

# EFEITOS SALINOS NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO ARROZ ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS<sup>1</sup>

IVANDIR SOARES CAMPOS<sup>2</sup>, LUIZ GONZAGA R. FERREIRA<sup>3</sup> e MARCOS VINÍCIUS ASSUNÇÃO<sup>4</sup>

**RESUMO** - Com o objetivo de avaliar os efeitos do NaCl sobre o desenvolvimento vegetativo de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) (cultivar IAC 25, um experimento foi conduzido em casa de vegetação no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza, CE. Sob os potenciais osmóticos de 0,0, - 0,4, - 0,8 e - 1,2 MPa de NaCl, foram avaliados o peso da matéria seca da parte aérea e da raiz, o peso da matéria seca total, a relação raiz/parte aérea, o volume e o comprimento das raízes, o número de perfilhos por planta e transpiração/planta/dia. O aumento da concentração salina provocou reduções significativas no peso da matéria seca da parte aérea. O comprimento e o volume das raízes foram reduzidos significativamente com o aumento do teor de NaCl na solução nutritiva. O número de perfilhos/planta, mesmo sendo uma característica genética, sofreu redução significativa com o aumento da concentração de NaCl. O aumento do nível salino reduziu o volume de água transpirado, principalmente nos tratamentos com potenciais osmóticos de - 0,4 MPa. A salinização do meio de cultivo provocou envelhecimento precoce nas plantas de arroz.

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

## SALINE EFFECTS ON GROWTH AND DEVELOPMENT OF RICE: PHYSIOLOGICAL CHANGES

**ABSTRACT** - The effects of NaCl on vegetative growth of rice (*Oryza sativa* L.) cultivar IAC 25 plants, were studied in greenhouse at the Centro de Ciências Agrárias of the Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brazil. Rice plants were grown in osmotic potentials of 0.0, - 0.4, - 0.8, and - 1.2 MPa of NaCl. The total dry matter yield, shoot dry matter yield, root shoot ratio, root length and volume, number of tillers per plant and transpiration/plant/day were studied. Plant growth was significantly affected and significant reductions were observed in shoots by increasing salt concentration. Root length and volume were significantly reduced with increasing NaCl concentration in nutrient solution. Although being a genetic characteristic, the number of tillers/plant was significantly reduced with the increase of NaCl concentration. The increase in salinity reduced the volume of water transpired, especially in the treatments with osmotic potential of - 0.4 MPa. Salinization of the growth medium resulted in early senescence of rice plants.

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

## INTRODUÇÃO

Salinidade é uma condição de solo que ocorre principalmente em regiões semi-áridas, onde a baixa pluviosidade não permite a lixiviação do excesso de sais da camada de solo explorada pelas culturas. Esse acúmulo de sais na zona de concentração radicular pelo processo evaporativo é comum em cultivos irrigados com drenagem deficiente (Bernstein 1975, Mora 1975).

Segundo Pizarro (1978), o cloreto de sódio e os sulfatos de sódio e magnésio são os sais mais frequentemente encontrados em solos salinos. A toxicidade do NaCl é tão elevada, que uma concentração de 2% a 5% torna o solo improdutivo.

Pesquisa desenvolvida por Kapp (1947), envolvendo aplicação de NaCl no arroz, apresentou efeitos prejudiciais sobre a germinação, desenvolvimento vegetativo e produção de grãos. Por outro lado, Desai et al. (1957) observaram que o perfilhamento e o número de panículas do arroz declinaram progressivamente quando a concentração de NaCl aumentou de 0,2% para 0,5%, provocando uma redução linear da produção. Os autores relatam que o arroz pode tolerar um nível de até 0,2% de NaCl na água de irrigação. Entretanto, a concentração de 1% é fatal no período chuvoso, sendo que em época de verão, níveis superiores a 0,3% mostraram-se altamente tóxicos para esta cultura.

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 12 de julho de 1988.

Parte de Tese de Mestrado apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal do Ceará (UFC).

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

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

<sup>4</sup> Eng.-Agr., Ph.D., Prof., Dep. Fitot., Univ. Fed. do Ceará (UFC).

Dados obtidos por Pearson (1959), em casa de vegetação, indicaram que o desenvolvimento do arroz foi menos prejudicado pela salinidade na fase vegetativa do que na fase reprodutiva. O autor concluiu, ainda, que a evapotranspiração foi diretamente proporcional à quantidade de matéria seca produzida, e que as plântulas mostraram-se muito sensíveis à salinidade na fase inicial do seu desenvolvimento e, progressivamente, menos sensíveis a partir da terceira e sexta semana. Resultados semelhantes foram obtidos por Bernstein (1961). Do mesmo modo, Pearson & Bernstein (1959), desenvolvendo trabalho com arroz (cultivar Caloro), em meio salino, obtiveram dados que comprovaram, mais uma vez, que a salinidade prejudica mais o crescimento na sua fase inicial. Segundo Hayward & Bernstein (1960), o arroz pode ser considerado moderadamente resistente à salinidade, com sensibilidade variando em função da cultivar e do estágio de desenvolvimento da planta.

Trabalho desenvolvido por Data (1972), no qual foi observado o comportamento de vinte cultivares de arroz sob estresse salino, com níveis de 4,5, 12,5 e 15,5 mmhos/cm, mostrou que, independentemente da cultivar, o aumento da concentração salina provocou uma diminuição progressiva no crescimento das plantas. Por outro lado, Bari et al. (1973) observaram que a parte aérea foi mais tolerante à salinidade do que a raiz, contrariando os resultados encontrados por Chatterton & Mckell (1969), citados por Bari et al. (1973), os quais concluíram que o aumento da salinidade restringiu mais o crescimento da parte aérea. Bari et al. (1973) argumentam que o contato direto das raízes com a solução salina as torna mais passíveis de serem afetadas.

Trabalhando com quatro cultivares de arroz (Bluebonnet, IR 8, Jhona 349 e Magnolia), Akbar & Yabuno (1984) observaram que o crescimento das cultivares foi adversamente afetado com o aumento da concentração salina. Foram observadas reduções significativas no peso da matéria seca, comprimento de plântula e raiz. Do mesmo modo, Fageria et al. (1981), estudando o desenvolvimento de cultivares de arroz em condições de salinização do meio, observaram uma redução no crescimento e perfilhamento, uma coloração verde-escura nas folhas, com conseqüente aparecimento de áreas necrosadas e secamento iniciado no ápice da folha, continuando pelas margens, com alguns casos de enrolamento da lâmina foliar. Saxena & Pandey (1981) também observaram redução significativa no perfilhamento, em

cultivares de arroz em meio salino, constituído pela mistura de NaCl e CaCl<sub>2</sub> na proporção de 2:1.

Estudos realizados por Flowers & Yeo (1981), sobre efeitos do NaCl em cultivares de arroz, mostraram que há uma interdependência entre concentração salina, tempo de duração do tratamento e idade das plantas. Por outro lado, Prisco (1978) sugere que a inibição do crescimento das plantas depende tanto da espécie cultivada, como do tipo de sal existente no solo. Este autor relata que as folhas das plantas cultivadas em meio salino envelhecem precocemente, talvez em decorrência de um desequilíbrio no balanço hormonal que altera o metabolismo do sistema radicular e prejudica a biossíntese e transporte de citocininas para a parte aérea. Tendo em vista as alterações fisiológicas resultantes da ação dos sais sobre as plantas, realizou-se este trabalho com o objetivo de observar os efeitos do NaCl sobre o crescimento e desenvolvimento do arroz, cultivar IAC 25.

#### MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi desenvolvido em casa de vegetação da Universidade Federal do Ceará, no Campus do Pici, Fortaleza, Ceará, nos meses de setembro a novembro de 1985.

As condições do ambiente, durante o desenvolvimento do ensaio, foram as seguintes: temperatura máxima 38,0°C e mínima de 23°C, com um valor médio de 30,5°C, umidade relativa máxima de 100% e mínima de 32%, com média de 67%, intensidade luminosa média de 60.000 lux, entre as 8 e as 16 h.

Utilizou-se a cultivar IAC 25, semeada em bandeja de polietileno contendo aproximadamente 15 kg de areia lavada autoclavada a 135°C. As sementes foram selecionadas, eliminando-se as que apresentavam suspeita de ataque de fungos ou de insetos, e com danos mecânicos, e tratadas com fungicida-germicida orgânico à base de pentacloronitrobenzeno, com 75% do princípio ativo. Dez dias após a emergência, selecionaram-se 40 plantas, as quais foram transportadas para 40 vasos de polietileno contendo 7,5 litros de solução nutritiva de Hoagland, modificada por Johnson et al. (1975), citado por Epstein (1972). O pH inicial da solução foi 5,0, alcançando, por ocasião da troca, valor de, aproximadamente, 4,5.

A primeira substituição da solução nutritiva foi efetuada quatorze dias após o transplante, a segunda e a terceira, subsequentemente com dez dias de intervalo. Dois dias após a primeira troca da solução nutritiva (16 dias após o transplante), foi adicionado - 0,1 MPa de NaCl às soluções nutritivas, até completar - 0,4, - 0,8 e - 1,2 MPa de NaCl, de acordo com o potencial osmótico do tratamento correspondente. As plantas do tratamento controle permaneceram em solução nutritiva sem NaCl. O volume de solução evapotranspirado foi reposto com água destilada, de tal maneira que o sistema radicular ficasse sempre submerso. A aeração da solução foi mantida por meio de bombeamento constante de ar, através de um compressor automático.

Como cada vaso continha apenas uma planta, e algumas avaliações exigiram a eliminação da mesma, foram prepara-

dos dois blocos de vinte plantas nas mesmas condições ambientais e de cultivo.

Foram avaliados o peso da matéria seca da parte aérea e das raízes, o volume de raízes, o comprimento total das raízes, o número total de perfilhos, e a transpiração.

O volume da raiz foi medido pela variação no volume da água em uma proveta por imersão da raiz.

O comprimento total das raízes foi medido pelo método descrito por Tennant (1975), que consiste em se distribuir as raízes úmidas sobre uma folha de papel quadriculada, protegida por uma placa de vidro, fazendo a contagem das interseções das raízes com as linhas horizontais e verticais e convertendo-se para a unidade de comprimento pela seguinte fórmula:

Comprimento da raiz em cm (R) = número de interseção (N) x fator de correção.

Fator de correção 1 cm = 0,7857.

O número total de perfilhos foi determinado por ocasião da coleta final, quando foi separada a parte aérea do sistema radicular, para determinação do peso de matéria seca.

A transpiração foi avaliada pela diferença da evaporação observada em cinco vasos sem plantas e a evapotranspiração dos vasos com plantas. Ambos continham os mesmos volumes de soluções e coberturas idênticas. Quando se fazia a complementação da solução, media-se o volume da água adicionada aos vasos com plantas e sem plantas. A diferença entre estes volumes adicionados indicava a transpiração, expressa em ml/planta/dia.

Os quatro tratamentos foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. Na análise de variância observou-se o grau de significância das regressões de primeiro, segundo e terceiro graus, determinando-se a equação correspondente. Os contrastes de interesse foram comparados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (Pimentel-Gomes 1985).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância para os efeitos de diferentes concentrações de NaCl em solução nutritiva, sobre o peso da matéria seca do arroz, cultivar IAC 25,

durante parte da fase vegetativa (43 dias após a emergência das plântulas), mostrou diferenças altamente significativas para todos os itens relacionados com este fator (Tabela 1).

Determinando-se a relação entre os níveis salinos e as observações efetuadas, obtiveram-se diferenças altamente significativas até o efeito cúbico, para todas as avaliações, exceto para os valores da relação raiz/parte aérea e para o número de perfilhos por planta (Tabelas 1 e 2).

Como se pode observar na Tabela 3, ocorreu gradual redução no conteúdo de matéria seca das folhas, em função do decréscimo no potencial osmótico do meio de cultivo. O coeficiente de determinação indicou um alto grau de associação entre as variáveis, indicando que 99,60% da redução da matéria seca da lâmina foliar são explicados pela variação do potencial osmótico (Fig. 1).

A exemplo dos resultados obtidos por Data (1972), neste experimento o crescimento das plantas foi também significativamente afetado pelo aumento da concentração salina. As reações mais sensíveis foram observadas na parte aérea, expressas em termos de redução no peso da matéria seca e aumento da relação raiz/parte aérea (Tabela 3, Fig. 2 e 3). Na parte aérea, houve reduções significantes quando o potencial osmótico da solução de NaCl variou do controle até -1,2 MPa, com decréscimos mais acentuados (40,37 e 23,69%), na variação para -0,4 MPa e deste para -0,8 MPa. A causa desta redução no crescimento das plantas deve estar correlacionada com o acúmulo crescente de sódio, pois quando a concentração de NaCl aumentou, o teor de sódio aumentou, em relação ao controle, 95,42%,

TABELA 1. Análise de variância para efeitos de diferentes concentrações de NaCl em solução nutritiva, sobre o peso da matéria seca da lâmina foliar, da parte aérea, da raiz, o peso seco total e a relação raiz/parte aérea da cultivar de arroz IAC 25. Fortaleza-CE, 1985.

Causas de variação		Quadrados médios				
		Matéria seca da lâmina foliar	Matéria seca da parte aérea	Matéria seca da raiz	Matéria seca total	Relação raiz/parte aérea
Reg. linear	1	20,1511**	69,3223**	1,4256**	90,6799**	0,0046**
Reg. quadrática	1	4,0051**	15,6645**	0,2691**	20,1563**	0,0006**
Reg. cúbica	1	0,6610**	1,4209**	0,0250**	1,7801**	0,0000 <sup>ns</sup>
Resíduo	16	0,0058	0,0072	0,0003	0,0079	0,0000
C.V. (%)	—	3,08	1,92	2,03	1,69	1,86

\*\* = significativo P < 1%, pelo teste F.

ns = não-significativo P < 5%, pelo teste F.

**TABELA 2.** Análise de variância para efeitos de diferentes concentrações de NaCl em solução nutritiva, sobre o volume de raiz, o comprimento total da raiz, o número de perfilhos por planta e o volume transpirado da cultivar de arroz IAC 25. Fortaleza-CE, 1985.

Causas de variação		Quadrados médios			
		Volume da raiz	Comprimento da raiz	Perfilhos por planta	Transpiração planta/dia
Reg. linear	1	767,29**	190208,64**	10,89**	467856,00**
Reg. quadrática	1	76,05**	1085,90 <sup>ns</sup>	6,05**	95220,00**
Reg. cúbica	1	34,81**	331127,24**	1,21 <sup>ns</sup>	16384,00**
Resíduo	16	2,17	14008,09	0,35	1991,87
C.V. (%)	—	6,43	9,74	26,46	16,67

\*\* = significativo  $P < 1\%$ , pelo teste F.

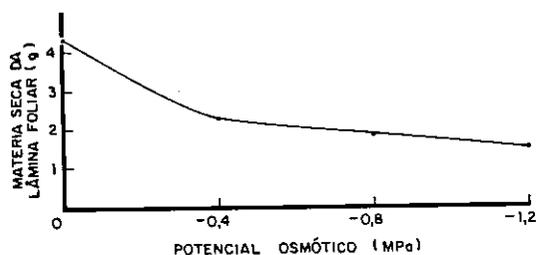
ns = não-significativo  $P < 5\%$ , pelo teste F.

**TABELA 3.** Efeitos de diferentes níveis de NaCl em solução nutritiva sobre o peso da matéria seca da lâmina foliar, da parte aérea, de raízes, peso seco total e relação raiz/parte aérea, volume de raiz, comprimento da raiz, número de perfilhos por planta e volume transpirado da cultivar de arroz IAC 25. Dados médios de 5 plantas, obtidos durante a fase vegetativa (33 dias após o transplantio). Fortaleza-CE, 1985.

Potenciais osmóticos (NaCl)	Peso da matéria seca (g)					Volume de raiz (cm <sup>3</sup> )	Comprimento da raiz (cm)	Perfilhos por planta (n°)	Transpiração/planta/dia (ml)
	Lâmina foliar	Parte aérea	Raiz	Total	R./P.A.*				
0,0 (controle)	4,34 a	7,92 a	1,30 a	9,22 a	0,16 d	33,80 a	1579 a	6,40 a	16,6 a
- 0,4 MPa	2,22 b	4,01 b	0,77 b	4,78 b	0,19 c	22,00 b	1518 a	4,20 b	6,72 b
- 0,8 MPa	1,81 c	3,06 c	0,53 c	3,69 c	0,20 b	20,00 b	897 b	4,20 b	4,90 bc
- 1,2 MPa	1,48 d	2,69 c	0,59 d	3,25 d	0,21 a	16,00 c	866 c	4,20 b	3,44 c
D.M.S. (5%)	0,14	0,15	0,03	0,16	0,006	2,67	214	1,07	2,39

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

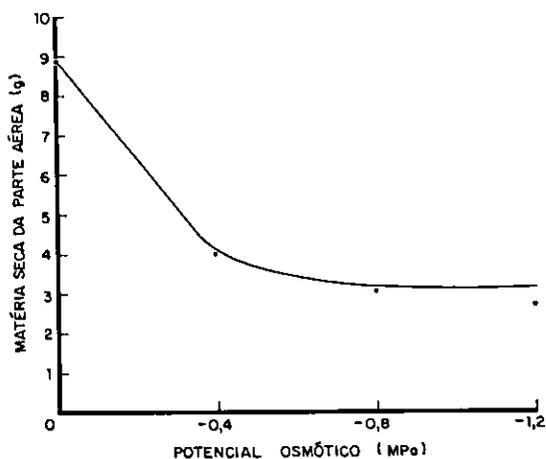
\*R./P.A. = relação raiz/parte aérea.



**FIG. 1.** Efeitos de concentrações de NaCl em solução nutritiva sobre a matéria seca da lâmina foliar.

98,96% e 99,06%, respectivamente, na parte aérea e 87,01%, 91,80% e 92,39% na raiz. A redução no peso da matéria seca das raízes está positivamente relacionada com o aumento da concentração salina, como mostra a Fig. 4.

A relação entre o peso da matéria seca da raiz e o da parte aérea foi crescente, mostrando que o efeito



**FIG. 2.** Efeitos de concentrações de NaCl em solução nutritiva sobre a matéria seca da parte aérea.

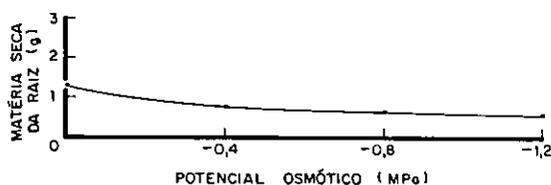


FIG. 3. Efeitos de concentrações de NaCl em solução nutritiva sobre a relação raiz/parte aérea.

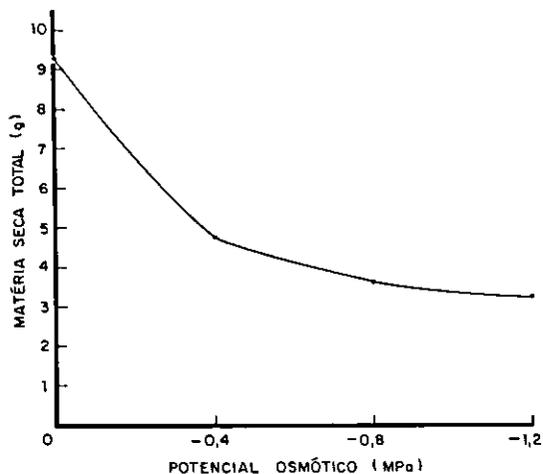


FIG. 4. Efeitos de concentrações de NaCl em solução nutritiva sobre a matéria seca da raiz.

do acúmulo do sódio foi mais prejudicial à parte aérea. Este resultado indica que as plantas de arroz translocaram e acumularam, na parte aérea, grande parte do sódio absorvido pela raiz. Resultado diferente foi encontrado por Bari et al. (1973), estudando a germinação e o crescimento de cultivares de arroz em solução salina, contendo  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , NaCl,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$  e  $\text{NaHCO}_3$  na proporção de 8:6:2:2:1. Estes autores relataram que a salinidade restringiu mais o crescimento da raiz. Entretanto, Bari et al. (1973) não estudaram o acúmulo de sais na planta, limitando-se a informar que a raiz é menos tolerante à salinidade do que a parte aérea, por estar em contato direto com o meio salino. Todavia, Chatterton & Mckell (1969), citados por Bari et al. (1973), Ayous (1977) e Flowers & Yeo (1981), como neste trabalho, também observaram maior redução na parte aérea das plantas. No trabalho desenvolvido por Ayous (1977), com lentilha, em meio salino, o peso da matéria seca total sofreu reduções superiores a 50% em relação ao controle. Por outro lado, os valores obti-

dos por Flowers & Yeo (1981), com cultivares de arroz, em meio salino, foram inferiores a 50%. No entanto, para as condições experimentais deste trabalho, as reduções do peso da matéria seca total foram de 48,18%, 59,98% e 64,75% em relação ao controle, quando o potencial osmótico decresceu para -0,4, -0,8 e -1,2 MPa respectivamente (Tabela 3). O coeficiente de determinação indica que 99,70% da redução da matéria seca total podem ser explicados pela variação do potencial osmótico (Fig. 5).

O volume da raiz também sofreu redução com o aumento da concentração salina. Entretanto, só houve diferença significativa quando o potencial osmótico variou do controle para -0,4 MPa, cuja redução no volume da raiz foi de 43,91% (Tabela 3). O coeficiente de determinação indica que 96,20% da variação no volume da raiz podem ser explicados pelo aumento da concentração salina (Fig. 6).

O comprimento da raiz só foi afetado pelo NaCl quando o potencial osmótico variou de -0,4 para -0,8 MPa, visto que não houve diferenças significativas entre o controle e -0,4 MPa e entre -0,8 e -1,2 MPa (Tabela 3). Com o aumento da concentração salina acima de -0,4 MPa, as raízes se tornaram grossas e curtas. A Fig. 7 ilustra os resultados apresentados pelos tratamentos impostos à cultivar IAC 25, os quais mostram um grau de associação bastante elevado entre os potenciais osmóticos e o comprimento da raiz (99,80%).

Pesquisa desenvolvida por Kapp (1947) com arroz, em meio salinizado com NaCl, constatou efeitos prejudiciais sobre a germinação, desenvolvimento vegetativo e produção de grãos. Da mesma forma, dados obtidos por Pearson (1959), em casa de vegetação, indicaram que as plantas submetidas ao nível salino de 15 mmhos/cm, aproximadamente -0,5 MPa apresentaram reduções de 20% na altura das plantas, 55% no peso das folhas, 60% no número total de perfilhos, 45% no número de perfilhos férteis, 70% no número de panículas, 75% no peso seco total e 95% no peso dos grãos. O autor concluiu, ainda, que a evapotranspiração foi diretamente proporcional à quantidade de matéria seca produzida. Desai et al. (1957) e Saxena & Pandey (1981) também observaram redução no perfilhamento do arroz em meio salino. No presente trabalho, a diminuição no número de perfilhos só foi significativa quando o potencial osmótico variou do controle para -0,4 MPa (aproximadamente 11,6 mmhos/cm). A redução foi de 34,47% (Tabela 3, Fig. 8). O coeficiente de determinação indica que 71,30% da varia-

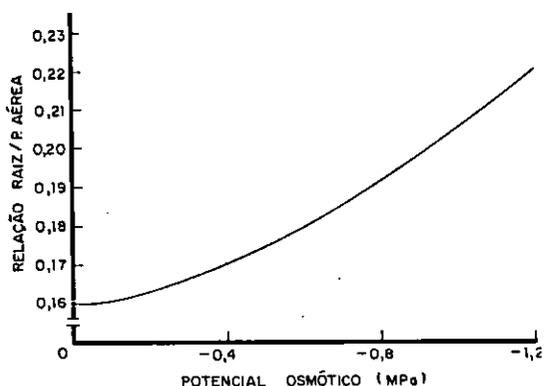


FIG. 5. Efeitos de concentrações de NaCl em solução nutritiva sobre a matéria seca total.

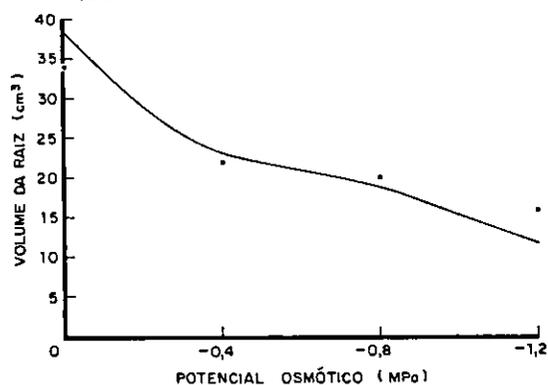


FIG. 6. Efeitos de concentrações de NaCl em solução nutritiva sobre o volume da raiz.

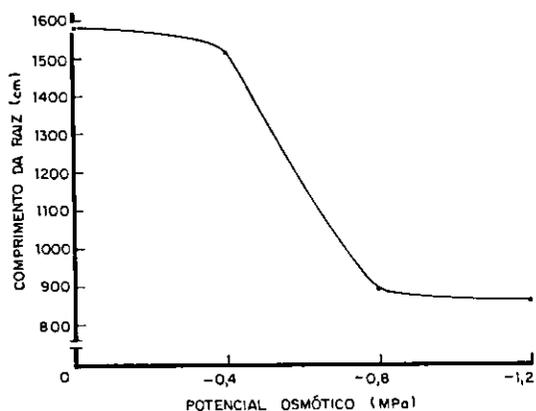


FIG. 7. Efeitos de concentrações de NaCl em solução nutritiva sobre o comprimento da raiz.

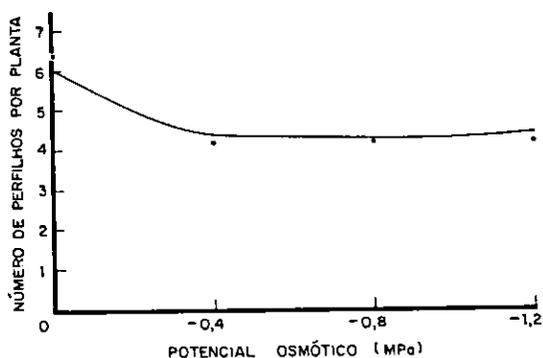


FIG. 8. Efeitos de concentrações de NaCl em solução nutritiva sobre o número de perfilhos por planta.

ção no número de perfilhos por planta podem ser explicados pela salinidade do meio de cultivo. O decréscimo no perfilhamento implicou na redução do peso da matéria seca, principalmente da parte aérea. Mesmo sendo uma característica genética, o número de perfilhos foi afetado pela salinidade.

Pearson & Bernstein (1959), avaliando o crescimento do arroz em meio salino, observaram que a ocorrência de salinidade no perfilhamento, reduziu duas vezes mais o peso seco das folhas, quando comparado a esta ocorrência na fase de iniciação da panícula. Por outro lado, Fageria et al. (1981), estudando o comportamento de cultivares de arroz em meio salino, observaram redução no crescimento e no perfilhamento, o aparecimento de uma coloração verde-escura nas folhas, o surgimento de áreas necrosadas e um ressecamento iniciado no ápice da folha, continuando pelas margens, com alguns casos de enrolamento da lâmina foliar.

Com a redução do potencial osmótico da solução nutritiva, houve um decréscimo no teor de clorofila, motivado pela senescência precoce. Observou-se diminuição na taxa transpiratória, causada pela redução da parte aérea da planta, provavelmente em virtude do fechamento dos estômatos, que prejudicou os processos metabólicos. O volume transpirado apresentou diferenças estatisticamente significativas somente entre os resultados do tratamento-controle e os dos tratamentos sob potencial osmótico - 0,4 e - 1,2 MPa de NaCl. Como pode ser observado na Tabela 3, a redução foi mais acentuada do controle para - 0,4 MPa (59,52%) e quando o potencial osmótico variou de - 0,8 para - 1,2 MPa (29,79%). O coeficiente de determinação mostrou um grau de associação relativamente elevado entre a redução da transpiração e o decréscimo do potencial osmótico, o qual

pode explicar 94,80% dessa redução (Fig. 9). Hoffman et al. (1971) relataram que o aumento da transpiração pode reduzir a perda de turgescência, resultando no fechamento dos estômatos. Mudanças induzidas na abertura dos estômatos podem retardar a absorção de dióxido de carbono, resultando na diminuição da atividade fotossintética e, conseqüentemente, da produção. Neste trabalho, há possibilidade de que o fechamento precoce dos estômatos, induzido pelo estresse salino, tenha afetado o crescimento. Do mesmo modo, Strogonov & Ivanitskaia (1953), citados por Hayward & Bernstein (1960), observaram que a salinidade provocou lesões nas folhas do algodão, diminuindo a área foliar e, conseqüentemente, a transpiração.

Neste trabalho, observou-se um envelhecimento precoce das folhas, concordando com o relato de Prisco (1978), de que as folhas das plantas cultivadas em meio salino envelhecem precocemente, talvez em decorrência de um desequilíbrio no balanço hormonal. Este desequilíbrio altera o metabolismo do sistema radicular e prejudica a biossíntese e transporte de citocininas para a parte aérea da planta.

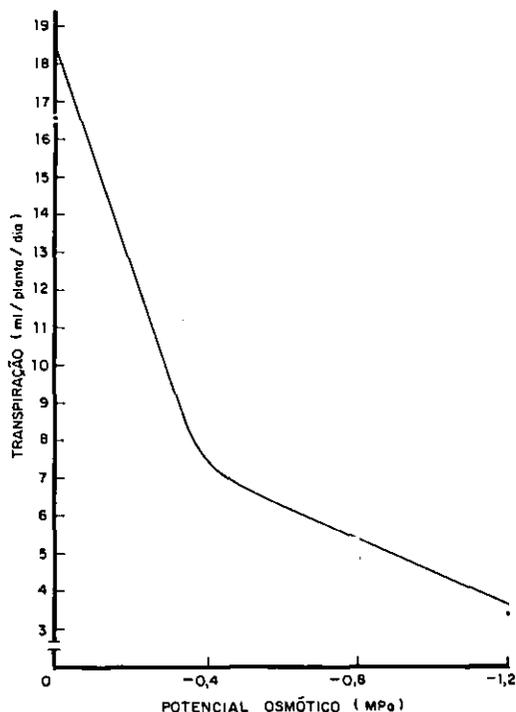


FIG. 9. Efeitos de concentrações de NaCl em solução nutritiva sobre a transpiração.

## CONCLUSÕES

1. O crescimento das plantas é significativamente afetado pelo aumento da concentração salina na solução nutritiva, com reduções significativas observadas na parte aérea, expressa em termos de redução no peso da matéria seca e aumento da relação raiz/parte aérea, em virtude do acúmulo crescente de sódio na parte aérea.

2. O comprimento e o volume da raiz foram reduzidos significativamente pelo aumento do teor de NaCl na solução nutritiva, com efeito marcante nos tratamentos sob - 0,8 MPa de NaCl para o comprimento - 0,4 e - 0,8 MPa para o volume da raiz.

3. O número de perfilhos por planta, mesmo sendo uma característica genética, sofreu redução significativa com aumento da concentração de NaCl. Esta redução no perfilhamento influenciou na diminuição do peso da matéria seca total.

4. O aumento da concentração de NaCl na solução nutritiva provoca redução significativa no volume transpirado, principalmente nos tratamentos com potencial osmótico de - 0,4 e - 1,2 MPa de NaCl. É provável que a salinização tenha provocado um aumento da resistência difusiva na folha. Isto sugere que o efeito salino sobre o crescimento da planta resultou das mudanças induzidas na abertura dos estômatos, o que pode reduzir a absorção de dióxido de carbono, resultando na diminuição da atividade fotossintética e, conseqüentemente, da produção de matéria seca.

5. O aumento da concentração salina provocou envelhecimento precoce das folhas das plantas de arroz, cultivar IAC 25.

## AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Francisco Ivaldo Oliveira Melo pelas sugestões e análises estatísticas dos resultados.

## 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, 1984.
- AYOUS, A.T. Salt tolerance of lentil (*Leans esculenta*). Hudeiba Research Station. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 2:163-7, 1977.
- BARI, G.; HAMID, A.; AWAN, M.A. Effect of salinity on germination and seedling growth of rice varieties. *Int. Rice Res. Newsl.*, 22(3):32-6, 1973.

- BERNSTEIN, L. Effect of salinity and sodicity on plant growth. *Annu. Rev. Plant.*, **13**:295-312, 1975.
- BERNSTEIN, L. Osmotic adjustment of plants to saline media. I. Steady state. *Am. J. Bot.*, **48**:909-18, 1961.
- DATA, S.K. A study of salt tolerance of twelve varieties of rice. *Cnr. Sci.*, **41**(12):456-7, 1972.
- DESAI, A.D.; RAO, T.S.; HIREKERUR, L.R. Effects os saline waters on growth and yield of rice. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, **5**:13-6, 1957.
- EPSTEIN, E. **Mineral nutrition: principles and perspectives.** New York, John Wiley & Son, Inc., 1972. 412p.
- FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P.; GHERY, H.R. Avaliação de cultivares de arroz para tolerância à salinidade. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, **16**(5):677-81, 1981.
- FLOWERS, J.T. & YEO, A.R. Variability in the resistance of sodium chloride salinity within rice (*Oryza sativa* L.) varieties. *New Phytol.*, **88**:363-73, 1981.
- HAYWARD, H.E. & BERNSTEIN, L. Plant growth relationships on salt affected soil. *Bot. Rev.*, **24**:585-635, 1960.
- HOFFMAN, G.J.; RAWLINS, S.L.; GARBER, M.L.; CULLEN, E.M. Water relations and growth of cotton as influenced by salinity and relative humidity. *Agron. J.*, **63**:822-6, 1971.
- KAPP, L.C. The effects of common salt on rice production. Fayetteville, Arkansas. *Ark. Agric. Exp.Sta. Bull.*, 465p. 1947.
- MORA, J.C. Salinidad en suelos y aguas; recuperación de suelos, salinos y sódicos. In: FEDERACIÓN NACIONAL DE ARROCEROS, Bogotá. **Curso de arroz.** Primeira parte. Bogotá, Colômbia, 1975. part. 1, p.86-107.
- PEARSON, G.A. Factors influencing salinity of submerged soil and growth of caloro rice. *Soil Sci.*, **87**(1-6):198-206, 1959.
- PEARSON, G.A. & BERNSTEIN, L. Salinity effects at several growth stages of rice. *Agron. J.*, **51**:654-7, 1959.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental.** 11. ed. São Paulo, Nobel, 1985. 466p.
- PIZZARO, F. **Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos.** Madrid, ed. Española. S.A., 1978.
- PRISCO, J.T. **Efcitos da salinidade na germinação de sementes e no crescimento das plantas. s.l., SUDENE,** 1978. p.64-112.
- SAXENA, H.K. & PANDEY, U.K. Physiological studies on salt tolerance of ten rice varieties. I. Growth and yield aspects. *India J. Plant Pathol.*, **24**(1):61-8, 1981.
- TENNANT, D. A test of a modifield line intersect method of estimating root length. *J. Ecol.*, **63**:995-1001, 1975.