

ESTRESSE SALINO E HÍDRICO NA GERMINAÇÃO E VIGOR DO ARROZ¹

IVANDIR SOARES CAMPOS² e MARCOS VINÍCIUS ASSUNÇÃO³

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do estresse salino provocado pelo cloreto de sódio (NaCl) e pelo sulfato de sódio (Na₂SO₄), bem como os efeitos, do estresse hídrico induzido pelo polietileno glicol 6000 (PEG 6000) na germinação e vigor do arroz (*Oryza sativa* L.) cv. IAC 25. O potencial osmótico das soluções variou de 0,0 a - 1,2 Megapascal (MPa). A germinação foi mais afetada pelos sais, enquanto que o PEG 6000 induziu grande redução na parte aérea. A germinação e o crescimento das plântulas foram mais afetados pelo Na₂SO₄ e os sais tiveram ação mais tóxica do que osmótica, enquanto o PEG 6000 apresentou efeito exclusivamente osmótico. O potencial osmótico a - 0,8 MPa de NaCl ou Na₂SO₄ pode ser considerado crítico para a germinação e crescimento da cultivar IAC 25, ao passo que o PEG 6000 só foi altamente prejudicial a - 1,2 MPa.

Termos para indexação: *Oryza sativa*, salinidade, potencial osmótico.

SALINE AND HYDRIC STRESS ON RICE GERMINATION AND VIGOR

ABSTRACT - The objective of this work was to evaluate the effects of saline stress caused by NaCl, Na₂SO₄ on the hydric stress induced by PEG 6000, on germination and vigor of rice, cultivar IAC 25. The osmotic potential of the solutions varied from 0,0 to - 1,2 MPa. The germination was more affected by salts, whereas the PEG 6000 induced great reduction on shoot growth. The germination and seedling growth was more affected by Na₂SO₄ and the salts had an action more toxic than osmotic, while the PEG 6000 presented exclusively osmotic effect. The osmotic potential - 0,8 MPa of NaCl or Na₂SO₄ may be considered critical for germination and growth of cultivar IAC 25, whereas the PEG 6000, was highly prejudicial at - 1,2 MPa.

Index terms: *Oryza sativa*, salinity, osmotic potential.

INTRODUÇÃO

Solos salinos e sódicos ocorrem naturalmente em regiões áridas e semi-áridas onde, com o aumento das reservas hídricas, mais terras são incorporadas aos cultivos irrigados, expandindo-se também o problema da salinidade (Backlund & Hoppes 1984).

Nas zonas semi-áridas do nordeste do Brasil, devido à irregularidade no seu regime pluviométrico, se faz necessário o emprego do cultivo ir-

rigado, principalmente da cultura do arroz, com as devidas precauções para evitar o agravamento dos problemas de salinização dos solos, ora existentes. Altas concentrações de sais diminuem as produções, alteram os padrões das culturas, aumentam a lixiviação e a necessidade de drenagem, elevando, conseqüentemente, os custos do manejo da água.

Harris (1915) observou que o grau de toxicidade de sais solúveis no solo apresentou a seguinte ordem: cloreto de sódio, cloreto de cálcio, cloreto de potássio, nitrato de sódio, cloreto de magnésio, nitrato de potássio, nitrato de magnésio, carbonato de sódio, carbonato de potássio, sulfato de sódio, sulfato de potássio e sulfato de magnésio.

Estudos realizados por Pearson et al. (1966), Varadinov (1967), Bari et al. (1973), Diniz (1979) e Soares (1985), mostraram que

¹ Aceito para publicação em 18 de dezembro de 1989. Extraído da tese do primeiro autor, para obtenção de título de M.Sc., na Universidade Federal do Ceará.

² Eng.-Agr., M.Sc., EMBRAPA/Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual (UEPAE), Caixa Postal 392, CEP 69900 Rio Branco, AC.

³ Eng.-Agr., Ph.D., Prof., Dep. Fitotecnia, Univ. Fed. do Ceará (UFC), Caixa Postal 3038, CEP 60000 Fortaleza, CE.

a presença de níveis salinos elevados no substrato germinativo aumentaram o número de plântulas anormais e retardaram o período de germinação do arroz, sorgo e algodão. Por outro lado, Painter (1965), mantendo o solo em equilíbrio com solução de polietileno glicol (PEG), observou que a taxa de crescimento no milho foi inversamente proporcional ao estresse hídrico do solo, apresentando completa inibição a 8 atm de tensão.

Os efeitos do polietileno glicol 6000, manitol e cloreto de sódio sobre sementes de milho, estudados por Parmar & Morre (1968) indicaram retardamento e redução da germinação e quantidade de água absorvida, à medida que houve aumento no potencial osmótico da solução.

Comparando os efeitos do NaCl e polietileno glicol 1540 sobre a germinação de *Phaseolus vulgaris* L., Prisco & O'Leary (1970) observaram que o polietileno glicol a - 8 bar (- 0,8 MPa) inibiu mais a absorção de água do que NaCl na mesma concentração, e que a taxa de germinação foi reduzida igualmente quando o potencial hídrico foi igual ou inferior a - 4 bar (- 0,4 MPa), tanto para o substrato com NaCl como para polietileno glicol. Entretanto, os efeitos comparativos entre NaCl e o polietileno glicol só foram mais significantes quando o potencial do substrato foi de - 12 bar (- 1,2 MPa).

Neste trabalho, objetivou-se estudar o grau de tolerância do arroz, cultivar IAC 25, ao NaCl e Na₂SO₄, na germinação e fase inicial de crescimento, comparar os efeitos salinos do NaCl e Na₂SO₄, entre si e com as condições de estresse hídrico, simuladas com o polietileno glicol 6000, na germinação e vigor de plântulas de arroz.

MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologia de Sementes do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Ceará, no Campus do Pici, Fortaleza, Ceará, Brasil.

Amostras de 50 e 25 sementes, da cultivar IAC 25, para teste de germinação e vigor, respectiva-

mente, foram postas para germinar entre duas folhas de papel-toalha, umedecidas em solução de NaCl, Na₂SO₄ e polietileno glicol 6000 (PEG 6000) com potenciais osmóticos de - 0,4, - 0,8 e - 1,2 Megapascal (MPa), utilizando-se água destilada (potencial osmótico = 0) como controle. As soluções de NaCl e Na₂SO₄ foram preparadas de acordo com a metodologia indicada por Richards (1954), e para as soluções de PEG 6000 usou-se a relação empírica de Michel & Kauffman (1973).

As sementes, enroladas em forma de cartuchos, foram colocadas em vasos de plástico medindo 14 x 14 x 18 cm, contendo 200 ml da solução correspondente a cada tratamento. Os vasos foram cobertos com sacos de plástico, para evitar a evaporação. O nível das soluções foi mantido constante ao longo do trabalho, e os cartuchos com as sementes foram umedecidos a cada dois dias, visto que os tratamentos com PEG 6000 apresentaram pouca umidade na extremidade superior do cartucho. O material foi acondicionado em câmara de germinação, à temperatura de 25°C, na obscuridade, e umidade próxima à saturação.

A avaliação da germinação foi efetuada 14 dias após o início do teste, segundo as Regras para Análise de Sementes (Brasil 1976), determinando-se a percentagem de plântulas normais, anormais e sementes não germinadas. Foram caracterizadas como plântulas normais aquelas que apresentaram um sistema radicular bem conformado e um coleóptilo perfeito, com uma folha bem desenvolvida (plúmula) no interior ou emergindo deste. Isto é, plântulas que apresentaram todas as estruturas essenciais, capazes de continuar seu desenvolvimento para formação de plantas normais. Consideraram-se plântulas anormais aquelas com raízes mal formadas, coleóptilo vazio, com folhas primordiais partidas ou fendidas longitudinalmente, com desenvolvimento anormal ou coleóptilo ausente.

Para a avaliação do vigor, foram medidos os comprimentos da raiz e da parte aérea das plântulas. Na determinação dos comprimentos, foi empregada a metodologia descrita por Popinigis (1977), utilizando-se amostras de 25 sementes por repetições, para cada tratamento, efetuando-se as referidas medições (em centímetros) dez dias após o início do teste.

Foi usado um delineamento inteiramente casualizado, com dez tratamentos e quatro repetições. As análises de variância foram efetuadas segundo um esquema fatorial 3 x 3 (natureza da solução x potencial osmótico), determinando-se a significância entre

os tratamentos, efeito linear e quadrático do PEG 6000, efeitos dos sais, efeitos dos potenciais osmóticos e efeitos das interações e contrastes de interesse.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como pode ser observado na Tabela 1, todas as causas de variação apresentaram diferenças estatisticamente significativas para os efeitos do NaCl, Na₂SO₄ e PEG 6000 sobre a germinação das sementes e vigor de plântulas de arroz, cultivar IAC 25.

Os resultados dos testes de germinação (Tabela 2), mostram uma redução marcante na percentagem de plântulas normais, quando o potencial osmótico das soluções foi reduzido para -0,8 MPa. O efeito dos sais foi mais acentuado que o do PEG 6000.

À semelhança dos resultados obtidos por Diniz (1979) e Soares (1985), a ocorrência de plântulas anormais, neste trabalho, apresentou uma tendência generalizada para um aumento na sua percentagem, com a elevação da concentração salina.

Comparando-se os efeitos dos sais, o Na₂SO₄ reduziu mais a germinação; conseqüentemente, provocou maior percentagem de plântulas anormais do que o NaCl, o que sugere maior toxicidade. De modo contrário, Harris (1915) verificou que o NaCl no solo apresentou maior toxicidade do que o Na₂SO₄, em estudos realizados com trigo, milho, beterraba, alfafa, aveia e cevada.

Neste experimento, observou-se que o efeito da concentração salina de NaCl e Na₂SO₄, com potencial osmótico de -1,2 MPa, inibiu completamente a germinação. O mesmo efeito foi observado com a substância não eletrolítica, PEG 6000, em igual concentração.

Ainda na Tabela 2, verifica-se que as percentagens de sementes não germinadas, nos tratamentos sob condições salinas, foram muito baixas, sugerindo que os efeitos tóxicos dos sais provocaram mais anormalidade nas plântulas do que inibição da germinação. Isto pode ser comprovado comparando-se os resultados dos tratamentos sob efeitos salinos a

TABELA 1. Análises de variância para efeitos do NaCl, Na₂SO₄ e PEG 6000 sobre o valor médio da percentagem de germinação, de plântulas anormais, de sementes não germinadas, comprimento da parte aérea, e da raiz da cultivar de arroz IAC 25. Fortaleza, CE, 1985.

Causas de variação	G.L.	Quadrados médios				
		Germinação	Plantas anormais	Sementes não germinadas	Comprimento da parte aérea	Comprimento da raiz
Controle vs. estresse	1	10411,36**	36320,72**	45,51**	313,92**	817,13**
Sal vs. PEG	1	1283,56**	14906,88**	607,16**	70,16**	25,89**
Ef. linear do PEG	1	17298,00**	33282,00**	1624,50**	11,49**	537,85**
Ef. quad. do PEG	1	1600,68**	1120,68**	541,50**	1,42**	169,15**
Sais (S)	1	112,68**	639,44**	4,17**	4,94**	78,32**
(ψ s)	2	17840,84**	81328,68**	6,33**	74,29**	567,76**
Int. S x ψ s	2	3045,80**	325,24**	2,33*	0,62**	22,04**
Resíduo	30	0,88	5,87	0,60	0,041	0,027
C.V. (%)	-	1,8	18,4	3,8	4,7	1,5

* = significativo P < 5%, pelo teste F.

** = significativo P < 5%, pelo teste F.

- 1,2 MPa e sob estresse hídrico provocado pelo PEG 6000 na mesma concentração. A salinidade motivou maior percentagem de plântulas anormais; e o estresse hídrico, maior número de sementes não germinadas. Nos tratamentos sob influência do PEG 6000, houve também uma redução progressiva na germinação, com conseqüente aumento na percentagem de plântulas anormais e sementes não germinadas, à medida que a concentração foi aumentada.

Uhvits (1946), Wiggins & Gardner (1959), Peterfi & Brugovitzky (1965), do mesmo modo que foi observado neste trabalho, verificaram que soluções com substância não eletrolíticas como manitol, sacarose, glicose e polioximetileno glicol provocaram retardamento e redução na germinação de sementes de alfafa, sorgo, rabanete, tremoço, fava, mostarda-branca e trigo de inverno. Resultado semelhante foi obtido por Palfi (1966) e Parmar & Moore (1968), estudando os efeitos do polie-

TABELA 2. Efeitos do NaCl, Na₂SO₄ e PEG 6000 na germinação e crescimento de plântulas de arroz, cultivar IAC 25. Fortaleza, CE, 1985.

Tratamentos	Potenciais osmóticos (MPa)				Média
	0,0	- 0,4	- 0,8	- 1,2	
	Plântulas Normais %				
H ₂ O (controle)	100	-	-	-	A 100,0
NaCl	-	A 99,0a	B 33,0b	A 0,0c	C 44,2
Na ₂ SO ₄	-	A 98,0a	C 21,5b	A 0,0c	D 39,0
PEG 6000	-	A 93,0a	A 71,0b	A 0,0c	B 54,7
	Plântulas Anormais %				
H ₂ O (controle)	0,0	-	-	-	C 0,0
NaCl	-	B 0,5c	B 66,0b	A 98,0a	A 54,8
Na ₂ SO ₄	-	AB 2,0c	A 78,5b	A 99,5a	A 60,0
PEG 6000	-	A 7,0c	C 29,0b	A 71,5a	B 35,8
	Sementes Não Germinadas %				
H ₂ O (controle)	0,0	-	-	-	B 0,0
NaCl	-	A 0,0b	A 1,0ab	B 2,0a	B 1,0
Na ₂ SO ₄	-	A 0,0a	A 0,0a	B 0,2a	B 0,2
PEG 6000	-	A 0,0b	A 0,0b	A 28,5a	A 9,5
	Parte Aérea (cm)				
H ₂ O (controle)	12,75	-	-	-	A 12,7
NaCl	-	A 7,5a	B 3,4b	B 0,9a	C 3,7
Na ₂ SO ₄	-	A 7,7a	A 4,7b	A 2,2c	B 4,8
PEG 6000	-	B 2,4a	C 1,9a	C 0,0b	D 1,4
	Raiz (cm)				
H ₂ O (controle)	24,72	-	-	-	A 24,7
NaCl	-	A 21,3a	B 9,9b	A 1,4c	B 10,9
Na ₂ SO ₄	-	C 14,8a	C 5,6b	A 1,4c	C 7,2
PEG 6000	-	B 16,4a	A 16,2a	B 0,0b	B 10,8

Médias antecedidas da mesma letra maiúscula na coluna e seguida da mesma letra minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

tileno glicol sobre a germinação de sementes de milho. Uhvits (1946) indicou o efeito osmótico do manitol, como responsável pela redução da entrada de água nas sementes e plântulas.

Concordando com os relatos de Bernstein et al. (1955), Bernstein & Hayward (1958), Pearson et al. (1966), Petrasovits (1968), Bari et al. (1973), Akbar & Yabuno (1974) em trabalhos com milho, feijão e arroz, neste estudo o crescimento das plântulas de arroz (cultivar IAC 25) foi bastante afetado pelos efeitos dos estresses impostos. Com relação ao crescimento da parte aérea, o NaCl foi mais prejudicial do que o Na₂SO₄. No entanto, o estresse hídrico provocado pelo PEG 6000 reduziu mais o crescimento da parte aérea do que os efeitos salinos (Tabela 2). Em média, o estresse salino reduziu em, aproximadamente, 83% o comprimento da parte aérea, o que indica que a cultivar IAC 25 não é muito tolerante à salinidade, nos estádios iniciais de crescimento, o que concorda com os resultados obtidos por Pearson et al. (1966), Akbar & Yabuno (1974), em pesquisa com cultivares de arroz. O crescimento das plântulas foi completamente inibido quando o potencial osmótico da solução de PEG 6000 atingiu - 1,2 MPa (Tabela 2).

No crescimento da raiz, a exemplo da parte aérea, houve também uma redução progressiva, relacionada com o aumento da concentração salina e do PEG 6000. Entretanto, nesta parte da plântula, os efeitos do PEG 6000 foram menos prejudiciais do que o Na₂SO₄. Não houve diferenças estatisticamente significativas entre a média dos valores obtidos com o PEG 6000 e NaCl (Tabela 2).

Neste trabalho, do mesmo modo como foi observado por Chatterton & Mokell (1969), citados por Bari et al. (1973), o crescimento dos ramos foi mais afetado pela salinidade do que a raiz, o que contraria afirmações feitas por Bari et al. (1973).

Na raiz houve reduções inferiores às observadas na parte aérea, provavelmente devido a maior concentração dos sais naquela parte da plântula, onde os efeitos foram mais deleté-

rios. No estresse hídrico, este efeito foi igualmente marcante, uma vez que a umidade não foi suficiente para que a parte aérea se desenvolvesse plenamente. Do mesmo modo, Gauch & Waldleigh (1955), citados por Bernstein & Hayward (1958), observaram que a taxa de crescimento em meio salino foi reduzida por alta pressão osmótica. Por outro lado, Bernstein et al. (1955) relataram que a níveis salinos elevados a plântula pode emergir, mas o seu crescimento pode ser prejudicado, o que se confirma neste trabalho.

CONCLUSÕES

1. A germinação (percentagem de plântulas normais) foi mais afetada pelo Na₂SO₄.

2. Os sais tiveram uma ação mais tóxica do que osmótica, enquanto que o PEG 6000 apresentou efeito exclusivamente osmótico. Isto explica a maior percentagem de plântulas anormais no meio salino, enquanto que o PEG 6000 induziu maior percentagem de sementes não germinadas.

3. O comprimento da parte aérea das plântulas foi mais reduzido pelo estresse hídrico do que pelos efeitos salinos.

4. O NaCl, nos mesmos potenciais osmóticos, provocou maior redução no comprimento da parte aérea das plântulas do que o Na₂SO₄, e este proporcionou decréscimos acentuados no comprimento da raiz, quando comparado aos efeitos do NaCl e PEG 6000.

5. O potencial osmótico - 0,8 MPa de NaCl ou Na₂SO₄ pode ser considerado crítico para germinação e crescimento do arroz, cultivar IAC 25. Entretanto, o PEG 6000 só foi mais prejudicial a - 1,2 MPa.

REFERÊNCIAS

- AKBAR, M. & YABUNO, T. Breeding for saline-resistant varieties of rice. II. Comparative performance of some rice varieties to salinity during early development stages. *Japan. J. Breed.*, 24:(4):176-81, 1974.

- BACKLUND, V.L. & HOPPE, R.R. Status of soil salinity in California. *Calif. Agric.*, **36**(10):08-09, 1984.
- BARI, G.; HAMID, A.; AWAN, M.A. Effect of salinity on germination and seedling growth of rice varieties. *International Rice Composition News Letter.*, **22**(3):32-6, 1973.
- BERNSTEIN, L. & HAYWARD, H.E. Physiology of salt tolerance. *Ann. Rev. Plant. Physiol.*, **9**:25-46, 1958.
- BERNSTEIN, L.; MACKENZIE, A.L.; KRANTS, B.A. The interaction of salinity and planting practice on the germination of irrigated row crops. *Soil Sci. Am. Proc.*, **19**(2):240-3, 1955.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento de Produção Vegetal, Divisão de Sementes e Mudas. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1976. 188p.
- DINIZ, A.F. **Efeito da salinidade na germinação e vigor de sementes de algodão herbáceo**, *Gossypium hirsutum*, L. Fortaleza, CCA/UFC, 1979. 37p. Tese Mestrado.
- HARRIS, F.S. Effects of alkali salts in soils on the germination and growth of crops. *J. Agric. Res.*, **5**:1-53, 1915.
- MICHEL, B.E. & KAUFFMAN, M.R. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant. Physiol.*, **54**:914-16, 1973.
- PAINTER, L.I. Methods of subjecting growing plants to a continuous soil moisture stress. *Agron. J.*, **58**(4):459-60, 1965.
- PÁLFI, G. Effects of drought by polyethylene glycol solutions on corn (*Zea mays*, L.). Germination and seedling development. *Agron. J.*, **58**, 1966.
- PARMAR, M.T. & MOORE, R.P. Carbowax 6000, manitol and sodium chloride for simulating drought conditions in germination studies of corn (*Zea mays*, L.) of strong and weak vigor. *Agron. J.*, **60**(2):192-5, 1968.
- PEARSON, G.A.; AYERS, A.D.; ABERHARD, D.L. Relative salt tolerance of rice during germination and early seedling development. *Soil Sci.*, **102**(3):151-6, 1966.
- PETERFI, I. & BRUGOVITZKY, E. Effect of merapid on plant growth. *Plant Physiol.*, **18**(2):359-67, 1965.
- PETRASOVITS, I. The salt tolerance of plants in the germination phase and under irrigation. *Agroken Talajt.*, **17**(1-2):61-76, 1968.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia de sementes**. Brasília, Ministério da Agricultura/AGIPLAN/BID, 1977. 289p. il.
- PRISCO, J.T. & O'LEARY, J.W. Osmotic and toxic effects of salinity on germination of *Phaseolus vulgaris*, L. seeds. *Turrialba*, **20**:177-84, 1970.
- RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soil**. s.l., USDA, 1954. p.100. (Handbook, 60).
- SOARES, K.T. **Efeito de soluções salinas com diferentes potenciais osmóticos, na germinação e vigor de sementes de algodão herbáceo** (*Gossypium hirsutum*, L.). Fortaleza, CCA/UFC, 1985. 56p. Tese Mestrado.
- UHVITS, R. Effects of osmotic pressure on water absorption and germination of alfalfa seeds. *Am. J. of Bot.*, **33**:278-85, 1946.
- VARADINOV, S.G. Soil salinity tolerance in sorghum. *Sb. Trud. Aspi. Molod. Sotr.*, **8**(12):117-24, 1967.
- WIGGANS, S.C. & GARDNER, F.P. Effectiveness of various solutions for simulating drought conditions as measured by germination and seedling growth. *Agron. J.*, **51**:315-18, 1959.