & Tester, 2008), os quais associados ao nitrato em excesso no vacúolo baixam o potencial osmótico da planta, contribuindo diretamente para o ajustamento osmótico (Ding et al., 2010).

Alguns estudos realizados com culturas consideradas sensíveis à salinidade, como tomate (Mori et al., 2008), goiaba (Sousa et al., 2017) tem mostrado que a aplicação de N não aumentou a tolerância das plantas à salinidade. Contudo, em halófitas (Naidoo, 2009; Yuan et al., 2010; Jiang et al., 2012) têm apresentado resultados diferentes. Isso demonstra que a

resposta das plantas à aplicação de nutrientes sob condições de salinidade pode depender do grau de tolerância do genótipo. Assim sendo, objetivou-se com o presente estudo, avaliar o índice de tolerância à salinidade do algodão e milho sob estresse salino e doses de nitrogênio.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no período de maio a agosto de 2017 em casa de vegetação na Estação Agrometeorológica, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Fortaleza, Ceará (3°45'S; 38° 33'W e altitude de 19 m). A temperatura média do ar no interior da casa de vegetação variou de 26,39 °C a 32,68 °C, a umidade relativa oscilou de 60,5 a 80,02 % e a luminosidade variou de 9997,5 a 22186,230 Lux.

O estudo foi realizado empregando-se o delineamento em blocos casualizados (DBC), no esquema de parcelas sub-subdivididas, tendo nas parcelas, duas culturas (milho, considerado moderadamente sensível à salinidade e o algodão, considerado tolerante à salinidade), nas subparcelas, os níveis de salinidade da água de irrigação (0,5; 2,0; 4,0 e 6,0 dS m⁻¹) e nas subsubparcelas, três doses de nitrogênio (60, 100 e 140%) do valor recomendado para cada cultura (210 kg ha⁻¹ de N para o milho, conforme Braz (2018) e 120 kg ha⁻¹ de N para o algodão (Ferreira & Carvalho, 2005), totalizando 24 tratamentos com quatro repetições. Dessa forma, foram 96 unidades experimentais constituídas por colunas de solo, medindo 20 cm de diâmetro e 100 cm de comprimento.

O solo utilizado para o preenchimento das colunas foi um Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico, coletado nas profundidades de 0-20 cm (horizonte A), 20-60 cm (horizonte de transição) e a partir de 60 cm (horizonte B). Na Tabela 1 consta a caracterização física e química dos horizontes do solo.

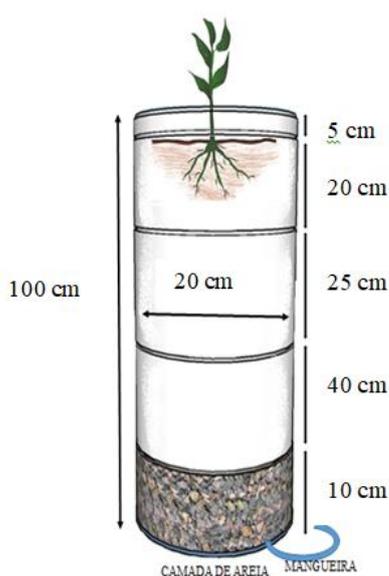
Tabela 1. Caracterização do solo utilizado no experimento.

Hor	Prof (cm)	Textura	ρ_s	θ_{CAD}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	$H^+ + Al^{3+}$
			$g\ cm^{-3}$	$g\ 100g^{-1}$	----- ----- -----			$cmol_c\ kg^{-1}$ ----- -----	
A	0-15	Areia franca	1,47	2,21	0,80	0,70	0,09	0,05	0,83
E	15-62	Areia franca	1,46	2,67	0,60	0,60	0,09	0,11	1,65
B	> 62	Franco argilo arenosa	1,35	4,98	0,80	0,70	0,09	0,15	1,98

Hor	Prof (cm)	Al^{3+}	S	T	V	m	P	N	pH	CEes
		$cmol_c\ kg^{-1}$ -----	-----	-----	-----%	-----	$mg\ kg^{-1}$	$g\ kg^{-1}$	H_2O	$dS\ m^{-1}$
A	0-15	0,05	1,6	2,5	64	3	6	0,23	6,7	0,06
E	15-62	0,15	1,4	3,0	47	10	4	0,18	5,4	0,04
B	> 62	0,50	1,7	3,7	46	23	2	0,34	5,0	0,05

Hor. = horizonte; Prof. = profundidade; ρ_s = densidade do solo; θ_{CAD} capacidade de água disponível; pH – potencial hidrogeniônico; CEes – condutividade elétrica do extrato de saturação; S – soma de bases trocáveis; T – capacidade de troca catiônica; V – saturação por bases; m – saturação por alumínio.

As colunas de solo foram feitas de tubos de PVC rígido, com diâmetro interno de 20 cm e comprimento de 100 cm, com as extremidades inferiores fechadas e vedadas com tampas (caps) também de PVC. Na parte inferior da coluna foi feito um furo e acoplada uma mangueira conectada a um recipiente para coleta do lixiviado (Figura 1). As colunas foram montadas obedecendo à mesma sequência dos horizontes do solo conforme se encontrava no campo dentro do comprimento de 1 m. Para isso, dividiu-se a coluna em três camadas: a primeira, com 20 cm de profundidade, preenchida com o solo coletado do horizonte A, a segunda com 25 cm de profundidade, preenchida com o solo coletado do horizonte de transição e a terceira, com 40 cm de profundidade, preenchida com o material recolhido do horizonte B.

**Figura 1.** Representação esquemática da coluna de solo utilizada no estudo

Para a cultura do milho (*Zea mays* L.), utilizou-se o híbrido BRS 2020 e para o algodão (*Gorssium hirsutum* L.), a variedade Fibermax 910. No milho, a aplicação do nitrogênio (126; 210 e 294 kg ha⁻¹ de N equivalentes a 60, 100 e 140% da recomendação de N para a cultura) e potássio (80 kg ha⁻¹ de K₂O) foi parcelada em quatro vezes: sendo 15% aplicado no desbaste, 25% aos 15 e 30 dias após o desbaste e 35% aos 45 dias após o desbaste. No algodão, a adubação nitrogenada (72, 120 e 168 kg ha⁻¹ de N, equivalentes a 60, 100 e 140% da recomendação de N para a cultura) e potássica (50 kg ha⁻¹ de K₂O) também foram parceladas, sendo 25% aplicado no desbaste e o restante aplicado em duas parcelas iguais aos 15 e 30 dias após o desbaste. A adubação dos demais nutrientes foi feita em fundação conforme a recomendação para cada cultura.

Os níveis salinos foram obtidos por meio da adição de NaCl e CaCl₂.2H₂O na proporção de 7:3, respectivamente. A lâmina de irrigação aplicada necessária para satisfazer a necessidade hídrica das culturas foi obtida em função do balanço hídrico, pela diferença entre o volume aplicado e o volume drenado da irrigação anterior, acrescido da fração de lixiviação de 0,15.

Foram quantificadas as reduções percentuais da matéria seca total (MST), fotossíntese (A), condutância estomática (gs) e concentração interna de CO₂ (Ci) do algodão e milho em função das diferentes concentrações salinas e doses de nitrogênio, comparando-as à testemunha (plantas cultivadas com água de CE igual a 0,5 dS m⁻¹ e na dose de 100% da recomendação da cultura), conforme metodologia proposta por Fageria et al. (2016). Os resultados foram interpretados observando os intervalos de redução percentual, sendo essa redução de 0-20% classificada como tolerante (T); de 20,1 – 40%, moderadamente tolerante (MT) de 40,1 – 60% moderadamente sensível (MS) e > 60 classificada como sensível (Fageria et al., 2016). A eficiência do uso de N foi obtida através da relação: taxa de fotossíntese líquida/total de N aplicado (A/Naplicado).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A redução da adubação nitrogenada (60% da recomendação de N) no algodão não alterou os índices de tolerância da cultura em comparação a dose de N recomendada para a cultura. No milho, a redução da fertilização nitrogenada tendeu a aumentar a sua tolerância à salinidade em relação a dose recomendada. Para a redução percentual da fotossíntese e condutância estomática, por exemplo, o índice de tolerância desta cultura na maior salinidade

(6,0 dS m⁻¹) deixou de ser moderadamente tolerante na dose de N recomendada para a cultura para ser tolerante na menor dose de N (Tabela 1).

De modo similar, Lacerda et al. (2016) verificaram que a redução da aplicação de N de acordo com ET não afetou A e gs do milho, independentemente da salinidade, em relação aos níveis de N previamente estabelecidos. Por outro lado, na salinidade de 4,0 e 6,0 dS m⁻¹, as plantas de milho cultivadas na maior dose de N apresentaram maior sensibilidade aos sais em comparação as cultivadas na dose de N recomendada para a cultura. No algodão, este comportamento só foi observado para a redução percentual da matéria seca total e condutância estomática (Tabela 1). Possivelmente, isso ocorreu porque a adubação nitrogenada excessiva agravou o efeito dos sais. Assim como o presente estudo, Tabatabaei (2006) verificou que o aumento da concentração de N no meio de cultivo induziu a redução da g_s e A em plantas de oliveira sob estresse salino.

Tabela 1. Índices de tolerância a salinidade baseados na redução percentual da matéria seca total (MST), fotossíntese (A), condutância estomática (gs) e concentração interna de CO₂ em plantas de algodão e milho em função da salinidade da água de irrigação e diferentes doses de N

Variáveis	60%				100%				140%			
	Algodão								Milho			
	0,5	2,0	4,0	6,0	0,5	2,0	4,0	6,0	0,5	2,0	4,0	6,0
MST	0,0 ^T	9,61 ^T	14,03 ^T	25,1 ^{MT}	0,0	4,59 ^T	9,92 ^T	19,95 ^T	0,0 ^T	4,78 ^T	29 ^{MT}	43 ^{MS}
A	0,0 ^T	0 ^T	0 ^T	0 ^T	0,0 ^T	0 ^T	0 ^T	2,72 ^T	0,0 ^T	0 ^T	0 ^T	10 ^T
gs	0,0 ^T	2,8 ^T	5,6 ^T	9,3 ^T	0,0 ^T	0,9 ^T	6,3 ^T	7,27 ^T	0,0 ^T	0,89 ^T	19,6 ^T	24 ^{MT}
Ci	0,0 ^T	4,52 ^T	7,3 ^T	9,9 ^T	0,0 ^T	1,7 ^T	4,2 ^T	7,8 ^T	0,0 ^T	2,3 ^T	5,3 ^T	11,7 ^T
	-----dS m ⁻¹ -----											
MST	0,0 ^T	12,14 ^T	13,68 ^T	29,0 ^{MT}	0,0 ^T	17,7 ^T	33 ^{MT}	43 ^{MS}	0,0 ^T	19,3 ^T	41 ^{MS}	56 ^{MS}
A	0,0 ^T	0,91 ^T	4,8 ^T	13,3 ^T	0,0 ^T	6,5 ^T	15,9 ^T	36,3 ^{MT}	0,0 ^T	9,5 ^T	32 ^{MT}	45 ^{MS}
gs	0,0 ^T	3,4 ^T	5,3 ^T	6,8 ^T	0,0 ^T	6,7 ^T	15,2 ^T	28,8 ^{MT}	0,0 ^T	1,66 ^T	21 ^{MT}	35 ^{MT}
Ci	0,0 ^T	18,2 ^T	42 ^{MS}	48,1 ^{MS}	0,0 ^T	24 ^{MT}	44 ^{MS}	56,8 ^{MS}	0,0 ^T	30 ^{MT}	67,6 ^S	72,1 ^S

^T: Tolerante; ^{MT}: Moderadamente tolerante; ^{MS}: Moderadamente sensível; ^S: sensível.

A aplicação excessiva de N proporcionou decréscimos de 31,5 e 27,9% na eficiência de uso do N no algodão e milho, respectivamente, em comparação a dose de N recomendada para estas culturas (Figura 2). Isso ocorre porque o aproveitamentos de N decresce com o aumento das doses aplicadas, em vista de o suprimento de N exceder as necessidades da cultura (Fernandes et al., 2005).

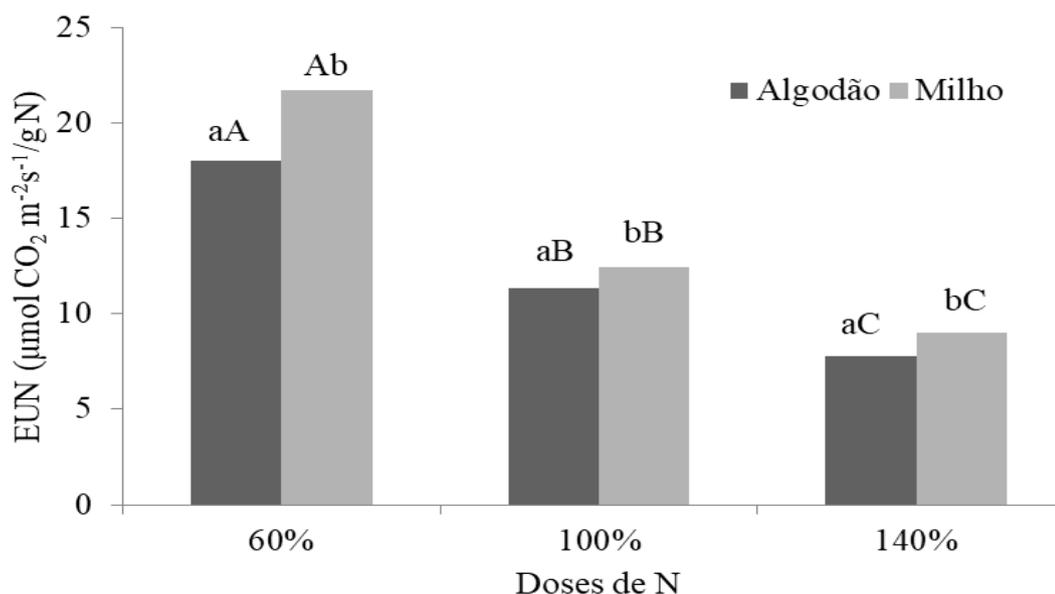


Figura 2. Eficiência de uso do nitrogênio, obtida pelas relação A/Naplicado, no algodão e milho em função de diferentes doses de nitrogênio (60, 100 e 140% da dose recomendada de N para cada cultura). Médias seguidas da mesma letra não diferem dentre entre si a 5% de probabilidade, pelo Teste Tukey. Letras minúsculas (entre as culturas) e maiúsculas (entre as doses de N)

Por outro lado, a redução da adubação nitrogenada (60% da recomendação de N) proporcionou incrementos de 132 e 141,6% na eficiência de uso do nitrogênio no algodão e milho, respectivamente, em detrimento às cultivadas na maior dose de N (140% da recomendação de N) (Figura 2). Comportamento similar foi constatado por Biswas e Ma (2016) em milho e por Araújo et al. (2013) em algodão.

CONCLUSÕES

A aplicação adicional de N em condições de estresse salino aumentou a sensibilidade principalmente do milho à salinidade e reduziu a eficiência de uso de N em ambas as culturas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao INCTSal, ao CNPq e à CAPES pelo suporte financeiro e pela concessão da bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, E. O.; CAMACHO, M. A.; VINCENSI, M. M. Eficiência no uso de nitrogênio por variedades de algodão. **Revista de Ciências Agrárias**, v.36, p.10-16, 2013.

BARHOUMI, Z.; ATIA, A.; RABHI, M.; DJEBALL, W.; ABDELLEY, C.; SMAOUI, A. Nitrogen and NaCl salinity effects on the growth and nutrient acquisition of the grasses *Aeluropus littoralis*, *Catapodium rigidum*, and *Brachypodium distachyum*. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.173, p.149-157, 2010.

BISWAS, D. K.; MA, B. Effect of nitrogen rate and fertilizer nitrogen source on physiology , yield , grain quality , and nitrogen use efficiency in corn. **Canadian Journal Plant Science**, v. 403, p. 392–403, 2016.

BRAZ, R. S. **Efeitos da adubação nitrogenada na cultura do milho sob estresse salino em dois solos**. Fortaleza, 2018, 121 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

DING, X.; TIAN, C.; ZHANG, S.; SONG, J.; ZHANG, F.; MI, G.; FENG, G. Effects of NO_3^- -N on the growth and salinity tolerance of *Tamarix laxa* Willd. **Plant and Soil**, v.331, p.57-67, 2010.

FAGERIA, N.K.; SOARES FILHO, W.S; GHEYI, H. R. **Melhoramento genético vegetal e seleção de cultivares tolerantes à salinidade**. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (2 eds). Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza, INCTSal, p.259-271, 2016.

FERNANDES, F. C. S.; BUZETTI S.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, p.195-204, 2005.

FERREIRA, G.B.; CARVALHO, M.C.S. **Adubação do algodoeiro no cerrado: com resultados de pesquisa em Goiás e Bahia**. Campina Grande, Embrapa Algodão. 47p. (Documentos, 138), 2005.

GUEDES FILHO, D. H.; SANTOS, J. B.; GHEYI, H. G.; CAVALCANTE, L. F.; SANTOS JÚNIOR, J. H. Componentes de produção e rendimento do girassol sob irrigação com águas salinas e adubação nitrogenada. **Irriga**, v. 20, n.3, p. 514-527, 2015.

JIANG, L.; L. WANG, C.; YIN.; C. TIAN. Differential salt tolerance and similar responses to nitrogen availability in plants grown from dimorphic seeds of *Suaeda salsa*. **Flora**, v. 207, p. 565-571, 2012.

LACERDA, C.F.; FERREIRA, J.F.S.; LIU, X.; SUAREZ, D.L. Evapotranspiration as a criterion to estimate nitrogen requirement of maize under salt stress. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 201, p. 192-202, 2016.

MORI, M., M. AMATO, I. DI MOLA, R. CAPUTO, F. QUAGLIETTA CHIARANDÀ AND T. DI TOMMASO. Productive behaviour of “cherry”-type tomato irrigated with saline water in relation to nitrogen fertilization. **European Journal of Agronomy**, v.29, p.135-143, 2008.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v.59, p.651-668, 2008.

NAIDOO, G. Differential effects of nitrogen and phosphorus enrichment on growth of dwarf *Avicennia marina* mangroves. **Aquatic Botany**, v.90, p.184-190, 2009.

NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; LOURENÇO, G. S.; SOARES, L. A. A. Emergência, crescimento e produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 76-85, 2013.

SOUSA, L. P.; NOBRE, R. G.; SILVA, E. M.; GHEYI, R. G.; SOARES, L. A. A. Produção de porta-enxerto de goiabeira cultivado com águas de diferentes salinidades e doses de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 4, p. 596-604, 2017.

TABATABAEI, S. J. Effects of salinity and N on the growth, photosynthesis and N status of olive (*Olea europaea* L.) trees. **Scientia Horticulturae**, v. 108, p.432-438, 2006.

YUAN, J. F.; G. FENG.; H. Y. MA.; C. Y. TIAN. Effect of nitrate on root development and nitrogen uptake of *Suaeda physophora* under NaCl salinity. **Pedosphere**, v.20, p.536-544, 2010.