



Formação de mudas de arroz irrigado com água salina

Luis N. Rodrigues^{1,5}; Pedro D. Fernandes^{2,5}; Hans R. Gheyi^{2,5};
Aparecida R. Nery^{3,5} & Karina G. Correia⁴

¹ EAFC-PA, Doutorando em Eng. Agrícola UFCG. CEP 58397-000, Areia, PB. Fone: (83) 3362-1649. E-mail: luis.lunero@gmail.com

² UAEAg/CTRN/UFCG, Campina Grande, PB; C.P. 10037 – CEP 58109-970

³ Estudante de Agronomia – CCA/UFPB, Areia, PB. e-mail: aparrone@bol.com.br

⁴ E-mail: correiakg@gmail.com

⁵ Bolsista do CNPq

Protocolo 11

Resumo: A área salina continua aumentando em função da utilização inadequada das práticas de irrigação e drenagem. O efeito da salinidade sobre as plantas tem sido foco de um grande número de pesquisas, devido o estresse salino ser um dos fatores que limita o crescimento e a produtividade de culturas, bem como a qualidade de sua produção. O propósito deste trabalho foi avaliar o efeito da salinidade da água de irrigação sobre a formação de mudas de arroz (*Oryza sativa* L.), cultivar 'Formoso'. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no delineamento inteiramente casualizado, sendo testados 5 níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CE_a (0,5; 2,5; 4,5; 6,5 e 8,5 dS m⁻¹, a 25 °C) com 5 repetições; cada repetição foi representada pela média de 4 mudas. Todas as variáveis, avaliadas aos 23 dias após a semeadura – DAS (fitomassa verde e seca, relação raiz/parte aérea, altura de planta, comprimento radicular e teor de água) foram afetadas linearmente pela salinidade.

Palavras-chave: fitomassa, irrigação, estresse salino, *Oryza sativa* L.

Production of irrigated rice seedlings with saline water

Abstract: The inadequate use of irrigation and drainage practices has contributed for the continuous increase in salinized areas. A great number of researches have conducted dedicated to study salinity effects on the plants, because the saline stress is one of the factors that reduce growth and productivity as well as quality of crops. An experiment was installed under greenhouse conditions in a completely randomized design with the objective to evaluate the effects of the salinity of the irrigation water on the seedlings production of rice (*Oryza sativa* L.) cultivar Formoso. Five levels of salinity of the irrigation water were tested - (EC_w 0.5; 2.5; 4.5; 6.5 and 8.5 dS m⁻¹, at 25 °C) with 5 replications. Each replication was represented by average of 4 seedlings. The increase in salinity level of the irrigation water affected linearly all the studied variables, (phytomass, root/shoot relationship, plant height, root length and water content), 23 days after sowing – DAS.

Key words: phytomass, irrigation, saline stress, *Oryza sativa* L.

INTRODUÇÃO

O estresse salino inibe o crescimento das plantas, por reduzir o potencial osmótico da solução do solo, restringindo a disponibilidade da água e/ou pela acumulação excessiva de íons nos tecidos vegetais, podendo ocasionar toxicidade iônica, desequilíbrio nutricional, ou ambos (Tester & Davenport, 2003). O grau com que cada um desses componentes do estresse influencia o crescimento/desenvolvimento e a

qualidade de produção das plantas, é dependente de muitos fatores, dentre eles a espécie vegetal, o genótipo e o estágio fenológico, a composição salina do meio, intensidade e duração do estresse e das condições edafoclimáticas e o manejo de irrigação (Cramer et al., 1994; Rhoads et al., 2000).

A componente osmótica resulta de elevadas concentrações de sais dissolvidos na solução do substrato, os quais reduzem o potencial osmótico da solução diminuindo, conseqüentemente, a disponibilidade de água para as plantas.

O efeito iônico, por outro lado, refere-se aos íons absorvidos pelas plantas, os quais podem provocar um desequilíbrio iônico e/ou efeitos tóxicos para o seu metabolismo (Willadino & Câmara, 2004).

Em culturas sensíveis à salinidade ocorrem reduções progressivas do crescimento e da produção, sempre que aumenta a concentração salina. De acordo com Tester & Davenport (2003), os efeitos da acumulação excessiva dos sais solúveis sobre as plantas podem ser causados pela dificuldade de absorção de água, toxicidade de íons específicos e pela interferência dos sais nos processos fisiológicos (efeitos indiretos), reduzindo o crescimento das plantas.

Gheyi et al. (2005) concluíram que a salinidade do solo varia no tempo e no espaço, sendo de importância fundamental o seu monitoramento. Através da capacidade de adaptação osmótica, alguns genótipos conseguem absorver suficiente quantidade de água, mesmo em condições de salinidade elevada. Esta capacidade de adaptação, associada a práticas adequadas de manejo de solo e água, permite a seleção de culturas mais tolerantes e capazes de produzir rendimentos economicamente aceitáveis, quando não se pode manter a salinidade do solo no nível de tolerância da planta que se cultiva.

O modelo bifásico de redução do crescimento, proposto por Munns e Termmat, identifica a diminuição do potencial osmótico como o primeiro fator de redução de crescimento e o efeito específico dos íons, o segundo fator (Munns, 1993). Na primeira fase, o crescimento da planta é afetado pelos sais que se acham no seu exterior e é regulado por sinalização proveniente da raiz, sobretudo pelo ácido abscísico (ABA). A segunda fase caracteriza-se pela redução do crescimento, resultante do acúmulo de sais no interior da planta. A causa desta injúria é função da elevada quantidade de sais absorvidos, ultrapassando a capacidade da planta de os compartimentalizar no vacúolo. Conseqüentemente, a concentração de sais aumenta no citoplasma e inibe a atividade de enzimas de várias rotas metabólicas (Willadino et al., 1996; Riccharia et al., 1997). Alternativamente à compartimentalização no vacúolo, os sais podem ser transportados para a parede celular o que resulta, por sua vez, na desidratação da célula (Muhling & Lauchli, 2002).

No que diz respeito à metodologia para avaliação de estudos de cultivares de arroz para tolerância à salinidade, Fageria (1984) recomenda o transplântio de mudas com 15 a 18 dias de idade. Vilela & Furlani Júnior (1996) após estudos sobre cultivares de arroz (IAC 4440, IAC 100, IAC 101 e IAC 102) recomendaram o uso de mudas com, no máximo, 28 dias de idade, pelo fato de mudas mais velhas ocasionarem alongamento do ciclo e redução na produtividade de grãos.

Atualmente, grande parte do planeta se encontra em situação de escassez quantitativa e qualitativa de recursos hídricos, obrigando a priorização do uso das águas de qualidade marginal. Com tal pensamento, realizou-se este trabalho com o propósito de avaliar o efeito da salinidade da água de irrigação sobre a formação de mudas de arroz, cultivar Formoso.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na UFCG, em casa de vegetação, no delineamento inteiramente casualizado, testando-se 5 níveis

crescentes de condutividade elétrica da água de irrigação – CE_a (0,5; 2,5; 4,5; 6,5 e 8,5 dS m⁻¹, a 25 °C), com 5 repetições. A unidade experimental (repetição) foi representada pela média de 4 mudas cultivadas por recipiente plástico de 350 mL, provido de 4 furos na base. O solo utilizado foi um Argissolo franco-arenoso, densidade global 1,37 kg dm⁻³, não-salino, não-sódico. Cada recipiente foi preenchido com 315 g de substrato, com 2,5% de matéria orgânica (236 g de solo e 79 g de húmus), ficando 1,0 cm de borda acima da superfície do substrato, para evitar perdas da água de irrigação. Previamente à semeadura, foram feitas lavagens do substrato contido nos recipientes adicionando-se, inicialmente, 40 mL de água destilada para completa saturação, obtendo-se valores de condutividade elétrica da água de drenagem (CE_{ad}) próximos a 8,0 dS m⁻¹. Foram sucessivas as lavagens com água destilada, até que a CE_{ad} atingisse valor abaixo de 2,0 dS m⁻¹. Em cada recipiente foram semeadas 6 sementes na profundidade aproximada de 1 cm da cultivar Formoso lançada pela EMBRAPA Arroz e Feijão, recomendada para a região Nordeste. As águas utilizadas nas irrigações foram preparadas mediante adição de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, na proporção 7:2:1, relação aproximada em fontes de água utilizada para a irrigação, em pequenas propriedades do Nordeste (Leprun, 1983; Medeiros, 1992). Irrigou-se duas vezes ao dia, para manutenção da umidade do substrato próximo à capacidade de campo.

Os dados das variáveis estudadas (fitomassas, relação R/PA, altura de planta, comprimento radicular e teor de água) foram avaliados aos 23 dias após semeadura (DAS). O teor de água da parte aérea (TA) foi obtido com base na relação [(FFPA-FSPA)/FSPA]*100 em que FFPA e FSPA, correspondem às fitomassas fresca e seca da parte aérea, respectivamente.

Para as análises estatísticas, aplicou-se a análise de variância e teste “F” e os dados relativos aos níveis de salinidade foram decompostos em componentes de regressão (linear e quadrática), seguindo-se orientações contidas em Ferreira (2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fitomassas

Com base nos resultados obtidos na análise de variância (Tabela 1), ocorreu efeito altamente significativo da CE_a sobre as variáveis de fitomassa; as reduções da matéria seca foram linearmente relacionadas com o aumento da salinidade. Em função dos modelos matemáticos, apresentados na Figura 1, verificaram-se decréscimos de 94,40, 79,07, 94,48 e 85,40% na fitomassa fresca (FFPA) e seca da parte aérea (FSPA), fitomassa das raízes (FSR) e total (FST), respectivamente, entre os tratamentos de 0,5 e 8,5 dS m⁻¹. Segundo os coeficientes angulares (Figura 1), houve decréscimo de 31,70, 11,08, 6,05 e 5,03 mg por cada acréscimo unitário da CE_a para FFPA, FST, FSPA e FSR, respectivamente. Da mesma forma como aconteceu em avaliações anteriores da mesma cultivar, aos 8 e 13 DAS (Rodrigues et al., 2002), a planta da cultivar de arroz Formoso continuou a ser sensível à salinidade, aos 23 DAS, concordando com outros autores (Gheyi & Barros, 1987; Yan et al., 1992) que verificaram ser esta espécie mais afetada pelo estresse salino na fase de plântula; em termos práticos, isto implica em maior

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as variáveis fitomassa fresca (FFPA) e seca da parte aérea (FSPA), fitomassa das raízes (FSR) e fitomassa total (FST) em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) aos 23 DAS

FV	GL	Quadrados Médios			
		FFPA	FSPA	FSR	FST
CEa	4	51216,5**	1835,9**	1347,3**	6226,0**
R. Linear	1	200952,6**	7325,4**	5062,2**	24575,4**
R. Quadr.	1	177,2 ^{NS}	3,5 ^{NS}	23,2 ^{NS}	14,4 ^{NS}
D. Regr.	2	168,0 ^{NS}	7,4 ^{NS}	11,9 ^{NS}	57,2 ^{NS}
Resíduo	20	129,67	6,29	6,61	46,80
CV (%)	-	8,03	6,78	11,44	11,53

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo Teste F
^{NS} Efeito não significativo (Teste F)

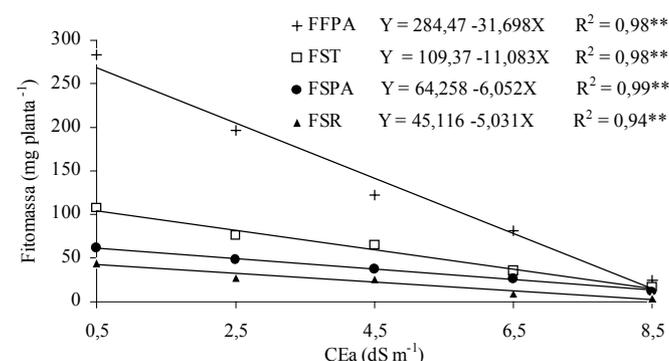


Figura 1. Fitomassa fresca (FFPA) e seca da parte aérea (FSPA), fitomassa seca das raízes (FSR) e total (FST) aos 23 dias após plantio, em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa)

necessidade de sementes para o plantio de arroz em solos afetados por sais.

Relação raiz parte aérea (R/PA)

Pelos dados desta variável, transformados em $(R/PA+1)^{1/2}$ (Tabela 2 e Figura 2A), nota-se que a relação R/PA foi afetada pela CEa da água de irrigação, diminuindo com o aumento da salinidade; a fitomassa do sistema radicular foi mais afetada que a da parte aérea (redução de 94,48% na FSR e de 79,07% na FSPA no nível salino mais alto, como já discutido), provavelmente por estarem as raízes em contato direto com a água salina. Com base no modelo matemático, houve redução de 12,64% entre 0,5 e 8,5 $dS m^{-1}$. Bari et al. (1973) notaram, também, ser a parte aérea do arroz mais tolerante à salinidade que as raízes, resultando em decréscimos na relação R/PA com o aumento da salinidade; entretanto, Campos (1986) verificou maior redução da parte aérea, com aumento da relação R/PA na cultivar de arroz IAC 25. O grau com que o estresse salino influencia o crescimento das plantas é dependente de muitos fatores, dentre eles a espécie vegetal, cultivar e seu estágio fenológico, composição salina do meio, intensidade e duração do estresse e das condições edafoclimáticas e do manejo de irrigação (Cramer et al., 1994; Rhoads et al., 2000). As diferentes respostas das plantas podem estar relacionadas ao potencial

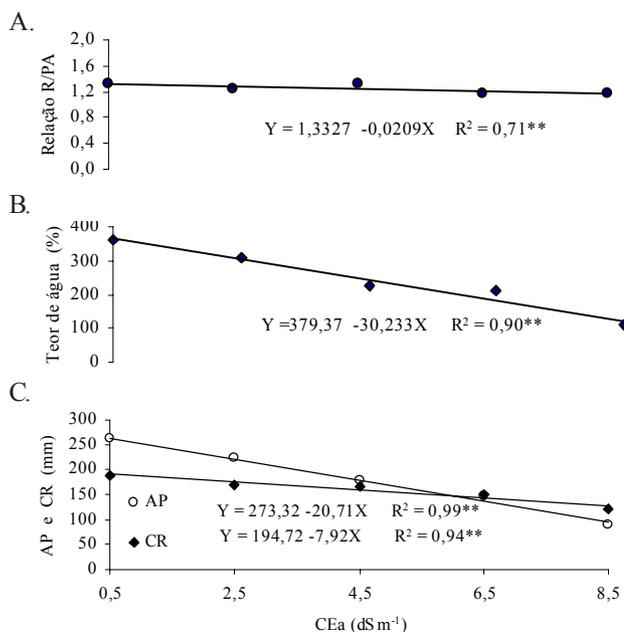
Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis relação raiz parte aérea (R/PA), teor de água (TA), altura de planta (AP) e comprimento radicular (CR), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) aos 23 DAS

FV	GL	Quadrados Médios			
		R/PA ¹	TA	AP	CR
CEa	4	0,038**	47337,8**	21630,5**	3337,86**
R. Linear	1	0,086**	18280,08**	85780,8**	12545,3**
R. Quadr.	1	0,002 ^{NS}	305,8 ^{NS}	52,7 ^{NS}	122,63 ^{NS}
D. Regr.	2	0,003 ^{NS}	122,3 ^{NS}	44,2 ^{NS}	191,766 ^{NS}
Resíduo	20	0,005	127,5	34,7	55,82
CV (%)	-	5,98	4,64	3,33	4,69

** Significativo a nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

^{NS} Efeito não significativo (Teste F)

¹Dados transformados em $(x+1)^{1/2}$



[Dados de R/PA transformados em $(x+1)^{1/2}$]

Figura 2. Relação raiz parte aérea-R/PA (A), teor de água da parte aérea-TA (B), altura de planta-AP (C) e comprimento radicular-CR (C) aos 23 dias após plantio, em função da condutividade elétrica da água de irrigação-CEa ($dS m^{-1}$)

genético dos genótipos (Taiz & Zeiger, 2002; Tester & Davenport, 2003).

Teor de água da parte aérea (TA)

A análise desta variável, demonstra que a salinidade da água de irrigação afetou significativamente o conteúdo hídrico das plantas (Tabela 2). O teor de água da parte aérea, que traduz o estado de turgidez da planta, diminuiu linearmente com o incremento da CEa, a ponto de decrescer cerca de 30,0% por aumento unitário na condutividade, segundo a equação de ajuste obtida (Figura 2B). Rodrigues (2000) observou também, para a mesma cultivar, que o teor de água diminuiu com a idade, uma vez que, nas avaliações anteriores (8 DAS e 13 DAS), a planta continha maiores teores de água. As plantas sofreram com o decréscimo de turgor, devido ao estresse hídrico por osmose (seca fisiológica). Em conformidade com Bernstein

(1975), o principal efeito dos sais solúveis é o efeito osmótico, que impede a absorção de água para suprir as necessidades das plantas.

Para Muhling & Lauchli (2002), alternativamente à compartimentalização no vacúolo (ajustamento osmótico), os sais podem ser transportados para a parede celular, o que resulta na desidratação da célula.

Altura de planta (AP) e Comprimento radicular (CR)

Como as demais variáveis, a altura da parte aérea e o comprimento radicular foram, significativamente, afetados pela salinidade (Tabela 2). Com base nas equações contidas na Figura 2(C), observaram-se reduções de 63,00% na AP e 33,21% no CR, entre os níveis extremos de salinidade (0,5 e 8,5 dS m⁻¹), correspondendo, em média, a 20,71 mm na altura de planta, por aumento unitário da CEa, e 7,92 mm no sistema radicular, também, por aumento unitário da salinidade. O estresse salino sobre a altura foi mais marcante, a ponto de haver uma inversão, enquanto a AP, no nível mais baixo de salinidade, era maior que o CR, no nível mais elevado o valor da altura de plantas era menor. De acordo com Daker (1988), embora as plantas possuam mecanismos de ajuste osmótico e consigam sobreviver, o fato de utilizar parte da energia para este mecanismo pode se refletir, negativamente, em seu crescimento e desenvolvimento. De acordo com Tester & Davenport (2003), os efeitos da salinidade da água sobre as plantas podem ser devido à dificuldade de absorção de água, toxicidade de íons específicos e à interferência dos sais nos processos fisiológicos (efeitos indiretos), reduzindo o crescimento das plantas. A redução do crescimento celular teve como uma das causas a menor turgidez das células da planta, como efeito do estresse salino.

CONCLUSÕES

1. A cultivar 'Formoso' de arroz é sensível à salinidade da água de irrigação, aos 23 dias após a semeadura, com progressivas reduções lineares na fitomassa.
2. A altura da planta é mais afetada que o comprimento das raízes.
3. A salinidade da água de irrigação reduz a turgescência das plantas de arroz.

LITERATURA CITADA

- Bari, G.; Hamid, A.; Awan, M.A. Effect of salinity on germination and seedling growth of rice varieties. International Rice Commission Newsletter, Los Baños, v.22, n.3, p.32-36, 1973.
- Bernstein, L. Effects of salinity and sodicity on plant growth. Annual Review of Plant Pathology, Palo Alto, v.13, p.295-312, 1975.
- Campos, I.S. Efeitos de diferentes potenciais osmóticos na germinação e crescimento do arroz. Fortaleza: UFC, 1986. 112p. Dissertação Mestrado.
- Cramer, G.R.; Alberico, G.J.; Schmidt, C. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. Australian Journal of Plant Physiology, Melbourne, v.21, p.675-692, 1994.
- Daker, A. Irrigação e drenagem: A água na agricultura. 7.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1988. v.3, 543p.
- Fageria, N.K. Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz. Rio de Janeiro: Ed. Campus: EMBRAPA. 1984. 341 p.
- Ferreira, P.V. Estatística experimental aplicada à agronomia. Maceió: UFAL/EDUFAL/FUNDEPES, 3.ed. 2000. 422p.
- Gheyi, H.R.; Barros, A.D. Seleção de cultivares de arroz irrigado para solos salino-sódicos. I. Ensaios de germinação e crescimento. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.22, n.7, p.719-723, 1987.
- Gheyi, H.R.; Correia, K.G.; Fernandes, P.D. Salinidade do solo e crescimento e desenvolvimento das plantas. In: Nogueira, R.J.M.C.; Araújo, E.L.; Willadino, L.G.; Cavalcante, U.M.T. (ed). Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas. Recife: UFRPE, 2005. p.138-147.
- Leprun, J.C. Primeira avaliação das águas superficiais do Nordeste. In: Relatório de fim de convênio de manejo e conservação do solo do Nordeste brasileiro. Recife: SUDENE, 1983. p.91-149.
- Medeiros, J.F. Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo 'GAT' nos estados do RN, PB e CE. Campina Grande: UFPB, 1992. 173p. Dissertação Mestrado.
- Mühling, K.H.; Lauchli, A. Effect of salt stress on growth and cation compartmentation in leaves of two plants species differing in salt tolerance. Journal of Plant Physiology, Stuttgart, v.159, p.137-146, 2002.
- Munns, R. Physiological processes limiting plant growth in saline soil: some dogmas and hypotheses. Plant, Cell Environment, Oxford, v.16, p.15-24, 1993.
- Rhoads, J.D.; Kandiah, A.; Mashali, A.M. Uso de águas salinas para a produção agrícola. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p. Estudos FAO Irrigação e Drenagem, Paper 48.
- Riccharia, A.; Shah, K.; Dubey, R.S. Nitrate reductase from rice seedlings: Partial purification, characterization and the effects of in-situ and in-vitro NaCl salinity. Journal of Plant Physiology, Stuttgart, v.151, p.316-322, 1997.
- Rodrigues, L.N.; Fernandes, P.D.; Gheyi, H.R.; Viana, S.B.A. Germinação e formação de mudas de arroz irrigado sob estresse salino. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.6, n.3, p. 397-403, 2002.
- Rodrigues, L.N. Estresse salino na germinação, produção de mudas e produção de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.), Campina Grande: UFPB/CCT, 2000. 145p. Dissertação Mestrado
- Taiz, L.; Zeiger, E. Plant physiology. 3.ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2002. 798p.
- Tester, M.; Davenport, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. Annals of Botany, Oxford, v.91, n.5, p.503-527, 2003.
- Vilela, O.V.; Furlani Júnior, E. Cultivares de arroz e idade de mudas para transplantio. Bragantia, Campinas. v.55, n.2, p.329-339, 1996.
- Willadino, L.G.; Camara, T.R.; Boget, N.; Santos, M.; Torne, J.M. Polyamines and free aminoacid variation in NaCl-treated embriogenia maize callus from sensitive and resistant cultivars. Journal of Plant Physiology, Stuttgart, v.149, p.179-185, 1996.

Willadino, L.G.; Camara, T.R. Origen y naturaleza de los ambientes salinos. In: Reigosa, M.J.; Pedrol, N.; Sanches, A. (ed). La Ecofisiologia Vegetal, p.303-330. Thomson, Madrid, España. 2004.

Yan, X.; Zheng, S.; Kuang, Y. Rice genotypes differing in salt tolerance. II. Short-term kinetics of NaCl absorption and translocation in intact plants. Journal of Plant Nutrition, New York, v.15, p.2667-2668, 1992.