

Efeito do Ca na germinação, composição mineral e crescimento  
de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivado em solução de NaCl

SILVANA MARIA GOMES ANDRADE

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA A COORDENAÇÃO DO  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

FORTALEZA - 1989

Esta dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários a obtenção do Grau de Mestre em Solos e Nutrição de Plantas, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se a disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta Tese é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

-----  
Silvana Maria Gomes Andrade

DISSERTAÇÃO APROVADA EM

05/12/89  
-----

-----  
FRED CARVALHO BEZERRA

Orientador da Tese

-----  
JOSÉ TARQUÍNIO PRISCO

-----  
JOSÉ NELSON E. FROTA

-----  
FERNANDO F. FERREYRA HERNANDEZ

A memória do Professor  
MARDÔNIO AGUIAR COELHO

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Agradeço de modo especial, ao Professor FRED CARVALHO BEZERRA, cuja orientação e empenho ajudaram a concretizar este trabalho.

Aos Professores JOSÉ TARQUÍNIO PRISCO, JOSÉ NÉLSON ESPÍNDOLA FROTA E FERNANDO FELIPE FERREYRA HERNANDEZ pelas valiosas sugestões e esclarecimentos.

Aos Departamentos de Ciências do Solo e de Engenharia Agrícola pelo uso de suas instalações e pelos materiais concedidos para a realização do experimento.

Ao Professor ANTÔNIO ENEAS MENDES BEZERRA e sua equipe, aos colegas FERNANDO MONTEIRO DE PAULA, IVAN MARTINS DE ALBUQUERQUE e à laboratorista MARIA DAS GRAÇAS DA CRUZ PEREIRA pela ajuda nas análises de plantas.

A Professora ELIANA MIRANDA SAMPAIO e aos Professores JOSÉ JACKSON L. DE ALBUQUERQUE e ROBERTO CLAUDIO FROTA BEZERRA pela orientação nas análises estatísticas.

Aos Professores MATEUS MOSCA VIANA, JOÃO BATISTA F. GOMES NETO e GREGÓRIO MARANGUAPE DA CUNHA, bem como à Professora ELEIDE LEMOS PALMEIRA BITÚ e demais funcionários e estagiários do Laboratório de Ensino de Computação (LEC) pela orientação e apoio na digitação do trabalho.

Ao Sr. ANTÔNIO LUIZ DE OLIVEIRA e aos demais

funcionários do Departamento de Ciências do Solo e de outros Departamentos da Universidade Federal do Ceará.

A minha família pela formação humana e apoio constante durante estes anos de curso.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro.

A todos, enfim que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização do presente trabalho.

## SUMARIO

LISTA DE TABELAS	vi
UNIDADES E CONVERSOES	xvii
RESUMO	xviii
1 - <u>INTRODUÇÃO</u> .....	1
1.1 - <u>Salinidade: Aspectos Gerais</u> .....	1
1.2 - <u>Efeito dos Sais nas Plantas</u> .....	2
1.3 - <u>Influência dos Sais em Diferentes Estágios do Ciclo da Planta</u> .....	4
1.3.1 - Germinação.....	4
1.3.2 - Crescimento Vegetativo e Reprodutivo.....	6
1.4 - <u>Distúrbios Nutricionais Provocados pela Salinidade</u> ..	8
1.5 - <u>Papel do Cálcio em Plantas Cultivadas sob Condições de Salinidade</u> .....	11
2. <u>MATERIAL E MÉTODOS</u> .....	14
3. <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u> .....	21
4. <u>CONCLUSOES</u> .....	79
5. <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u> .....	81

## LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Composição da solução nutritiva de Hoaland modificada (BEZERRA, 1985) com concentração normal	19
2	Análise de variância da percentagem de plântulas normais de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), submetidas a diferentes pré-tratamentos e semeadas em água destilada e soluções de NaCl 75 e 150mM	22
3	Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (concentração salina e pré-tratamentos) e as combinações de tratamentos da percentagem de plântulas normais provenientes de sementes de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.) submetidas a diferentes pré-tratamentos e semeadas em água destilada e soluções de NaCl 75 e 150mM	23
4	Análise de variância dos comprimentos da radícula, parte aérea e total de plântulas de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.) provenientes de sementes submetidas a diferentes pré-tratamentos e semeadas em meio normal e em meio salino	26

principais (concentração salina e pré-tratamentos) e as combinações de tratamentos do comprimento radicular (cm) de plântulas de arroz (*Oryza sativa* L.) provenientes de sementes submetidas a diferentes pré-tratamentos e semeadas em água destilada e soluções de NaCl 75 e 150mM (média de 25 plântulas)

27

6 Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (concentração salina e pré-tratamentos) e as combinações de tratamentos do comprimento da parte aérea (cm) de plântulas de arroz (*Oryza sativa* L.) provenientes de sementes submetidas a diferentes pré-tratamentos e semeadas em água destilada e soluções de NaCl 75 e 150mM (média de 25 plântulas)

28

7 Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (concentração salina e pré-tratamentos) e as combinações de tratamentos do comprimento total (cm) de plântulas de arroz (*Oryza sativa* L.) provenientes de sementes submetidas a diferentes pré-tratamentos e semeadas em água destilada e soluções de NaCl 75 e 150mM (média de 25 plântulas)

29

8 Análise de variância da produção de matéria seca da raiz, parte aérea e total de plântulas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solu-

- ção nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) 33
- 9 Comparações de médias entre a testemunha e os demais tratamentos da produção de matéria seca da raiz, parte aérea e total de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) 34
- 10 Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos da produção de matéria seca das raízes de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) 35
- 11 Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos da produção de matéria seca da parte aérea de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) 36
- 12 Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos da produção de matéria seca total de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cul-

- tivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) 37
- 13 Análise de variância dos teores de constituintes minerais de raízes de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) 39
- 14 Comparações de médias entre a testemunha e os demais tratamentos dos teores de constituintes minerais de raízes de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) 40
- 15 Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de sódio das raízes de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) 42
- 16 Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de potássio das raízes de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio

- (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) 43
- 17 Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de cálcio das raízes de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) 44
- 18 Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de cloreto das raízes de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) 45
- 19 Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de magnésio das raízes de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) 47
- 20 Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de nitrogênio das raízes de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo dife-

- rentes concentrações de NaCl e de cálcio  
(Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) 48
- 21 Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de fósforo das raízes de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) 49
- 22 Análise de variância dos teores de constituintes minerais da parte aérea de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) 51
- 23 Comparações de médias entre a testemunha e os demais tratamentos dos teores de constituintes minerais da parte aérea de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) 52
- 24 Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de sódio da parte aérea de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio

- (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) 53
- 25 Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de potássio da parte aérea de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) 55
- 26 Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de cálcio da parte aérea de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) 56
- 27 Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de cloreto da parte aérea de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) 57
- 28 Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de magnésio da parte aérea de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.)

- cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) 58
- 29 Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de nitrogênio da parte aérea de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) 59
- 30 Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de fósforo da parte aérea de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) 60
- 31 Análise de variância dos teores de constituintes minerais de plantas (raiz + parte aérea) de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) 62
- 32 Comparações de médias entre a testemunha e os demais tratamentos dos teores de constituintes minerais de plantas (raiz + parte aérea) de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução

- nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) 63
- 33 Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de sódio de plantas (raiz + parte aérea) de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) 64
- 34 Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de potássio de plantas (raiz + parte aérea) de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) 65
- 35 Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de cálcio de plantas (raiz + parte aérea) de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) 66
- 36 Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de cloreto de plan-

- tas (raiz + parte aérea) de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) 68
- 37 Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de magnésio de plantas (raiz + parte aérea) de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) 69
- 38 Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de nitrogênio de plantas (raiz + parte aérea) de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) 70
- 39 Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de fósforo de plantas (raiz + parte aérea) de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) 71

## UNIDADES E CONVERSOES

GRANDEZA	UNIDADE/ABREVIATURA
Condutividade elétrica	milimho por centímetro (mmho.cm <sup>-1</sup> ) dicisiemens por metro (dS.m <sup>-1</sup> )
Potencial hídrico	megapascal (MPa) bar (bar) atmosfera (atm)
Concentração de Soluções	miligramas por litro (mg.l <sup>-1</sup> ) partes por milhão (ppm) milimolar (mM) mol por metro cúbico (mol.m <sup>-3</sup> )

### CONVERSOES

- 1 mmho.cm<sup>-1</sup> = 1 dS.m<sup>-1</sup>
- 1 MPa = 10 bar = 9,87 atm
- 1 ppm = 1 mg.l<sup>-1</sup>
- 1 mol = peso molecular (PM) expresso em gramas
- 1 mM = (mol.l<sup>-1</sup>) × 10<sup>-3</sup> = 1 mol.m<sup>-3</sup>
- 1 mmho.cm<sup>-1</sup> ≈ 640 mg.l<sup>-1</sup> de sais totais dissolvidos
- NaCl 11mM ≈ 1 mmho.cm<sup>-1</sup> ≈ 0,36 bar
- 1 MPa ≈ 27,8 mmho.cm<sup>-1</sup>

## RESUMO

Foram avaliados, o efeito da pré-embebição de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) em solução de  $\text{CaCl}_2$  e de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , como meio de minorar os efeitos deletérios da salinidade na germinação e vigor, bem como o efeito de doses crescentes de cálcio em plantas desta espécie cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de NaCl.

As concentrações salinas utilizadas praticamente não afetaram a germinação e por isso não foi possível observar muita expressividade dos pré-tratamentos. Entretanto, o vigor da semente foi reduzido pelo aumento da salinidade do meio. Os pré-tratamentos das sementes com as soluções de  $\text{CaCl}_2$  68 e 136mM reduziram sensivelmente o crescimento da plântula.

A produção de matéria seca das plantas foi bastante reduzida com o incremento do conteúdo de NaCl do meio e a adição de doses extras de cálcio à solução nutritiva não foram suficientes para minorar este efeito. As concentrações de Na e Cl na planta aumentaram significativamente com o incremento dos teores destes íons no meio, a de K diminuiu, enquanto a dos demais elementos minerais sofreram poucas alterações. As doses extras de cálcio não proporcionaram efeitos muito marcantes, mostrando mais uma ação benéfica indireta sobre a nutrição com K.

## ABSTRACT

In the present paper, the effect of imbibition of rice (*Oryza sativa* L.) seeds in  $\text{CaCl}_2$  and  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  solutions was evaluated in order to reduce the adverse effects of salinity on germination and seed vigor. The effect of increasing calcium content in plants of this same specie grown in nutrient solution with different NaCl concentrations was also studied.

Germination was affected niether for the salt concentrations used, nor for the pre-treatments. However seed vigor was reduced with increasing salinity. Imbibition of seeds in solutions of  $\text{CaCl}_2$  68 and 136mM markedly reduced seedling growth.

Dry weight of plants was severely reduced with increasing NaCl content in the nutrient solution and the addition of extra calcium amounts was not enough to overcome this effect. Na and Cl inside the plant increased significantly as Na and Cl contents of the medium increased, K concentration was reduced, while that of the other mineral elements was almost unaffected. The extra calcium amounts indirectly benefited K nutrition.

## 1 - INTRODUÇÃO

### 1.1 - Salinidade: Aspectos Gerais

A agricultura é uma atividade extremamente complexa por depender de fatores que apresentam grande variabilidade e que, muitas vezes, são difíceis de controlar. Em regiões áridas e semi-áridas, por exemplo, o acúmulo de sais nos solos é altamente favorecido pelas condições climáticas adversas, principalmente pela baixa intensidade de precipitações pluviométricas associada à elevada taxa de evaporação.

A salinidade decorre do excesso de íons ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e raramente  $\text{NO}_3^-$  ou  $\text{K}^+$ ) no solo os quais reduzem ou interferem no desenvolvimento e, conseqüentemente, na produção das culturas (BLACK, 1961). Embora os sais destes íons ocorram em concentrações e proporções variáveis, os pesquisadores são unânimes em afirmar que o  $\text{NaCl}$  predomina na maioria das vezes (BERNSTEIN, 1975). Por isso, a relação entre  $\text{Na}^+$  e os demais cátions trocáveis constitui um dos parâmetros usados para classificar solos com problemas de sais. De acordo com a classificação do "U.S. Salinity Laboratory", solos *salinos* são os que possuem pH inferior a 8, condutividade elétrica do extrato de saturação (CEe) su-

perior a  $4dS.m^{-1}$  e percentagem de sódio intercambiável (PSI) inferior a 15%; os *salino-sódicos* possuem pH inferior a 8, CEe superior a  $4dS.m^{-1}$  e PSI superior a 15% e, finalmente, os solos *sódicos* possuem pH superior a 8, CEe inferior a  $4dS.m^{-1}$  e PSI superior a 15% (RICHARDS, 1954).

Levantamentos de solos realizados em sete Estados da região Nordeste revelaram que cerca de 15% da área do Estado do Ceará apresentava solos afetados pelos sais (PEREIRA, 1983). O uso da irrigação tem contribuído para salinizar áreas anteriormente não salinas em virtude da utilização de águas contendo concentrações elevadas de sais ou de práticas de manejo impróprias, tais como: drenagem deficiente, quantidade de água inadequada e emprego indiscriminado e excessivo de fertilizantes (HAYWARD & WADLEIGH, 1949). Nos perímetros irrigados do Nordeste, observou-se que entre 25 e 30% destas áreas encontram-se afetadas por sais (GOES, 1978). Algumas áreas nos Projetos de Irrigação de Ceraíma-BA, Morada Nova-CE, Várzea do Boi-CE e Caldeirão-PI foram, inclusive, abandonadas devido à presença excessiva de sais (DAMASCENO, 1978).

## 1.2 - Efeito dos Sais nas Plantas

O crescimento e produção das plantas diminuem

progressivamente com o aumento da salinidade do meio, sendo que algumas espécies podem tolerar níveis de sais e/ou de sódio relativamente altos, enquanto outras são extremamente sensíveis. A influência negativa do excesso de sais nas plantas vem, há muito, sendo estudada e era explicada inicialmente pela teoria da seca fisiológica (SHIMPER, 1898 citado por PRISCO, 1980). De acordo com esta teoria, a inibição do crescimento vegetal e até mesmo a morte da planta ocorreria porque o excesso de sais no solo diminuiria o gradiente de potencial hídrico no sistema solo-planta, reduzindo, assim, a absorção de água. Pesquisas posteriores, no entanto, demonstraram que as plantas contornam este efeito reduzindo o potencial osmótico de suas células através da absorção e acumulação de íons do meio salino, bem como através da síntese de constituintes orgânicos. Este processo é denominado ajustamento osmótico ou osmorregulação (BERNSTEIN, 1961 e 1963) e pode ocorrer tanto em condições de estresse salino como hídrico (MORGAN, 1984).

Ao mesmo tempo em que contribuem para a realização do ajustamento osmótico, estes íons também podem exercer efeitos tóxicos nas plantas. A interferência dos sais, segundo GREENWAY & OSMOND (1972), ocorre diretamente na atividade enzimática e em consequência, processos fisiológicos e bioquímicos são indiretamente afetados (STROGONOV, 1964; MEIRI et alii, 1970; RAINS, 1972; MUNNS et alii, 1982).

Além dos efeitos osmótico e tóxico, a salinidade

também provoca efeitos adversos na nutrição das plantas. A literatura sobre este assunto é bastante extensa e demonstra que os resultados são muito divergentes, não havendo um padrão definido de interferência dos sais na absorção e/ou concentração de nutrientes da planta.

### 1.3 - Influência dos Sais em Diferentes Estágios do Ciclo da Planta

#### 1.3.2 - Germinação

Embora a salinidade afete a germinação produzindo efeitos osmótico e tóxico (PRISCO & O'LEARY, 1970), muitas espécies apresentam um certo grau de tolerância aos sais nesta fase de seu ciclo. A percentagem de germinação de sementes de arroz foi reduzida em torno de 15% quando estas foram semeadas em substrato com teor de sais de  $8,9\text{dS.m}^{-1}$  e, em mais de 50%, quando o nível de salinidade aumentou para  $15,8\text{dS.m}^{-1}$ , tendo a contagem sido feita no 10º dia a partir da semeadura (NARALE et alii, 1969). MAAS & HOFFMAN (1983), avaliando a tolerância de vários cultivares de milho ao conteúdo crescente de sais do meio até  $20\text{dS.m}^{-1}$ , verificaram que 7 dias após a semeadura, a percentagem de germinação de alguns cultivares foi significativamente reduzida pelos ní-

veis de salinidade acima de  $8\text{dS.m}^{-1}$ , mas vários outros cultivares germinaram tão bem, em substrato com  $15\text{dS.m}^{-1}$ , quanto em meio não salino. Testando o efeito de diferentes concentrações de  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{KCl}$  e  $\text{KNO}_3$  sobre a percentagem de germinação de seis variedades de alfafa, ALLEN et alii (1986) observaram que  $\text{KNO}_3$  foi o sal mais prejudicial ao processo germinativo, o efeito do  $\text{NaNO}_3$  e  $\text{KCl}$  foi intermediário e o do  $\text{NaCl}$  foi o menos prejudicial. O vigor da plântula, por outro lado, foi afetado por níveis de salinidade inferiores àqueles que reduziram a germinação (AGUIAR & PEREIRA, 1980), mas também variaram com a espécie, cultivar, teor e tipo de sal (STROGONOV, 1964; DINIZ, 1979). Em plântulas de ervilha cujas sementes foram postas para germinar em substrato com concentração salina de  $8\text{dS.m}^{-1}$ , foram verificadas reduções médias de 32% no comprimento da parte aérea, 26% no comprimento da radícula e 28% no peso seco das plântulas, no 6º dia a partir da sementeira (SARIN & NARAYANAN, 1968). O vigor inicial também deve ser levado em conta pois, tanto a percentagem de germinação como o comprimento e o peso seco ou fresco das plântulas, características normalmente utilizadas para avaliar o vigor da semente, são mais adversamente afetados pelo  $\text{NaCl}$  quando as sementes são menos vigorosas (PARMAR & MOORE, 1968).

Na tentativa de contornar os efeitos deletérios dos sais na germinação e vigor, várias alternativas foram estudadas como, a profundidade de plantio da semente

(ASSADIAN & MYIAMOTO, 1987), sua localização quando se utiliza a irrigação por sulcos (OSTER et alii, 1984), o uso de hormônios e reguladores de crescimento no meio de cultivo (UPRETY & SARIN, 1974) e o pré-tratamento de sementes. Este abrange tanto o emprego de ciclos de hidratação e desidratação (BEZERRA, 1980), como a pré-embebição destas em água destilada (LYLES & FANNING, 1964), hormônios e reguladores de crescimento (EL-DAMATY et alii, 1964; ODEGBARO & SMITH, 1969; GRAY & STECKEL, 1976), soluções salinas (PUNTAMKAR et alii, 1971; PRISCO et alii, 1975) e outras substâncias (MYIAMOTO, 1963).

### 1.3.2 - Crescimento Vegetativo e Reprodutivo

Na natureza, existem plantas que são adaptadas ao ambiente salino, as halófitas, enquanto outras não se adaptam a este ambiente, mas exibem uma grande variabilidade no grau de tolerância aos sais. Estas incluem a maioria das espécies cultivadas e são denominadas glicófitas (FLOWERS et alii, 1977). As halófitas respondem às altas concentrações salinas, principalmente absorvendo grande quantidade de íons do meio exterior (LAUCHLI & EPSTEIN, 1984). Já nas glicófitas, a tolerância à salinidade está intimamente ligada à exclusão de íons da parte aérea, particularmente das folhas

mais novas. Embora as raízes estejam diretamente expostas ao meio salino, seu crescimento é, geralmente, menos afetado do que o da parte aérea (BERNSTEIN & HAYWARD, 1958). GREENWAY & MUNNS (1980) estudaram detalhadamente os diversos mecanismos através dos quais as glicófitas toleram as altas concentrações salinas. Segundo eles, as espécies sensíveis não controlam a absorção nem o transporte de íons para a parte aérea e, por não realizarem a compartimentalização no vacúolo, estes íons interferem no metabolismo celular, provocando redução no crescimento, desenvolvimento e produção das mesmas. Esta redução, no entanto, varia com a espécie (WEST & FRANÇOIS, 1982; SINGH & ABROL, 1985), cultivar (SAXENA & PANDEY, 1981; MARTINEZ et alii, 1987), estágio de crescimento (BATCHELDER et alii, 1963; KADDAH et alii, 1975), teor e tipo de sal (CHAVAN & KARADGE, 1980; HARIVANDI et alii, 1983) e fatores ambientais (MEIRI et alii, 1970; WILLIAMS & UNGAR, 1972). MAAS (1984) avaliou a tolerância aos sais de diversas culturas agrícolas cultivando-as em meios com concentrações salinas crescentes. Ao nível máximo de salinidade sem que houvesse perda na produção o autor denominou de nível crítico de tolerância aos sais e de acordo com seu valor as plantas foram classificadas em sensíveis, moderadamente sensíveis, moderadamente tolerantes e tolerantes. Para o arroz, por exemplo, o nível crítico de tolerância aos sais é de  $3dS.m^{-1}$ , sendo a cultura classificada como moderadamente sensível aos sais. Apesar disso, é sempre usado nos progra-

mas de recuperação de áreas com problemas de sais porque a lâmina de água em que ele se encontra submerso dilui os sais da camada superficial do solo (VAN ALPHEN, 1983).

#### 1.4 - Distúrbios Nutricionais Provocados pela Salinidade

Aumentando a concentração de NaCl do meio, os conteúdos de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  no interior da planta aumentam em graus variáveis, dependendo da espécie (LESSANI & MARSCHNER, 1978), do cultivar (LAUCHLI & WIENECKE, 1979) e de vários outros fatores já citados anteriormente. Ao nível celular, os íons alteram as características de estrutura e permeabilidade das membranas celulares, afetando seus componentes (KUIPER, 1984), o que provoca um pronunciado "vazamento" de solutos do interior da célula para o meio externo (LEOPOLD & WILLING, 1984). Em consequência disto e da concorrência iônica gerada pelo elevado teor de  $\text{Na}^+$  do meio, os níveis de  $\text{K}^+$  e  $\text{Ca}^{++}$  da planta, normalmente, sofrem redução (CRAMER et alii, 1986).

Plantas de cevada cultivadas em substrato com concentração de NaCl crescente até 120mM apresentaram redução de 55% na absorção de  $\text{K}^+$ , a qual foi compensada pelo incremento da absorção de  $\text{Na}^+$  (DELANE et alii, 1982). Resultados semelhantes foram encontrados para sorgo e

milheto (PALIWAL & MALIWAL, 1980), feijão (BHIVARE & NIMBALKAR, 1984) e arroz (FAGERIA, 1985). Entretanto, espécies como alfafa, tomate e cenoura beneficiam-se com a adição de sódio quando o potássio está deficiente, enquanto outras como aipo, beterraba e nabo beneficiam-se com a aplicação de sódio ao meio mesmo na presença de concentrações adequadas de potássio (HARMER et alii, 1945 citado por MOZAFAR et alii, 1970). Este benefício, no entanto, é consequência da utilização do  $\text{Na}^+$  em processos não específicos como ajustamento osmótico vacuolar (YEO, 1983). Por outro lado, vários exemplos de seletividade entre  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  durante os processos de absorção e troca iônica ao nível de membranas, bem como da compartimentalização destes íons foram citados na revisão de JESCHKE (1984) em plantas relativamente menos sensíveis aos sais e em concentrações salinas mais baixas.

A redução do teor de  $\text{Ca}^{++}$  com o aumento do nível de salinidade foi observada em várias espécies (PEREIRA & ANDRADE, 1980; RATHERT, 1983a; IMAMUL HUQ & LARHER, 1983a) tendo, inclusive, sido constatada a perda deste íon para o meio, com a adição de 2800ppm de  $\text{NaCl}$  (FROTA & O'LEARY, 1973). Comparando o conteúdo de  $\text{Ca}^{++}$  de dois cultivares de soja, LEE (moderadamente tolerante aos sais) e JACKSON (sensível), cultivadas no meio com  $\text{NaCl}$  66,5mM com o das plantas cultivadas em substrato com  $\text{NaCl}$  7,5mM, WIENECKE & LAUHLI (1980) observaram reduções maiores no conteúdo de cálcio do

cultivar sensível do que no moderadamente tolerante aos sais. A importância deste íon na nutrição das plantas cultivadas em ambiente salino será discutida com mais detalhe, posteriormente.

O comportamento dos níveis de N e P em diversas espécies, com o incremento da salinidade, não apresenta uma tendência única, aumentando em algumas concentrações salinas e diminuindo em outras (IMAMUL HUQ & LARHER, 1983b; VERMA & NEUE, 1984; HAJIBAGHERI & FLOWERS, 1985). Ao cultivar plantas de tomate em substrato com conteúdo de sais variando de 1 a  $9\text{dS.m}^{-1}$ , PAPADOPOULUS & RENDING (1983) observaram reduções nos teores de N e P com o aumento da salinidade e as atribuíram à possível competição entre a absorção de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{Cl}^-$  e de P e  $\text{Cl}^-$ . O estudo das interações entre salinidade e fertilização com N e/ou P indica que o aumento do conteúdo destes nutrientes não aumentou significativamente a tolerância aos sais das espécies testadas, exceto quando a salinidade induziu a deficiência destes nutrientes, ou, quando as condições físicas do solo foram prejudicadas, impedindo o desenvolvimento radicular, provocando, deste modo, a deficiência nutricional. Entretanto, a adubação fosfatada no meio salino deve ser conduzida com cautela pois a associação entre altas concentrações salinas e de P provocam injúrias nas plantas (BERNSTEIN et alii, 1974; GRATTAN & MAAS, 1984).

### 1.5 - Papel do Cálcio em Plantas Cultivadas sob Condições Salinas

O excesso de sódio no meio reduz o conteúdo de cálcio na planta através da substituição do  $Ca^{++}$  associado com a superfície externa da plasmalema (CRAMER et alii, 1985), bem como através da diminuição de seu fluxo para o interior da célula e incremento de seu efluxo (LYNCH & LAUCHLI, 1988). Desse modo, a permeabilidade da membrana celular aumenta, provocando distúrbios na nutrição das plantas, além de séria deficiência de cálcio. Portanto, o nível de  $Ca^{++}$  que seria adequado para suprir as exigências da planta num meio não salino, torna-se inadequado num meio salino (MAAS & GRIEVE, 1987).

Vários trabalhos demonstram que, em condições de salinidade, o aumento da concentração de  $Ca^{++}$  do meio diminui a absorção e o transporte de  $Na^+$  para a parte aérea de várias espécies cultivadas (HYDER & GREENWAY, 1965; HANDLEY et alii, 1965; LAHAYE & EPSTEIN, 1971), diminui o "vazamento" do  $K^+$  do "citosol" (CRAMER et alii, 1985), além de favorecer o metabolismo de outros constituintes minerais e orgânicos (IMAMUL HUQ & LARHER, 1984), devido sua essencialidade para a manutenção da estrutura da plasmalema (DAVIS et alii, 1974; RAYAR, 1981), para a estabilidade de estruturas citoplasmáticas e enzimas e para uma variedade de processos fisiológicos e bioquímicos (CLARKSON & HANSON, 1980; HEPLER &

WAYNE, 1985). Entretanto, o crescimento e as concentrações de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  na parte aérea de plantas de arroz cultivadas em meio com relação  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$  variando de 5 a 25 não foram beneficiados pelo aumento do nível de  $\text{Ca}^{++}$ , nem quando o conteúdo de  $\text{Cl}^-$  do meio foi mantido constante em 25 e  $50\text{mol.m}^{-3}$ , nem quando o conteúdo de  $\text{Na}^+$  foi mantido constante em 10; 25 e  $50\text{mol.m}^{-3}$  (YEO & FLOWERS, 1985). Os autores concluíram que dentre as adaptações desenvolvidas pelas raízes das plantas de arroz, ao ambiente aquático, mudanças na estrutura ou na composição da membrana celular deve ter ocorrido, tornando-a menos capaz de interagir com cátions divalentes. Por outro lado, quando outros cultivares de arroz foram submetidos ao meio com potencial hídrico  $-0,4\text{MPa}$ , observou-se que a absorção de  $\text{Ca}^{++}$  foi inibida pelo elevado conteúdo de  $\text{Na}^+$  do meio provocando, inclusive, severos sintomas de deficiência de cálcio na lâmina foliar, sendo este efeito contornado pela redução da relação  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$  do meio (GRIEVE & FUJIYAMA, 1987). Vale salientar que os efeitos benéficos são realmente proporcionados pelo  $\text{Ca}^{++}$  e não pelo íon acompanhante, o que pode ser comprovado, analisando-se os trabalhos em que a fonte de cálcio utilizada foi  $\text{CaCl}_2$  (DAVIS et alii, 1974) ou  $\text{CaSO}_4$  (WIENECKE & LAUHLI, 1980). Entretanto, ISLAM et alii (1987) demonstraram que, para que a produção máxima de diversas espécies fosse atingida, a exigência de cálcio foi maior com  $\text{CaSO}_4$  do que com  $\text{CaCl}_2$ , podendo este fato ser explicado com base na maior solubilidade

do  $\text{CaCl}_2$ .

Na ausência de sal, a adição de cálcio ao substrato de germinação de sementes é fundamental para o bom desenvolvimento das plântulas pois, neste estágio, o fornecimento do cálcio ocorre via floema, onde o nutriente é notoriamente imóvel (EPSTEIN, 1975). Em condições de salinidade, entretanto, a pré-embebição da sementes de trigo, em soluções contendo cálcio estimulou mais a germinação do que, quando o elemento foi aplicado ao meio (CHAUDHURI & WIEBE, 1968). KENT & LAÜCHLÍ (1985) observaram que, apesar da dose suplementar de  $10\text{mol.m}^{-3}$  de  $\text{Ca}^{++}$  ao meio não ter sobrepujado os efeitos adversos de  $200\text{mol.m}^{-3}$  de  $\text{NaCl}$  sobre a germinação de sementes de arroz, a redução no crescimento radicular provocada pelo excesso de  $\text{NaCl}$  foi parcialmente revertida.

Os dados existentes na literatura demonstram que, em condições de salinidade, a nutrição das plantas é alterada, o que contribui para a redução do crescimento e, consequentemente, da produção das culturas. Tendo em vista os efeitos benéficos do cálcio em vários processos bioquímicos e fisiológicos, doses adicionais do referido nutriente serão testadas com o objetivo de amenizar os efeitos deletérios da salinidade na germinação, vigor e crescimento de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.). Serão estudados, ainda, os efeitos do cálcio nos teores de constituintes minerais, nas plantas cultivadas sob condições de salinidade.

## 2 - MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho constou de dois experimentos, os quais foram conduzidos em laboratório e em casa de vegetação. No primeiro foi testado o efeito da pré-embebição de sementes em solução de  $\text{CaCl}_2$  e de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  como meio de minorar os efeitos deletérios da salinidade na germinação e vigor de arroz (*Oryza sativa* L.), enquanto no segundo foi observado o efeito de doses crescentes de cálcio em plantas desta espécie, cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de  $\text{NaCl}$ .

No primeiro ensaio, sementes recém-colhidas do cultivar BR-IRGA-410, provenientes de Limoeiro do Norte-CE, foram selecionadas com base no tamanho (sementes retidas na peneira de 1/13 polegada x 1/2 polegada) e peso (sementes que não flutuaram ao se utilizar o soprador modelo South Dakota com abertura de 90° durante 5min). As sementes foram submetidas aos seguintes pré-tratamentos: sem pré-embebição (controle), pré-embebição em água destilada, pré-embebição em solução de  $\text{CaCl}_2$  a 68mM e a 136mM, pré-embebição em solução de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  a 42,3mM e a 84,7mM. Para a pré-embebição, elas foram colocadas em placa de Petri (10cm de diâmetro), contendo papel de filtro umedecido com 40ml de água destilada ou com o mesmo volume de solução de  $\text{CaCl}_2$  ou  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  nas

concentrações anteriormente referidas. As placas contendo as sementes foram colocadas na obscuridade, à temperatura ambiente (28-30°C), durante 24 horas.

Após submetidas aos pré-tratamentos, 100 ou 25 sementes foram semeadas entre duas folhas de papel de filtro de 28cm x 38cm (Germipel, Pelfort Comércio e Indústria de Papéis Ltda, RS), tendo estas sido previamente esterilizadas em autoclave a 120°C por 20min e umedecidas com água destilada ou soluções de NaCl a 75 e 150mM. Quatro conjuntos de folhas de papel de filtro foram então enroladas e dispostos verticalmente dentro de depósitos plásticos, contendo 200ml da solução utilizada para umedecer o papel. Deste modo, cada depósito continha 4 repetições de 100 ou 25 sementes, as quais foram usadas para avaliar germinação e vigor, respectivamente. Estes depósitos foram colocados em cubas de vidro de 24cm x 24cm x 42cm. Os experimentos foram conduzidos à temperatura ambiente (28-30°C), na obscuridade e com umidade relativa permanecendo próximo a 100%.

Decorridos 8 dias da semeadura, a germinação e o vigor da semente foram avaliados de acordo com as Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 1976). Durante a avaliação o material foi classificado em plântulas normais, anormais e sementes não germinadas, sendo consideradas germinadas apenas as sementes que deram origem a plântulas normais. O vigor foi avaliado através da medida do comprimento da radícula, parte aérea e do comprimento total

das plântulas.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 18 tratamentos e 4 repetições, o qual recebeu um arranjo fatorial do tipo  $3 \times 6$  (três níveis de NaCl e seis pré-tratamentos). Este modelo permite que sejam tiradas inferências sobre os efeitos principais, concentrações salinas e pré-tratamentos, e a interação concentrações salinas  $\times$  pré-tratamentos. As comparações "a posteriori" tiveram como base o teste de Tukey ao nível de significância de 0,05.

No segundo ensaio, a linhagem de arroz CNA 810129, proveniente do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP) - EMBRAPA, Goiânia-GO, Brasil, foi usada como planta indicadora por ter se apresentado moderadamente tolerante a NaCl 150mM em experimento previamente conduzido por BEZERRA, 1986 (comunicação pessoal).

A germinação de sementes foi feita em papel de filtro de 28cm  $\times$  38cm (Germipel, Pelforte Comércio e Indústria de Papéis, Ltda, RS) umedecido com água destilada, em germinador com temperatura de 25°C, umidade relativa de 100% e na ausência de luz. Três dias após a semeadura, quando a radícula havia atingido mais ou menos 3cm, as plântulas foram transferidas para recipientes plásticos contendo 8 litros de solução nutritiva de Hoagland modificada (BEZERRA, 1985), com a metade da concentração da solução normal (TABELA 1). No 10º dia após a semeadura foi

feito o transplântio das plantas mais vigorosas para bacias de plástico de 21 litros, contendo solução nutritiva com concentração normal. Cada bacia foi dividida em quatro seções e em cada seção foram colocadas 8 plantas. Considerou-se uma seção contendo 8 plantas como sendo uma repetição. Quando as plantas completaram 30 dias, foram adicionadas as doses extras de cálcio e o NaCl à solução nutritiva. O cálcio foi aplicado de uma única vez, enquanto o NaCl foi fracionado em doses diárias de 25mM, até que as concentrações de 75 e 150mM fossem atingidas. A renovação da solução nutritiva foi feita com intervalo de 10 dias antes de iniciar os tratamentos, ou seja, do 10º ao 30º dia a partir da semeadura, e com intervalo de 7 dias, depois da adição de NaCl e cálcio ao meio de cultivo, resultando num total de 7 mudanças de solução durante todo o experimento.

Os tratamentos constaram de duas concentrações de NaCl (75 e 150mM), quatro concentrações de cálcio na forma de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  (0; 30; 60 e 90% da concentração normal de cálcio da solução nutritiva, que é 2,0mM) e uma testemunha sem NaCl de acordo com o seguinte arranjo:

$\text{Na}_0\text{Ca}_0$	(TESTEMUNHA) 0mM de NaCl + 2,0mM de $\text{Ca}^{++}$
$\text{Na}_1\text{Ca}_0$	75mM de NaCl + 2,0mM de $\text{Ca}^{++}$
$\text{Na}_1\text{Ca}_1$	75mM de NaCl + 2,6mM de $\text{Ca}^{++}$
$\text{Na}_1\text{Ca}_2$	75mM de NaCl + 3,2mM de $\text{Ca}^{++}$
$\text{Na}_1\text{Ca}_3$	75mM de NaCl + 3,8mM de $\text{Ca}^{++}$
$\text{Na}_2\text{Ca}_0$	150mM de NaCl + 2,0mM de $\text{Ca}^{++}$
$\text{Na}_2\text{Ca}_1$	150mM de NaCl + 2,6mM de $\text{Ca}^{++}$
$\text{Na}_2\text{Ca}_2$	150mM de NaCl + 3,2mM de $\text{Ca}^{++}$
$\text{Na}_2\text{Ca}_3$	150mM de NaCl + 3,8mM de $\text{Ca}^{++}$

Os valores de pH da solução nutritiva variaram entre 6,3 e 6,5 e os de condutividade elétrica variaram da seguinte maneira: 0,7dS.m<sup>-1</sup> na testemunha; 7,82 a 8,06dS.m<sup>-1</sup> no nível de NaCl 75mM e 14,02 a 14,46dS.m<sup>-1</sup> no nível de NaCl 150mM.

Embora as condições ambientais da casa de vegetação não tenham sido avaliadas no decorrer do presente trabalho, estas foram medidas por ALBUQUERQUE (1982) em experimento conduzido no mesmo local e nesta mesma época do ano. Segundo este autor, a intensidade luminosa média entre 8:00 e 16:00 horas foi de 60.000lux; a temperatura máxima foi de 38°C, a mínima de 22°C e a média de 29,7°C ; a umidade relativa máxima foi de 98%, a mínima de 22% e a média de 57,7%.

Decorridos 73 dias a partir da sementeira, após as plantas terem permanecido por 5 semanas nas concentrações salinas estipuladas, elas foram colhidas. Antes da colheita, a solução nutritiva foi substituída por água destilada durante meia hora, visando a liberação do excesso de íons do apoplasto radicular. As raízes e as partes aéreas foram, então, coletadas separadamente e postas para secar em estufa com circulação de ar forçada a 70°C durante três dias. Após a secagem, foi determinada a produtividade biológica (peso seco) da planta, da raiz e da parte aérea e, em seguida, as amostras foram moídas em micro-moinho tipo Wylle com malha nº 40. Preparou-se, então, o extrato nitroperclórico, do qual foram retiradas alíquotas para a determinação de Na<sup>+</sup> e

TABELA 1: Composição da solução nutritiva de Hoagland modificada (BEZERRA, 1985) com concentração normal.

NUTRIENTES	CONCENTRAÇÃO	SAIS
	(mM)	
Ca	2,0	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
N	4,0	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
P	0,05	$\text{KH}_2\text{PO}_4$
K	1,6	$\text{K}_2\text{SO}_4$ , $\text{KH}_2\text{PO}_4$
Mg	0,65	$\text{MgSO}_4$
Mn	0,01	$\text{MnSO}_4$
Zn	$5 \times 10^{-4}$	$\text{ZnSO}_4$
S	1,41	*
Fe	0,5	Fe-EDTA
B	0,1	$\text{H}_3\text{BO}_3$
Mo	$5 \times 10^{-4}$	$(\text{NH}_4)_2\text{Mo}_7\text{O}_{24}$

\* S aplicado como  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{MnSO}_4$  e  $\text{ZnSO}_4$

K<sup>+</sup> por fotometria de chama, segundo CHAPMAN & PRATT (1961), P total por fotocolorimetria pelo método do vanadato-molibdato de CHAPMAN & PRATT (1961) e Ca e Mg por absorção atômica, de acordo com ALLAN (1969). Para a análise do N total foi utilizado o método micro-Kjeldahl, modificado por LOTT et alii (1956) e para cloretos a titulação com Ag (NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, segundo PLA (1970).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 9 tratamentos e 4 repetições. O delineamento recebeu um arranjo fatorial do tipo 2 x 4 (dois níveis de NaCl e quatro de cálcio) com um tratamento adicional (testemunha). Este modelo permite que sejam tiradas inferências sobre os efeitos principais, sódio e cálcio, a interação sódio x cálcio e a comparação testemunha x demais tratamentos. As comparações "a posteriori" tiveram como base o teste de Tukey, ao nível de significância de 0,05. A concentração total de cada elemento na planta em meq.g peso seco<sup>-1</sup>, foi obtida através da fórmula:

$$\frac{(PR \times CR) + (PA \times CA)}{PR + PA} \quad \text{onde,}$$

PR é o peso seco da raiz em g

CR é a concentração do elemento na raiz em meq.g<sup>-1</sup>

PA é o peso seco da parte aérea em g

CA é a concentração do elemento na parte aérea em meq.g<sup>-1</sup>

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância da percentagem de plântulas normais (TABELA 2) indicou que a germinação de sementes foi afetada pelas concentrações salinas e pelos pré-tratamentos. Também houve interação entre pré-tratamentos e concentrações salinas, sugerindo que a percentagem de plântulas normais apresentou um comportamento diferente em cada um dos níveis de NaCl e em cada pré-tratamento. A percentagem de germinação das sementes não tratadas não sofreu nenhuma alteração com o incremento do conteúdo de NaCl do meio de 0 a 150mM (TABELA 3). Dentre os pré-tratamentos de pré-embebição, somente foi observada redução na percentagem de germinação com o incremento da salinidade do meio, quando as sementes foram embebidas em solução de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  84,7mM. Nos demais tratamentos de pré-embebição, não houve efeito das concentrações salinas utilizadas. Provavelmente, estas concentrações foram baixas para este cultivar de arroz pois, como se sabe, a tolerância à salinidade varia com a espécie (BHUMBLA et alii, 1968), com o cultivar (PEARSON et alii, 1966; MAAS & HOFFMAN, 1983) e até com o vigor da semente (PARMAR & MOORE, 1968). Com relação ao efeito dos pré-tratamentos, tanto no meio normal (NaCl 0mM), como no meio contendo NaCl 75mM, não houve di-

TABELA 2: Análise de variância da percentagem de plântulas normais de arroz (*Oryza sativa* L.), submetidas a diferentes pré-tratamentos e semeadas em água destilada e soluções de NaCl 75 e 150mM.

CAUSAS DE VARIACÃO	GL	PLÂNTULAS NORMAIS	
		QM	F
Concentração salina	02	0,008	3,19*
Pré-tratamentos	05	0,018	6,93**
Pré-trat. X Conc. Salina	10	0,006	2,37*
Resíduo	54	0,003	
CV (%)			4,09

\* Valor de F significativo a 5%

\*\* Valor de F significativo a 1%

TABELA 3: Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (concentração salina e pré-tratamentos) e as combinações de tratamentos, da percentagem de plântulas normais provenientes de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) submetidas a diferentes pré-tratamentos e semeadas em água destilada e soluções de NaCl 75 e 150mM.

PRÉ-TRATAMENTOS	CONCENTRAÇÃO SALINA			MÉDIAS
	0mM	75mM	150mM	
Sementes não tratadas (Controle)	92,75aA	87,75a A	90,00a A	90,17
Sem. Emb. em Água Destilada	88,00aA	92,00a A	89,00a A	89,67
Sem. Emb. em Sol. CaCl <sub>2</sub> 68mM	89,00aA	90,75a A	88,25a AB	89,33
Sem. Emb. em Sol. CaCl <sub>2</sub> 136mM	81,25aA	87,50a A	82,00a B	83,58
Sem. Emb. em Sol. Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 42,3mM	92,00aA	90,00a A	89,50a A	90,50
Sem. Emb. em Sol. Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 84,7mM	92,25aA	88,25abA	84,75 bAB	88,42
MÉDIAS	89,21	89,38	87,25	

- Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto à concentração salina, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

- Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto aos pré-tratamentos, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

mentos empregados. No entanto, na presença de NaCl 150mM, a percentagem de plântulas normais provenientes de sementes embebidas em solução de  $\text{CaCl}_2$  136mM foi significativamente reduzida em relação à daquelas provenientes de sementes não tratadas. Os demais pré-tratamentos não diferiram do controle nem entre si. Como as concentrações salinas utilizadas praticamente não afetaram o processo germinativo, e como os pré-tratamentos praticamente não provocaram nenhuma alteração na percentagem de plântulas normais em meio não salino, não foi possível notar muita expressividade dos pré-tratamentos em meio salinizado. Aparentemente, a concentração de 136mM para a solução de  $\text{CaCl}_2$  foi muito elevada, pois nos três níveis de NaCl, os menores valores de percentagem de plântulas normais ocorreram com este pré-tratamento. Por outro lado, CHAUDHURI & WIEBE (1968) observaram que o pré-tratamento de sementes de trigo com solução de  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  com concentração variando de 1 a 5% (68 a 340mM) foi benéfico para a germinação de sementes em meio com NaCl 2% (341,9mM).

O vigor da semente sofreu maiores modificações. Pela análise de variância (TABELA 4), observou-se que o comprimento da radícula, o da parte aérea e o comprimento total foram afetados pelas concentrações salinas e pelos pré-tratamentos. Como não houve interação entre concentrações salinas e pré-tratamentos, cada um destes parâmetros mostrou um mesmo comportamento em cada nível de NaCl e em cada pré-tratamento. Neste caso, o teste de Tukey foi aplicado apenas às

médias das concentrações salinas e dos pré-tratamentos. Assim, o aumento do conteúdo de NaCl do meio provocou uma redução gradativa e estatisticamente significativa nas médias dos comprimentos da radícula, da parte aérea e total (TABELAS 5,6 e 7). Alterações no comprimento das plântulas cultivadas em substrato salino foram observadas tanto em arroz como em outras espécies vegetais (BARI et alii, 1973; DURRANT et alii, 1974) e ocorreram em consequência de modificações na fisiologia e bioquímica das plântulas, durante sua fase de estabelecimento (PRISCO, 1987). Este autor estudou detalhadamente essas alterações em plantas de feijão de corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e concluiu que os sais inibem a mobilização de reservas dos cotilédones para o eixo embrionário, através do retardamento na ativação e/ou síntese "de novo" de enzimas hidrolíticas, ou através da inibição da translocação dos produtos de hidrólise do órgão de reserva para o eixo embrionário, retardando ou inibindo o crescimento das plantas. Provavelmente, as alterações encontradas nas variáveis medidas nas plântulas de arroz do presente experimento deveram-se a estes mesmos efeitos.

Avaliando-se o efeito dos pré-tratamentos, verificou-se que as pré-embebições em solução de  $\text{CaCl}_2$  68mM e 136mM provocaram reduções estatisticamente significativas na média do comprimento radicular em relação à das plântulas provenientes de sementes não tratadas (TABELA 5). Os demais pré-tratamentos não diferiram do controle (sementes não tra-

TABELA 4: Análise de variância do comprimento da radícula, da parte aérea e do comprimento total de plântulas de arroz (*Oryza sativa* L.) provenientes de sementes submetidas a diferentes pré-tratamentos semeadas em meio normal e em meio salino.

CAUSAS DE VARIACÃO	GL	COMPR. DA RADÍCULA		COMPR. DA PARTE AÉREA		COMPR. TOTAL	
		QM	F	QM	F	QM	F
Concentração salina	02	295,49	186,34**	90,96	202,81**	714,34	222,24**
Pré-tratamentos	05	11,93	7,52**	11,69	26,05**	34,36	10,69**
Pré-trat. X Conc. Salina	10	2,31	1,46ns	0,70	1,55ns	4,10	1,27ns
Resíduo	54	1,59		0,45		3,21	
CV (%)		8,51		10,25		8,40	

ns Valor de F não significativo

\*\* Valor de F significativo a 1%

TABELA 5: Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (concentração salina e pré-tratamentos) e as combinações de tratamentos, do comprimento radicular (cm) de plântulas de arroz (*Oryza sativa* L.) provenientes de sementes submetidas a diferentes pré-tratamentos e semeadas em meio normal e em meio salino (média de 25 plântulas).

PRÉ-TRATAMENTOS	CONCENTRAÇÃO SALINA			MÉDIAS
	0mM	75mM	150mM	
Sementes não tratadas (Controle)	17,63	17,12	11,55	15,43AB
Sem. Emb. em Água Destilada	19,05	17,40	11,50	15,98A
Sem. Emb. em Sol. CaCl <sub>2</sub> 68mM	16,33	14,38	10,33	13,68 C
Sem. Emb. em Sol. CaCl <sub>2</sub> 136mM	17,45	14,55	9,33	13,78 C
Sem. Emb. em Sol. Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 42,3mM	17,97	15,10	9,90	14,33 BC
Sem. Emb. em Sol. Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 84,7mM	17,48	16,63	12,68	15,60AB
MÉDIAS	17,65a	16,63b	10,88c	

- Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto à concentração salina, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

- Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto aos pré-tratamentos, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

TABELA 6: Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (concentração salina e pré-tratamentos) e as combinações de tratamentos, do comprimento da parte aérea (cm) de plântulas de arroz (*Oryza sativa* L.) provenientes de sementes submetidas a diferentes pré-tratamentos e semeadas em meio normal e em meio salino (média de 25 plântulas).

PRÉ-TRATAMENTOS	CONCENTRAÇÃO SALINA			MÉDIAS
	0mM	75mM	150mM	
Sementes não tratadas (Controle)	6,75	6,00	3,88	5,54 C
Sem. Emb. em Água Destilada	8,50	6,98	4,90	6,79 B
Sem. Emb. em Sol. CaCl <sub>2</sub> 68mM	7,55	6,53	3,60	5,89 C
Sem. Emb. em Sol. CaCl <sub>2</sub> 136mM	8,02	6,50	3,25	5,92 C
Sem. Emb. em Sol. Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 42,3mM	8,53	7,75	4,23	6,84 B
Sem. Emb. em Sol. Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 84,7mM	9,48	8,90	6,38	8,25A
MÉDIAS	8,14a	7,11b	4,37c	

- Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto à concentração salina, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

- Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto aos pré-tratamentos, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

TABELA 7: Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (concentração salina e pré-tratamentos) e as combinações de tratamentos, do comprimento total (cm) de plântulas de arroz (*Oryza sativa* L.) provenientes de sementes submetidas a diferentes pré-tratamentos e semeadas em meio normal e em meio salino (média de 25 plântulas).

PRÉ-TRATAMENTOS	CONCENTRAÇÃO SALINA			MÉDIAS
	0mM	75mM	150mM	
Sementes não tratadas (Controle)	24,37	23,13	15,42	20,97 BC
Sem. Emb. em Água Destilada	27,55	24,38	15,40	22,44AB
Sem. Emb. em Sol. CaCl <sub>2</sub> 60mM	23,87	20,90	13,93	19,57 C
Sem. Emb. em Sol. CaCl <sub>2</sub> 136mM	25,47	21,05	12,98	19,83 C
Sem. Emb. em Sol. Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 42,3mM	26,50	22,85	14,13	21,16 BC
Sem. Emb. em Sol. Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 84,7mM	26,85	25,53	19,05	23,81A
MÉDIAS	25,77a	22,97b	15,15c	

- Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto à concentração salina, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

-Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto aos pré-tratamentos, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

tadas), embora tenha havido diferença estatística entre a pré-embebição em água destilada e em solução de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  42,3mM, com a primeira produzindo melhores resultados que a segunda. As plântulas provenientes de sementes embebidas em solução de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  84,7mM apresentaram os maiores comprimentos médios da parte aérea, diferindo estatisticamente de todos os outros pré-tratamentos e superando os efeitos adversos dos sais em meio com NaCl 75 e 150mM com valores equivalentes àqueles apresentados pela parte aérea das plântulas provenientes de sementes não tratadas e postas para germinar em água destilada (TABELA 6). O controle e as pré-embebições em  $\text{CaCl}_2$  68mM e 136mM produziram as menores médias de comprimento das partes aéreas, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. As plântulas com os maiores comprimentos médios foram obtidas com a pré-embebição das sementes em solução de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  84,7mM e em água destilada (TABELA 7). Entretanto, apenas a pré-embebição em solução de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  84,7mM diferiu estatisticamente do controle. Não houve diferença significativa entre o comprimento médio das plântulas oriundas de sementes não tratadas e o das plântulas provenientes de sementes embebidas em água destilada e em solução de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  42,3mM. As pré-embebições em  $\text{CaCl}_2$  68mM e 136mM foram os tratamentos mais prejudiciais. De um modo geral, os pré-tratamentos com as soluções de  $\text{CaCl}_2$  68mM e 136mM reduziram sensivelmente o crescimento da radícula, da parte aérea e, em consequência, o da plântula. É prová-

vel que o elevado teor de  $\text{Cl}^-$  seja o responsável por esta inibição, pois este elemento, como micronutriente, é requerido pelas plantas em pequenas concentrações. A pré-embebição das sementes em solução de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  84,7mM, por outro lado, foi altamente benéfica para o crescimento da parte aérea. Este benefício também foi transmitido para o comprimento total da plântula, apesar do comprimento da radícula não ter sido alterado por este pré-tratamento. O comprimento da parte aérea foi mais reduzido pelo NaCl do que o da radícula, sugerindo-se com isso que o cálcio deve ter aumentado a concorrência iônica, reduzindo, assim, a absorção de  $\text{Na}^+$  e, conseqüentemente, alguns de seus efeitos adversos. KENT & LAUCLLI (1985) conseguiram contornar parcialmente os efeitos deletérios de  $200\text{mol.m}^{-3}$  de NaCl sobre o crescimento da radícula de plântulas de algodão adicionando  $10\text{mol.m}^{-3}$  de  $\text{CaSO}_4$  ou de  $\text{CaCl}_2$  ao meio de germinação. Através da análise mineral das plântulas, os autores concluíram que o benefício da alta concentração de cálcio pode ser devido à manutenção da seletividade K/Na e o conteúdo adequado de  $\text{Ca}^{++}$  na raiz. Como o nível dos elementos minerais pode ter sido alterado pela salinidade ou pela pré-embebição nas soluções de  $\text{CaCl}_2$  ou  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , a análise mineral da radícula e parte aérea das plântulas de arroz do presente experimento ajudaria a esclarecer os resultados no que diz respeito ao efeito dos teores de NaCl e no tocante aos pré-tratamentos empregados.

A conseqüência final da ação adversa dos íons sali-

nos sobre os diferentes processos metabólicos das plantas é a redução do crescimento, desenvolvimento e produção das glicófitas de um modo geral. Os resultados das análises de variância e das médias da produção de matéria seca da raiz, parte aérea e da matéria seca total (raiz + parte aérea) das plantas cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de NaCl e cálcio (TABELAS 8 e 9) são uma prova disto. Nos três casos (peso seco da raiz, parte aérea e total), houve diferença entre a testemunha e os demais tratamentos, sendo o peso seco da testemunha superior ao dos demais tratamentos (TABELA 9). Desmembrando-se os contrastes na TABELA 8, já que houve diferença entre tratamentos, foram encontradas diferenças significativas apenas entre os níveis de NaCl. Como não houve interação NaCl x cálcio, o teste de Tukey foi aplicado às médias dos parâmetros estudados nos dois níveis de NaCl e nos quatro níveis de cálcio. A produção de matéria seca da raiz, parte aérea e total foi maior nas plantas cultivadas em meio contendo NaCl 75mM do que nas cultivadas em meio com NaCl 150mM (TABELAS 10, 11 e 12). De acordo com PEARSON & BERNSTEIN (1959), o nível máximo de salinidade no estágio de perfilhamento inicial do arroz, período em que foram adicionados os teores de NaCl 75 e 150mM ao meio de cultivo no nosso experimento, não deve ultrapassar a  $4\text{mmho.cm}^{-1}$ , para que produções razoáveis sejam obtidas. Mas, na classificação de FAGERIA (1985), baseada na percentagem de redução da matéria seca produzida, a linhagem usada

TABELA 8: Análise de variância da produção de matéria seca da raiz, parte aérea e total de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ .

CAUSAS DE VARIACÃO	GL	MATÉRIA SECA				TOTAL	
		RAIZ		PARTE	AÉREA		
		QM	F	QM	F	QM	F
Tratamentos	08	11,95	24,48**	268,24	19,18**	392,59	21,15**
NaCl	01	18,91	38,75**	443,65	31,73**	645,72	34,79**
Cálcio	03	0,08	0,16ns	6,07	0,43ns	6,80	0,37ns
NaCl x Cálcio	03	0,42	0,86ns	12,18	0,87ns	16,00	0,86ns
Testemunha x Demais Trat.	01	75,17	154,05**	1647,52	117,79**	2426,55	130,73**
Resíduo	27	0,49		13,98		18,56	
CV (%)			19,96		16,51		16,47

ns Valor de F não significativo

\* Valor de F significativo a 5%

\*\* Valor de F significativo a 1%

TABELA 9: Comparações de médias, entre a testemunha e os demais tratamentos, da produção de matéria seca da raiz, parte aérea e total de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

TRATAMENTOS			MATÉRIA SECA		
[NaCl]	[Ca]	SIMBOLOGIA	RAIZ	PARTÊ AÉREA	TOTAL
mM			g		
0	2,0	TESTEMUNHA	7,59a	41,79a	49,37a
75	2,0	$\text{Na}_1\text{Ca}_0$	4,08 b	26,09 b	30,17 b
75	2,6	$\text{Na}_1\text{Ca}_1$	3,71 b	23,53 b	27,24 b
75	3,2	$\text{Na}_1\text{Ca}_2$	3,35 b	22,31 b	25,66 b
75	3,8	$\text{Na}_1\text{Ca}_3$	3,91 b	24,01 b	27,91 b
150	2,0	$\text{Na}_2\text{Ca}_0$	1,99 b	15,77 b	17,75 b
150	2,6	$\text{Na}_2\text{Ca}_1$	2,33 b	14,93 b	17,25 b
150	3,2	$\text{Na}_2\text{Ca}_2$	2,35 b	17,39 b	19,74 b
150	3,8	$\text{Na}_2\text{Ca}_3$	2,24 b	18,06 b	20,30 b

- Médias seguidas da mesma letra da média da testemunha não diferem desta, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

TABELA 10: Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, da produção de matéria seca das raízes de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

NÍVEIS DE CALCÍO	NÍVEIS DE NaCl		MÉDIAS
	75mM	150mM	
Ca <sub>0</sub> (2,0mM)	4,08	1,99	3,04A
Ca <sub>1</sub> (2,6mM)	3,71	2,33	3,02A
Ca <sub>2</sub> (3,2mM)	3,35	2,35	2,85A
Ca <sub>3</sub> (3,8mM)	3,91	2,24	3,08A
MÉDIAS	3,76a	2,23b	

- Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto à concentração de NaCl, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

- Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto à concentração de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

TABELA 11: Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, da produção de matéria seca das partes aéreas de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

NÍVEIS DE CALCÍO	NÍVEIS DE NaCl		MÉDIAS
	75mM	150mM	
Ca <sub>0</sub> (2,0mM)	26,09	15,77	20,93A
Ca <sub>1</sub> (2,5mM)	23,53	14,93	19,23A
Ca <sub>2</sub> (3,2mM)	22,31	17,93	20,12A
Ca <sub>3</sub> (3,8mM)	24,01	18,06	21,04A
MÉDIAS	23,99a	16,67b	

- Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto à concentração de NaCl, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

- Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto à concentração de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

TABELA 12: Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, da produção de matéria seca total de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

NÍVEIS DE CALCÍO	NÍVEIS DE NaCl		MÉDIAS
	75mM	150mM	
Ca <sub>0</sub> (2,0mM)	30,17	17,75	23,96A
Ca <sub>1</sub> (2,6mM)	27,24	17,25	22,25A
Ca <sub>2</sub> (3,2mM)	25,66	19,74	22,70A
Ca <sub>3</sub> (3,8mM)	27,91	20,30	24,11A
MÉDIAS	27,75a	18,76b	

- Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto à concentração de NaCl, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

- Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto à concentração de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

no nosso trabalho foi considerado moderadamente tolerante ao nível de NaCl 75mM e moderadamente sensível ao nível de NaCl 150mM. Embora aumentos no peso fresco com o incremento do conteúdo de cálcio tenham sido observados em plantas de feijão e soja cultivadas em meio salinizado com NaCl 50mM (WIE-NECKE & LAUCHLI, 1979; IMAMUL HUQ & LARHER, 1984), o mesmo não ocorreu com o peso seco das plantas de arroz do nosso experimento. Ou a linhagem empregada responde pouco ao cálcio, como ocorreu com o cultivar utilizado no ensaio de YEO & FLOWERS (1985), ou as doses extra de cálcio foram muito baixas, não reduzindo a relação  $Na^+ / Ca^{++}$  o suficiente para que os efeitos benéficos do cálcio pudessem ser observados.

Na TABELA 13, encontram-se os resultados das análises de variância dos teores de constituintes minerais da raiz. Observa-se que houve diferença significativa entre a testemunha e os demais tratamentos nas concentrações de Na, K, Cl e P. Os conteúdos de Na e Cl na testemunha foram menores do que os dos demais tratamentos (TABELA 14). O teor de K da testemunha não diferiu do daquele do tratamento  $Na_1Ca_0$ , mas foi maior do que os dos demais tratamentos. O conteúdo de P da testemunha e dos tratamentos  $Na_1Ca_0$ ,  $Na_1Ca_1$ ,  $Na_1Ca_{27}$  e  $Na_1Ca_{33}$  não diferiram entre si, mas foram inferiores aos dos demais tratamentos. Ainda na TABELA 13, verifica-se que houve diferença entre os tratamentos nas concentrações de Na, K, Cl, N e P, enquanto nas de Ca e Mg o valor de F foi não significativo. Analisando-se o desmembramento dos con-

TABELA 13: Análise de variância dos teores de constituintes minerais de raízes de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

CAUSAS DE VARIACÃO	GL	Na		K		Ca		Cl		Mg		N		P	
		QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F
Tratamentos	00	0,81	50,17**	0,0968	136,47**	0,005	2,17ns	0,434	161,54**	0,0036	1,16ns	0,0323	4,14**	0,00340	38,66**
NaCl	01	1,10	67,65**	0,2070	295,71**	0,003	1,34ns	0,696	230,79**	0,0149	4,71*	0,0003	0,04ns	0,02204	259,55**
Cálcio	03	0,08	4,69**	0,0530	82,66**	0,007	3,38*	0,023	7,70**	0,0026	0,82ns	0,0142	1,82ns	0,00022	2,53ns
NaCl x Cálcio	03	0,02	0,99ns	0,0660	94,29**	0,002	0,97ns	0,037	12,12**	0,0019	0,61ns	0,0672	0,62**	0,00049	5,56**
Testemunha x Demais Trat.	01	5,11	315,68**	0,1967	281,00**	0,006	2,97ns	2,600	962,96**	0,0009	0,28ns	0,0139	1,78ns	0,00180	24,45**
Resíduo	27	0,02		0,0007		0,002		0,003		0,0032		0,0078		0,00009	
CV (%)			11,54		11,50		32,09		6,42		31,73		5,42		10,56

ns Valor de F não significativo

\* Valor de F significativo a 5%

\*\* Valor de F significativo a 1%

TABELA 14: Comparações de médias, entre a testemunha e os demais tratamentos, dos teores de constituintes minerais de raízes de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

TRATAMENTOS			Na	K	Ca	Cl	Mg	N	P
[NaCl]	[Ca]	SIMBOLOGIA							
mM		meq/g de matéria seca							
0	2,0	TESTEMUNHA	0,04 b	0,47a	0,18a	0,05 b	0,19a	1,69a	0,068 b
75	2,0	$\text{Na}_1\text{Ca}_0$	1,14a	0,58a	0,16a	0,69a	0,24a	1,61a	0,074 b
75	2,6	$\text{Na}_1\text{Ca}_1$	0,94a	0,24 b	0,09a	0,78a	0,18a	1,69a	0,068 b
75	3,2	$\text{Na}_1\text{Ca}_2$	1,01a	0,23 b	0,16a	0,75a	0,21a	1,66a	0,059 b
75	3,8	$\text{Na}_1\text{Ca}_3$	1,12a	0,21 b	0,18a	0,82a	0,17a	1,55a	0,057 b
150	2,0	$\text{Na}_2\text{Ca}_0$	1,49a	0,15 b	0,13a	1,17a	0,15a	1,56a	0,108a
150	2,6	$\text{Na}_2\text{Ca}_1$	1,40a	0,14 b	0,11a	1,05a	0,15a	1,51a	0,122a
150	3,2	$\text{Na}_2\text{Ca}_2$	1,26a	0,16 b	0,11a	0,91a	0,17a	1,62a	0,132a
150	3,8	$\text{Na}_2\text{Ca}_3$	1,54a	0,17 b	0,17a	1,09a	0,15a	1,80a	0,111a

- Médias seguidas de mesma letra são consideradas estatisticamente iguais, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

apenas do teor de Na, observa-se que houve diferença significativa entre os níveis de NaCl e de cálcio. Como não houve interação, o teste de Tukey foi aplicado às medias do níveis de NaCl e de cálcio. As raízes das plantas cultivadas em solução nutritiva com NaCl 150mM apresentaram uma maior concentração de Na do que as das plantas que cresceram em meio com NaCl 75mM (TABELA 15). Quanto às doses extras de cálcio,  $Ca_1$  e  $Ca_2$  provocaram reduções estatisticamente significativas no teor de Na das raízes em relação a  $Ca_0$ , enquanto que com  $Ca_3$ , o conteúdo de Na permaneceu igual ao das plantas cultivadas em meio com conteúdo normal de cálcio. Houve interação entre os níveis de NaCl e de cálcio nas concentrações de K, Cl, N e P (TABELA 13). O conteúdo de K das raízes foi maior quando as plantas foram cultivadas em meio contendo NaCl 75mM do que quando estas foram submetidas a NaCl 150mM (TABELA 16). Na presença de NaCl 75mM, as três doses adicionais de cálcio reduziram significativamente o teor de K, em relação a  $Ca_0$ , não havendo diferença estatística entre elas. Na presença de NaCl 150mM, não houve diferença entre as doses extra de cálcio e  $Ca_0$ . A concentração de Cl foi maior nas raízes das plantas cultivadas em solução nutritiva contendo NaCl 150mM do que na presença de NaCl 75mM (TABELA 18). As raízes das plantas cultivadas em meio com NaCl 75mM sofreram aumento do nível de Cl, em relação a  $Ca_0$ , com a adição de doses extras de cálcio, sendo que apenas  $Ca_1$  e  $Ca_2$  foram estatisticamente diferentes da concentração normal

TABELA 15: Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de sódio das raízes de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

NÍVEIS DE CALCÍO	NÍVEIS DE NaCl		MÉDIAS
	75mM	150mM	
Ca <sub>0</sub> (2,0mM)	1,14	1,49	1,32A
Ca <sub>1</sub> (2,6mM)	0,94	1,40	1,17 B
Ca <sub>2</sub> (3,2mM)	1,01	1,26	1,14 B
Ca <sub>3</sub> (3,8mM)	1,12	1,54	1,33A
MÉDIAS	1,05b	1,42a	

- Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto à concentração de NaCl, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

- Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto à concentração de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

TABELA 16: Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de potássio das raízes de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

NÍVEIS DE CÁLCIO	NÍVEIS DE NaCl		MÉDIAS
	75mM	150mM	
Ca <sub>0</sub> (2,0mM)	0,58aA	0,15bA	0,37
Ca <sub>1</sub> (2,6mM)	0,24a B	0,14bA	0,19
Ca <sub>2</sub> (3,2mM)	0,23a B	0,16bA	0,20
Ca <sub>3</sub> (3,8mM)	0,21a B	0,17bA	0,19
MÉDIAS	0,32	0,16	

- Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto à concentração de NaCl, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

- Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto à concentração de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

TABELA 17: Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de cálcio de raízes de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

NÍVEIS DE CALCIO	NÍVEIS DE NaCl		MÉDIAS
	75mM	150mM	
Ca <sub>0</sub> (2,0mM)	0,16	0,13	0,15AB
Ca <sub>1</sub> (2,6mM)	0,09	0,11	0,10 B
Ca <sub>2</sub> (3,2mM)	0,16	0,11	0,14AB
Ca <sub>3</sub> (3,8mM)	0,18	0,17	0,18A
MÉDIAS	0,15a	0,13a	

- Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto à concentração de NaCl, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

- Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto à concentração de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

TABELA 18: Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de cloreto de raízes de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

NÍVEIS DE CÁLCIO	NÍVEIS DE NaCl		MÉDIAS
	75mM	150mM	
Ca <sub>0</sub> (2,0mM)	0,69b B	1,17aA	0,93
Ca <sub>1</sub> (2,6mM)	0,78bA	1,05a B	0,92
Ca <sub>2</sub> (3,2mM)	0,75bAB	0,91a C	0,83
Ca <sub>3</sub> (3,8mM)	0,82bA	1,09a B	0,96
MÉDIAS	0,76	1,06	

- Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto à concentração de NaCl, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

- Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto à concentração de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

de cálcio (2,0mM). O inverso ocorreu no meio contendo NaCl 150mM, onde as doses extras de cálcio reduziram significativamente o teor de Cl das raízes em relação ao daquelas que receberam dose normal de cálcio, tendo  $Ca_2$  promovido a maior redução. Como não houve diferença estatisticamente significativa entre os níveis de NaCl e de cálcio na análise de variância da concentração de N (TABELA 13), não foi necessário testar a interação (TABELA 20). O conteúdo de P das raízes das plantas submetidas a NaCl 75mM foi menor do que o daquelas cultivadas em meio com NaCl 150mM (TABELA 21). As doses de cálcio, no entanto, não diferiram entre si nas duas concentrações salinas empregadas (NaCl 75 e 150mM). Apesar de não haver diferença entre tratamentos na análise de variância do conteúdo de Ca (TABELA 13), no desmembramento foi verificada diferença estatisticamente significativa entre as doses de cálcio. Apenas  $Ca_1$  e  $Ca_3$  diferiram entre si com  $Ca_3$ , induzindo o maior aumento do teor de Ca nas raízes da plantas, em relação a  $Ca_0$ , e  $Ca_1$  a maior redução (TABELA 17). Nenhuma das duas doses de cálcio ( $Ca_1$  e  $Ca_3$ ), no entanto, diferiram da dose normal de cálcio ( $Ca_0$ ). Situação semelhante ocorreu na análise de variância da concentração de Mg (TABELA 13). Não houve diferença entre tratamentos, mas houve diferença significativa entre os níveis de NaCl. O conteúdo de Mg das raízes das plantas que receberam NaCl 75mM em seu meio de cultivo foi maior do que o daquelas submetidas à presença de NaCl 150mM (TABELA 19).

TABELA 19: Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de magnésio de raízes de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

NÍVEIS DE CÁLCIO	NÍVEIS DE NaCl		MÉDIAS
	75mM	150mM	
$\text{Ca}_0$ (2,0mM)	0,24	0,15	0,20A
$\text{Ca}_1$ (2,6mM)	0,18	0,15	0,17A
$\text{Ca}_2$ (3,2mM)	0,21	0,17	0,19A
$\text{Ca}_3$ (3,8mM)	0,17	0,15	0,16A
MÉDIAS	0,20a	0,16b	

- Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto à concentração de NaCl, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

- Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto à concentração de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

TABELA 20: Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de nitrogênio de raízes de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

NÍVEIS DE CALCÍO	NÍVEIS DE NaCl		MÉDIAS
	75mM	150mM	
Ca <sub>0</sub> (2,0mM)	1,61	1,56	1,59A
Ca <sub>1</sub> (2,6mM)	1,69	1,51	1,60A
Ca <sub>2</sub> (3,2mM)	1,66	1,62	1,64A
Ca <sub>3</sub> (3,8mM)	1,55	1,80	1,68A
MÉDIAS	1,63a	1,62a	

- Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto à concentração de NaCl, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

- Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto à concentração de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

TABELA 21: Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de fósforo de raízes plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

NÍVEIS DE CÁLCIO	NÍVEIS DE NaCl		MÉDIAS
	75mM	150mM	
Ca <sub>0</sub> (2,0mM)	0,074bA	0,108aA	0,091
Ca <sub>1</sub> (2,6mM)	0,068bA	0,122aA	0,095
Ca <sub>2</sub> (3,2mM)	0,059bA	0,132aA	0,096
Ca <sub>3</sub> (3,8mM)	0,057bA	0,111aA	0,084
MÉDIAS	0,065	0,118	

- Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto à concentração de NaCl, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

- Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto à concentração de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

Na parte aérea, houve diferença entre a testemunha e os demais tratamentos nos teores de todos os constituintes minerais analisados (TABELA 22). Os conteúdos de Na e Cl foram menores na testemunha do que nos demais tratamentos, enquanto o de K foi maior (TABELA 23). A concentração de Ca da parte aérea da testemunha foi menor do que a do tratamento  $\text{Na}_{22}\text{Ca}_1$ , mas não diferiu da dos demais tratamentos. O nível de Mg da parte aérea das plantas submetidas aos tratamentos  $\text{Na}_1\text{Ca}_{22}$  e  $\text{Na}_{22}\text{Ca}_{22}$  foi significativamente maior do que o da testemunha. Esta, por sua vez, não diferiu dos demais tratamentos. Os conteúdos de N dos tratamentos  $\text{Na}_1\text{Ca}_{22}$  e  $\text{Na}_{22}\text{Ca}_{22}$  também se apresentaram superiores ao da testemunha, mas não houve diferença entre estes tratamentos e os demais, bem como entre a testemunha e os demais tratamentos. O teor de P da testemunha foi significativamente menor do que o dos tratamentos  $\text{Na}_{22}\text{Ca}_0$ ,  $\text{Na}_{22}\text{Ca}_1$ ,  $\text{Na}_{22}\text{Ca}_{22}$  e  $\text{Na}_{22}\text{Ca}_{33}$ , mas não diferiu dos demais tratamentos. Houve diferença entre tratamentos nas concentrações de Na, K, Cl, Mg, N e P, mas para a concentração de Ca, o valor de F foi não significativo (TABELA 22). Desmembrando-se os contrastes verifica-se que o conteúdo de Na só apresentou diferença entre os teores de NaCl na parte aérea das plantas cultivadas em meio com NaCl 75mM, as quais exibiram um menor teor de Na do que as cultivadas na presença de NaCl 150mM (TABELA 24). Houve interação NaCl x cálcio nos conteúdos de K, Ca, Cl e P

TABELA 22: Análise de variância dos teores de constituintes minerais da parte aérea de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

CAUSAS DE VARIACÃO	GL	Na		K		Ca		Cl		Mg		N		P	
		QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F
Tratamentos	08	4,54	14,06**	0,080	31,21**	0,004	1,72ns	4,84	48,53**	0,022	3,69**	0,056	6,92**	0,00040	6,99**
NaCl	01	24,06	74,49**	0,082	31,54**	0,010	3,76ns	19,16	191,96**	0,023	3,86ns	0,062	7,65**	0,00137	19,57**
Cálcio	03	0,20	0,61ns	0,065	25,00**	0,003	1,13ns	0,45	4,55*	0,028	4,62**	0,018	2,22ns	0,00014	2,00ns
NaCl x Cálcio	03	0,23	0,69ns	0,071	27,31**	0,008	3,26*	0,58	5,80**	0,003	0,42ns	0,011	1,36ns	0,00070	10,00**
Testemunha x Demais Trat.	01	10,97	34,00**	0,148	56,92**	0,009	3,43*	16,49	165,26**	0,063	10,54**	0,210	25,84**	0,00164	26,33**
Resíduo	27	0,32		0,003		0,003		0,10		0,006		0,008		0,00007	
CV (%)			36,02		8,95		35,09		16,28		17,74		5,34		14,30

ns Valor de F não significativo

\* Valor de F significativo a 5%

\*\* Valor de F significativo a 1%

TABELA 23: Comparações de médias, entre a testemunha e os demais tratamentos, dos teores de constituintes minerais da parte aérea de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

TRATAMENTOS			Na	K	Ca	Cl	Mg	N	P
[NaCl]	[Ca]	SIMBOLOGIA							
	mM		meq/g de matéria seca						
0	2,0	TESTEMUNHA	0,02 b	0,75a	0,24 b	0,03 b	0,32 b	1,47 b	0,051 b
75	2,0	Na <sub>1</sub> Ca <sub>0</sub>	0,93a	0,22 b	0,25 b	1,43a	0,39 b	1,60ab	0,066 b
75	2,6	Na <sub>1</sub> Ca <sub>1</sub>	0,77a	0,59 b	0,25 b	1,24a	0,41 b	1,71ab	0,068 b
75	3,2	Na <sub>1</sub> Ca <sub>2</sub>	0,92a	0,58 b	0,32 b	1,45a	0,50a	1,72a	0,065 b
75	3,8	Na <sub>1</sub> Ca <sub>3</sub>	1,00a	0,60 b	0,28 b	1,51a	0,40 b	1,73ab	0,070 b
150	2,0	Na <sub>2</sub> Ca <sub>0</sub>	2,95a	0,60 b	0,28 b	3,63a	0,40 b	1,57ab	0,075a
150	2,6	Na <sub>2</sub> Ca <sub>1</sub>	2,73a	0,61 b	0,33a	3,01a	0,50 b	1,85ab	0,090a
150	3,2	Na <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub>	2,21a	0,60 b	0,31 b	2,60a	0,56a	1,78a	0,076a
150	3,8	Na <sub>2</sub> Ca <sub>3</sub>	2,67a	0,58 b	0,32 b	2,58a	0,46 b	1,72ab	0,081a

- Médias seguidas de mesma letra são consideradas estatisticamente iguais, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

TABELA 24: Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de sódio da parte aérea de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

NÍVEIS DE CÁLCIO	NÍVEIS DE NaCl		MÉDIAS
	75mM	150mM	
Ca <sub>0</sub> (2,0mM)	0,93	2,95	1,94A
Ca <sub>1</sub> (2,6mM)	0,77	2,73	1,75A
Ca <sub>2</sub> (3,2mM)	0,92	2,21	1,57A
Ca <sub>3</sub> (3,8mM)	1,00	2,67	1,84A
MÉDIAS	0,91b	2,64a	

- Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto à concentração de NaCl, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

- Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto à concentração de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

(TABELA 22). A concentração de K na presença de  $Ca_0$  foi maior na parte aérea das plantas submetidas a NaCl 150mM do que na parte aérea daquelas que cresceram em meio com NaCl 75mM (TABELA 25). Nos demais conteúdos de cálcio não houve diferença entre os teores de K, quanto à concentração salina. Dentro do nível de NaCl 75mM, as doses adicionais de cálcio induziram um aumento significativo do teor de K em relação a  $Ca_0$ . No meio contendo NaCl 150mM, por outro lado, as doses extras de cálcio não provocaram alterações no conteúdo de K em relação ao da parte aérea das plantas que foram cultivadas em meio com nível normal de cálcio ( $Ca_0$ ). Apesar de não haver diferença entre tratamentos na análise de variância da concentração de Ca na parte aérea das plantas, foi observada interação NaCl x cálcio (TABELA 22). Mas, como não houve diferença estatisticamente significativa entre os níveis de NaCl e de cálcio, não foi necessário testar a interação (TABELA 26). O conteúdo de Cl da parte aérea das plantas foi significativamente maior no meio contendo NaCl 150mM do que no meio contendo NaCl 75mM (TABELA 27). Com relação às doses extras de cálcio, somente  $Ca_0$  provocou redução significativa no teor de Cl e apenas na presença de NaCl 150mM. Dentro do mesmo nível de cálcio houve diferença na concentração de P apenas na presença de  $Ca_1$ , sendo seu teor menor na parte aérea das plantas cultivadas em meio com NaCl 150mM (TABELA 30). Nos demais níveis de cálcio, não houve diferença nas concentrações de P quanto aos teores de NaCl

TABELA 25: Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de potássio da parte aérea de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

NÍVEIS DE CALCÍO	NÍVEIS DE NaCl		MÉDIAS
	75mM	150mM	
Ca <sub>0</sub> (2,0mM)	0,22 b B	0,60aA	0,41
Ca <sub>1</sub> (2,6mM)	0,59a A	0,61aA	0,60
Ca <sub>2</sub> (3,2mM)	0,58a A	0,60aA	0,59
Ca <sub>3</sub> (3,8mM)	0,60a A	0,58aA	0,59
MÉDIAS	0,50	0,60	

- Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto à concentração de NaCl, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

- Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto à concentração de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

TABELA 26: Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de cálcio da parte aérea de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

NÍVEIS DE CÁLCIO	NÍVEIS DE NaCl		MÉDIAS
	75mM	150mM	
Ca <sub>0</sub> (2,0mM)	0,25	0,28	0,27A
Ca <sub>1</sub> (2,6mM)	0,25	0,33	0,29A
Ca <sub>2</sub> (3,2mM)	0,32	0,31	0,32A
Ca <sub>3</sub> (3,8mM)	0,28	0,32	0,30A
MÉDIAS	0,28a	0,31a	

- Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto à concentração de NaCl, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

- Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto à concentração de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

TABELA 27: Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de cloreto da parte aérea de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

NÍVEIS DE CALCÍO	NÍVEIS DE NaCl		MÉDIAS
	75mM	150mM	
Ca <sub>0</sub> (2,0mM)	1,43bA	3,63aA	2,53
Ca <sub>1</sub> (2,6mM)	1,24bA	3,01a B	2,13
Ca <sub>2</sub> (3,2mM)	1,45bA	2,60a B	2,03
Ca <sub>3</sub> (3,8mM)	1,51bA	2,58a B	2,05
MÉDIAS	1,41	2,96	

- Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto à concentração de NaCl, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

- Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto à concentração de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

TABELA 28: Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de magnésio da parte aérea de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

NÍVEIS DE CÁLCIO	NÍVEIS DE NaCl		MÉDIAS
	75mM	150mM	
Ca <sub>0</sub> (2,0mM)	0,39	0,40	0,40 B
Ca <sub>1</sub> (2,6mM)	0,41	0,50	0,46AB
Ca <sub>2</sub> (3,2mM)	0,50	0,56	0,53A
Ca <sub>3</sub> (3,8mM)	0,40	0,46	0,43AB
MÉDIAS	0,43a	0,48a	

- Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto à concentração de NaCl, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

- Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto à concentração de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

TABELA 29: Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de nitrogênio da parte aérea de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

NÍVEIS DE CALCÍO	NÍVEIS DE NaCl		MÉDIAS
	75mM	150mM	
Ca <sub>2</sub> (2,0mM)	1,60	1,57	1,58 B
Ca <sub>4</sub> (2,6mM)	1,71	1,85	1,78A
Ca <sub>6</sub> (3,2mM)	1,72	1,78	1,75A
Ca <sub>8</sub> (3,8mM)	1,73	1,72	1,74A
MÉDIAS	1,69a	1,73a	

- Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto à concentração de NaCl, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

- Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto à concentração de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

TABELA 30: Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de fósforo da parte aérea de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

NÍVEIS DE CÁLCIO	NÍVEIS DE NaCl		MÉDIAS
	75mM	150mM	
Ca <sub>0</sub> (2,0mM)	0,066a A	0,075aA	0,071
Ca <sub>1</sub> (2,6mM)	0,068 bA	0,090aA	0,079
Ca <sub>2</sub> (3,2mM)	0,065a A	0,076aA	0,071
Ca <sub>3</sub> (3,8mM)	0,070a A	0,081aA	0,076
MÉDIAS	0,067	0,081	

- Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto à concentração de NaCl, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

- Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto à concentração de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

empregados. Também não houve diferença entre as doses adicionais de cálcio e  $Ca_0$  em nenhum dos níveis de NaCl empregados. Os conteúdos de Mg e N só apresentaram diferença estatisticamente significativa quanto às doses de cálcio (TABELA 22). Tanto na presença de NaCl 75mM como NaCl 150mM,  $Ca_{22}$  diferiu estatisticamente de  $Ca_0$ , provocando um aumento significativo no teor de Mg (TABELA 28). Não houve diferença, no entanto, entre aquela dose de cálcio ( $Ca_{22}$ ) e  $Ca_1$  e  $Ca_{23}$ , nem entre estas ( $Ca_1$  e  $Ca_{23}$ ) e a dose normal de cálcio da solução nutritiva ( $Ca_0$ ). A concentração de N da parte aérea das plantas foi significativamente incrementada com a adição de doses extras de cálcio no meio de cultivo nas duas concentrações salinas empregadas, mas não houve diferença entre as doses adicionais de cálcio (TABELA 29).

Os resultados das análises de variância dos teores de constituintes minerais da planta (raiz + parte aérea) no meio não salino e no meio salinizado demonstram que as concentrações de Na, K, Cl, Mg, N e P da testemunha diferiram daquelas dos demais tratamentos (TABELA 31). Os teores de Na, Cl, Mg, N e P da testemunha foram significativamente inferiores aos dos demais tratamentos, enquanto o de K foi superior aos mesmos (TABELA 32). Houve diferença estatisticamente significativa entre tratamentos em quase todos os elementos analisados, com exceção do Ca (TABELAS 31 e 35). Desmembrando-se os contrastes observa-se que os conteúdos de Na e P diferiram estatisticamente apenas

TABELA 31: Análise de variância dos teores de constituintes minerais de plantas (raiz + parte aérea) de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	Na		K		Ca		Cl		Mg		N		P	
		QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F
Tratamentos	08	3,87	15,05**	0,051	24,62**	0,0034	1,70ns	4,09	47,16**	0,017	3,75**	0,040	5,46**	0,00062	12,12**
NaCl	01	19,66	76,46**	0,043	20,78**	0,0071	3,74ns	13,92	183,87**	0,016	3,58ns	0,013	1,72ns	0,00261	50,27**
Cálcio	03	0,20	0,77ns	0,034	16,34**	0,0023	1,21ns	0,39	4,47*	0,021	4,76**	0,050	6,88**	0,00011	2,27ns
NaCl x Cálcio	03	0,18	0,71ns	0,040	19,51**	0,0025	1,32ns	0,49	5,63**	0,002	0,47ns	0,006	0,86ns	0,00008	1,54ns
Testemunha x Demais Trat.	01	10,17	39,53**	0,141	68,83**	0,0056	2,95ns	14,14	163,26**	0,049	10,78**	0,138	18,90**	0,00179	34,33**
Resíduo	27	0,26		0,002		0,0019		0,09		0,005		0,007		0,00005	
CV (%)			33,35		8,52		16,70		16,34		16,66		5,89		9,77

ns Valor de F não significativo

\* Valor de F significativo a 5%

\*\* Valor de F significativo a 1%

TABELA 32: Comparações de médias, entre a testemunha e os demais tratamentos, dos teores de constituintes minerais de plantas (raiz + parte aérea) de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

TRATAMENTOS			Na	K	Ca	Cl	Mg	N	P
[NaCl]	[Ca]	SIMBOLOGIA							
mM			meq/g de matéria seca						
0	2,0	TESTEMUNHA	0,02 b	0,71a	0,23a	0,03 b	0,30 b	1,50 b	0,053 b
75	2,0	Na <sub>1</sub> Ca <sub>0</sub>	0,96a	0,27 b	0,24a	1,33a	0,37a	1,60a	0,067a
75	2,6	Na <sub>1</sub> Ca <sub>1</sub>	0,80a	0,54 b	0,23a	1,17a	0,38a	1,71a	0,068a
75	3,2	Na <sub>1</sub> Ca <sub>2</sub>	0,93a	0,54 b	0,30a	1,36a	0,47a	1,71a	0,064a
75	3,8	Na <sub>1</sub> Ca <sub>3</sub>	1,02a	0,55 b	0,26a	1,41a	0,37a	1,70a	0,068a
150	2,0	Na <sub>2</sub> Ca <sub>0</sub>	2,81a	0,55 b	0,27a	3,37a	0,37a	1,56a	0,078a
150	2,6	Na <sub>2</sub> Ca <sub>1</sub>	2,53a	0,54 b	0,30a	2,74a	0,45a	1,80a	0,094a
150	3,2	Na <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub>	2,06a	0,55 b	0,28a	2,39a	0,51a	1,76a	0,083a
150	3,8	Na <sub>2</sub> Ca <sub>3</sub>	2,54a	0,54 b	0,30a	2,41a	0,43a	1,76a	0,084a

- Médias seguidas de mesma letra são consideradas estatisticamente iguais, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

TABELA 33: Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de sódio de plantas (raiz + parte aérea) de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

NÍVEIS DE CÁLCIO	NÍVEIS DE NaCl		MÉDIAS
	75mM	150mM	
Ca <sub>0</sub> (2,0mM)	0,96	2,81	1,89A
Ca <sub>1</sub> (2,6mM)	0,80	2,53	1,67A
Ca <sub>2</sub> (3,2mM)	0,93	2,06	1,50A
Ca <sub>3</sub> (3,8mM)	1,02	2,54	1,78A
MÉDIAS	0,93b	2,49a	

- Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto à concentração de NaCl, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

- Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto à concentração de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

TABELA 34: Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de potássio de plantas (raiz + parte aérea) de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

NÍVEIS DE CÁLCIO	NÍVEIS DE NaCl		MÉDIAS
	75mM	150mM	
Ca <sub>0</sub> (2,0mM)	0,27 b B	0,55aA	0,41
Ca <sub>1</sub> (2,6mM)	0,54a A	0,54aA	0,54
Ca <sub>2</sub> (3,2mM)	0,54a A	0,55aA	0,55
Ca <sub>3</sub> (3,8mM)	0,55a A	0,54aA	0,55
MÉDIAS	0,48	0,55	

- Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto à concentração de NaCl, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

- Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto à concentração de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

TABELA 35: Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de cálcio de plantas (raiz + parte aérea) de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

NÍVEIS DE CÁLCIO	NÍVEIS DE NaCl		MÉDIAS
	75mM	150mM	
Ca <sub>0</sub> (2,0mM)	0,24	0,27	0,26A
Ca <sub>1</sub> (2,6mM)	0,23	0,30	0,27A
Ca <sub>2</sub> (3,2mM)	0,30	0,28	0,29A
Ca <sub>3</sub> (3,8mM)	0,26	0,30	0,28A
MÉDIAS	0,26a	0,29a	

- Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto à concentração de NaCl, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

- Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto à concentração de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

quanto à concentração salina, apresentando níveis mais elevados nas plantas cultivadas na presença de NaCl 150mM do que naquelas submetidas a NaCl 75mM (TABELAS 33 e 39). As concentrações de K e Cl apresentaram interação NaCl x cálcio (TABELA 31). O teor de K diferiu quanto ao conteúdo de NaCl apenas quando a concentração de cálcio foi de 2,0mM ( $Ca_0$ ), apresentando um nível mais baixo nas plantas que cresceram em meio contendo o tratamento  $Na_{150}Ca_0$  do que nas que foram cultivadas em meio com o tratamento  $Na_{75}Ca_0$  (TABELA 34). Com respeito às concentrações de cálcio, o teor de K só apresentou diferença estatística na presença de NaCl 75mM, onde as doses extras de cálcio provocaram aumento significativo no seu conteúdo em relação a  $Ca_0$ , mas não houve diferença entre as doses de cálcio empregadas. O conteúdo de Cl, por outro lado, foi significativamente maior nas plantas cultivadas em meio com NaCl 150mM do que nas que foram submetidas a NaCl 75mM (TABELA 36). Na presença de NaCl 75mM,  $Ca_{20}$  provocou aumento significativo na concentração de Cl em relação a  $Ca_0$ , enquanto as demais doses extras de cálcio não provocaram alterações no teor deste constituinte mineral. Nas plantas cultivadas em meio contendo NaCl 150mM, observou-se que as doses adicionais de cálcio promoveram redução significativa do conteúdo de Cl em relação à dose normal da solução nutritiva ( $Ca_0$ ). Os teores de Mg e N diferiram estatisticamente apenas quanto aos níveis de cálcio (TABELA 31)  $Ca_{20}$  foi a única dose extra de cálcio que induziu aumento significativo

TABELA 36: Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de cloreto de plantas (raiz + parte aérea) de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

NÍVEIS DE CALCÍO	NÍVEIS DE NaCl		MÉDIAS
	75mM	150mM	
Ca <sub>0</sub> (2,0mM)	1,33b B	3,37aA	2,35
Ca <sub>1</sub> (2,6mM)	1,17b B	2,74a B	1,96
Ca <sub>2</sub> (3,2mM)	1,36bAB	2,39a B	1,88
Ca <sub>3</sub> (3,8mM)	1,41bA	2,41a B	2,41
MÉDIAS	1,32	2,73	

- Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto à concentração de NaCl, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

- Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto à concentração de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

TABELA 37: Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de magnésio de plantas (raiz + parte aérea) de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

NÍVEIS DE CALCÍO	NÍVEIS DE NaCl		MÉDIAS
	75mM	150mM	
Ca <sub>0</sub> (2,0mM)	0,37	0,37	0,37 B
Ca <sub>1</sub> (2,6mM)	0,38	0,45	0,41AB
Ca <sub>2</sub> (3,2mM)	0,47	0,51	0,49A
Ca <sub>3</sub> (3,8mM)	0,37	0,43	0,40AB
MÉDIAS	0,39a	0,44a	

- Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto à concentração de NaCl, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

- Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto à concentração de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

TABELA 38: Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de nitrogênio de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

NÍVEIS DE CÁLCIO	NÍVEIS DE NaCl		MÉDIAS
	75mM	150mM	
Ca <sub>0</sub> (2,0mM)	1,60	1,56	1,58 B
Ca <sub>1</sub> (2,6mM)	1,71	1,80	1,75A
Ca <sub>2</sub> (3,2mM)	1,71	1,76	1,74A
Ca <sub>3</sub> (3,8mM)	1,70	1,76	1,73A
MÉDIAS	1,68a	1,72a	

- Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto à concentração de NaCl, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

- Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto à concentração de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

TABELA 39: Comparações de médias, envolvendo os efeitos principais (sódio e cálcio) e as combinações de tratamentos, dos teores de fósforo de plantas (raiz + parte aérea) de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de NaCl e de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ).

NÍVEIS DE CALCÍO	NÍVEIS DE NaCl		MÉDIAS
	75mM	150mM	
Ca <sub>0</sub> (2,0mM)	0,067	0,078	0,073A
Ca <sub>1</sub> (2,6mM)	0,068	0,094	0,081A
Ca <sub>2</sub> (3,2mM)	0,064	0,083	0,074A
Ca <sub>3</sub> (3,8mM)	0,068	0,084	0,076A
MÉDIAS	0,067b	0,085a	

- Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si quanto à concentração de NaCl, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

- Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto à concentração de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

no teor de Mg em relação ao das plantas cultivadas em solução nutritiva com conteúdo normal de cálcio, diferindo estatisticamente deste nível de cálcio ( $Ca_0$ ), mas não da demais (TABELA 37). A adição de doses extra de cálcio provocaram aumentos estatisticamente significativos na concentração de N das plantas, mas não houve diferença entre as doses adicionais de cálcio empregadas (TABELA 38).

O aumento dos teores de  $Na^+$  e  $Cl^-$  na planta com o incremento da concentração salina do meio é comumente mencionado na literatura sobre nutrição de plantas em condições de salinidade e ocorre tanto para a realização do ajustamento osmótico, como em consequência de danos provocados pelos íons salinos na estrutura e permeabilidade das membranas celulares (YEO, 1983; LEOPOLD & WILLING, 1984). A distribuição destes íons, nas diversas partes da planta, foi extensivamente estudada, já que sua exclusão da parte aérea se constitui num dos mecanismos de tolerância aos sais (FLOWERS et alii, 1977; LAUCHLI, 1984). Nas plantas de arroz do presente trabalho, foi observada uma leve tendência para a exclusão de  $Na^+$  da parte aérea na presença de NaCl 75mM, enquanto que nas plantas cultivadas em meio com NaCl 150mM houve translocação de elevado teor de  $Na^+$  para a parte aérea. O conteúdo de  $Cl^-$  nas duas concentrações salinas (NaCl 75 e 150mM) também foi maior na parte aérea do que nas raízes das plantas. Contudo, YEO & FLOWERS (1982) estudaram detalhadamente a distribuição dos íons salinos em

quatro variedades de arroz cultivadas em solução nutritiva contendo  $50\text{mol.m}^{-3}$  de NaCl e observaram que, embora o fluxo de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  para a parte aérea não tenha sido controlado, foi estabelecido um gradiente de concentração destes íons entre as folhas novas e velhas, com as folhas velhas apresentando as maiores concentrações. Também foi verificado um gradiente de concentração em cada folha individualmente, tanto nova como velha, e a bainha apresentou um maior teor de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  do que a lâmina foliar.

Na revisão de GREENWAY & MUNNS (1980) são apresentadas duas explicações para justificar a baixa concentração de  $\text{K}^+$  na presença de alto conteúdo salino: 1. O transporte passivo de  $\text{Na}^+$  para a parte aérea, com conseqüente aumento da concentração deste elemento, induz a exportação de  $\text{K}^+$  pelo flocema e/ou através de algum tipo de mensagem para a raiz, provoca redução na absorção de  $\text{K}^+$ ; ou 2. o transporte de  $(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$  para a parte aérea torna-se saturado e devido ao alto teor de  $\text{Na}^+$  no meio externo, forma-se um rápido fluxo de massa através da parte exterior do cortex que resulta numa baixa relação  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  nos sítios de absorção próximo ao estele. Analisando com mais detalhe as variações dos teores de  $\text{K}^+$  na raiz e parte aérea, separadamente, das plantas de arroz do nosso trabalho, observou-se que na presença de NaCl 75mM apenas parte do  $\text{K}^+$  absorvido foi translocada para a parte aérea, enquanto nas plantas cultivadas em meio com NaCl 150mM, o acúmulo deste

nutriente na parte aérea foi bastante significativo. Em um dos trabalhos citados na revisão de PITMAN (1984), em que foram feitas comparações da relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  das raízes e partes aéreas de plantas de cevada cultivadas em meio com concentração de NaCl variando de 0 a 250mM, foi verificado que em duas das três variedades testadas, a relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  aumentou a medida que o teor de NaCl do meio aumentou, sendo o incremento mais acentuado na relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  da raiz. Na outra variedade, no entanto, o aumento maior foi observado na relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  da parte aérea. Nas plantas de arroz do presente experimento, deve ter havido um aumento da translocação de  $\text{K}^+$  da raiz para a parte aérea com o incremento do nível de salinidade, pois a relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  aumentou mais na raiz do que na parte aérea, com o aumento do conteúdo de NaCl de 75mM para 150mM e a quantidade total de  $\text{K}^+$  na raiz, estimada através do produto peso seco da raiz  $\times$  concentração de  $\text{K}^+$  na raiz, foi reduzida, enquanto sua quantidade total na parte aérea foi incrementada.

O aumento observado no conteúdo de P das plantas de arroz do nosso trabalho, cultivadas em substrato com NaCl 150mM, em relação ao da testemunha, é mais um indício de que a adubação fosfatada no meio salino deve ser conduzida com cautela, pois o nível ótimo de P para o crescimento vegetal na ausência de sais pode ser tóxico para algumas culturas em condições de salinidade (NIEMAN & CLARK, 1976; GRATTAN & MAAS, 1984). A menor concentração de P na parte aérea do que

nas raízes das plantas foi possivelmente consequência do maior número de folhas mortas nas plantas cultivadas em meio com NaCl 150mM, o que diminui a exigência em P da parte aérea.

Os teores dos demais nutrientes na raiz e parte aérea, conseqüentemente na planta total (raiz + parte aérea), praticamente não sofreram alterações com o aumento da salinidade no meio de cultivo. Avaliando-se o conteúdo total de todos os nutrientes analisados, observou-se que eles foram afetados pelos íons salinos e pelas doses extras de cálcio. Entretanto, isto foi consequência do menor crescimento das plantas no meio salinizado, ou seja, houve um efeito de concentração dos elementos. Este efeito foi demonstrado claramente em plantas de cevada cultivadas em meio com salinidade variando de 40 a 120mM de NaCl. Enquanto a concentração de ( $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ) mostrou-se consideravelmente mais alta nas plantas cultivadas em substrato com conteúdo salino mais elevado, a taxa de absorção não se apresentou mais alta do que em baixo nível de sal (DELANE et alii, 1982). É provável que os níveis de NaCl utilizados (75 e 150mM) tenham sido baixos para alterar o balanço iônico das plantas, tendo em vista que o cultivar de arroz empregado não é sensível à salinidade, de acordo com a avaliação de BEZERRA, 1986 (comunicação pessoal).

Apesar da influência benéfica do cálcio no transporte e retenção de íons e na manutenção da estrutura

das membranas em condições de salinidade ter sido demonstrada (DAVIS et alii, 1974; JESCHKE, 1984), as concentrações dos constituintes minerais das plantas de arroz do presente trabalho não sofreram grandes alterações com a adição de doses extras de cálcio. As reduções observadas no conteúdo de  $\text{Na}^+$  das raízes das plantas com a aplicação de doses crescentes de cálcio foram bastante inferiores às encontradas por HANDLEY et alii (1965) em plantas de milho e LAHAYE & EPSTEIN (1969) em plantas de feijão. O efeito maior das doses adicionais de cálcio foi verificado sobre o teor de  $\text{K}^+$  das plantas que cresceram em solução nutritiva contendo  $\text{NaCl}$  75mM. Embora o teor de  $\text{K}^+$  da planta total tenha se mostrado mais baixo nas plantas cultivadas em meio com  $\text{NaCl}$  75mM do que naquelas submetidas a  $\text{NaCl}$  150mM, o que houve, na realidade, foi o efeito de concentração anteriormente mencionado. O conteúdo total de  $\text{K}^+$  da planta, obtido pelo produto teor de  $\text{K}^+$  na planta total  $\times$  peso seco da planta total, foi bastante reduzido com o aumento da concentração salina, mas praticamente não houve diferença entre os teores de  $\text{NaCl}$  75 e 150mM. Na parte aérea das plantas, a concentração de  $\text{K}^+$  foi bastante incrementada com a adição de doses extras de cálcio, enquanto o da raiz foi reduzido, indicando que houve uma maior translocação de  $\text{K}^+$  da raiz para a parte aérea. Na presença de  $\text{NaCl}$  150mM, no entanto, as doses adicionais de cálcio não produziram nenhuma alteração no conteúdo de  $\text{K}^+$ . No ensaio de IMAMUL

HUQ & LARHER (1984), em que plantas de feijão de corda foram cultivadas em meio com concentrações crescentes de NaCl (50 a 150mM) e relação  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$  constante e igual a 5, os autores mencionaram que, embora o conteúdo de  $\text{Na}^+$  da raiz e parte aérea tenha aumentado com o incremento do nível de salinidade e o de  $\text{K}^+$  tenha decrescido, o aumento do teor de  $\text{Na}^+$  e a redução do de  $\text{K}^+$  foram menores do que o apresentado pelas plantas que cresceram em meio com conteúdo normal de cálcio, sendo o teor de  $\text{K}^+$  da parte aérea das plantas cultivadas em substrato com cálcio adicional maior do que o da raiz. Embora o teor de cálcio do meio tenha aumentado, seu nível nas plantas de arroz do presente ensaio, nas duas concentrações salinas, só apresentou esta mesma tendência na raiz, tendo permanecido praticamente inalterado na parte aérea. Provavelmente a planta possui um mecanismo para manter o conteúdo de  $\text{Ca}^{++}$  num nível adequado, mesmo na presença de alta concentração salina. Como a fonte de cálcio usada foi  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , além do  $\text{Ca}^{++}$ , o  $\text{NO}_3^-$  também pode ter influenciado as concentrações de  $\text{Cl}^-$  e N. BERNSTEIN et alii (1974), avaliando o efeito de doses crescentes de N sobre o nível de constituintes minerais de folhas de milho cultivado em solução nutritiva com potencial hídrico 1,8 e 3,6bar, observaram que apenas os teores de N e  $\text{Cl}^-$  foram afetados pelos tratamentos aplicados, sendo o conteúdo de N da planta incrementado com o aumento do nível de N do meio nos dois valores potencial hídrico, e o de  $\text{Cl}^-$  reduzido. Os efeitos

do incremento dos níveis de N e/ou de  $Ca^{++}$  sobre o conteúdo de  $Cl^-$  das plantas de arroz do nosso trabalho no sentido de reduzi-lo só foram verificados nas raízes e partes aéreas das plantas cultivadas em meio com NaCl 150mM, pois na presença de NaCl 75mM, a concentração do referido elemento apresentou uma tendência para o aumento com o incremento da concentração de  $Ca(NO_3)_2$  do meio. A adição de doses extras de cálcio ao meio contendo NaCl 75mM induziu o aumento da concentração de P e não a alterou nas plantas cultivadas em meio com NaCl 150mM. De acordo com BERNSTEIN et alii (1974), altas concentrações de cálcio precipitam a de P. De um modo geral, as doses adicionais de cálcio foram baixas, não resultando numa relação  $Na^+/Ca^{++}$  capaz de induzir benefícios sobre os constituintes orgânicos, nem minerais, nem sobre a produção de matéria seca, principalmente na presença de NaCl 150mM. A amplitude de variação das concentrações de cálcio também foi muito pequena, o que certamente contribuiu para confundir a interpretação dos resultados. Além das concentrações de NaCl e cálcio, a época de aplicação dos tratamentos pode ter sido mais um dos motivos que influenciou nos resultados, não proporcionando efeitos muito marcantes.

#### 4 - CONCLUSÕES

Com base nos resultados alcançados para as condições em que foram realizadas o presente trabalho, pode inferir-se as seguintes conclusões:

1. As concentrações salinas utilizadas praticamente não afetaram o processo germinativo. Como os pré-tratamentos não provocaram nenhuma alteração na percentagem de plântulas normais em meio não salino, não foi possível notar muita expressividade dos pré-tratamentos em meio salinizado.
2. O vigor das plantas foi bastante reduzido com o incremento da salinidade do meio. O comprimento da radícula, da parte aérea e o comprimento total das plântulas provenientes de sementes não tratadas e de sementes pré-tratadas diminuíram com o aumento do conteúdo de NaCl do substrato de germinação, principalmente na presença de NaCl 150mM.
3. De um modo geral, os pré-tratamentos das sementes com  $\text{CaCl}_2$  68 e 136mM reduziram sensivelmente o crescimento da radícula, da parte aérea e, em consequência, da plântula. A pré-embebição das sementes em solução de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  84,7mM foi benéfica apenas para o crescimento da parte aérea.
4. A produção de matéria seca das plantas, especialmente da raiz, foi reduzida com o aumento do nível de salinidade do meio e a adição de doses extras de cálcio à solução nutriti-

va não foram suficientes para minorar este efeito.

5. Grande quantidade de íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  foram absorvidas pelas plantas de arroz e estas se mostraram ineficientes no controle do seu transporte para a parte aérea.

6. Os teores dos demais elementos minerais analisados na raiz e parte aérea, bem como na planta (raiz + parte aérea), sofreram poucas alterações com a adição de  $\text{NaCl}$  ao meio de cultivo, sendo o  $\text{K}^+$  o nutriente mais prejudicado.

7. É provável que os níveis de  $\text{NaCl}$  utilizados (75 e 150mM) tenham sido baixos, pois o cultivar empregado não é sensível à salinidade.

8. As doses extras de cálcio não proporcionaram efeitos muito marcantes, mostrando mais uma ação benéfica indireta sobre a nutrição com  $\text{K}^+$ . Aparentemente as doses empregadas foram baixas. Além disso, a amplitude de variação das concentrações de cálcio foi muito pequena, o que pode ter contribuído para confundir os resultados.

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, P.A.A. & PEREIRA, J.R. Efeito da salinidade na germinação e vigor de sementes de melão. Pesq. Agropec. Bras., 15(2): 207-10, 1980.
- ALBUQUERQUE, I.M. De Relações hídricas e composição mineral de duas cultivares de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) submetidos ao "stress" salino. Fortaleza, UFC, 1984. 65p. Tese de Mestrado.
- ALLAN, J.E. The preparation of agricultural samples for analysis by atomic absorption spectroscopy. Hamilton, Copyright, 1969.
- ALLEN, S.G.; DOBRENZ, A.K. & BARTELS, P.G. Physiological response of salt-tolerant and nontolerant alfafa to salinity during germination. Crop. Sci., 26: 1004-8, 1986.
- ASSADIAN, N.W. & MIYAMOTO, S. Salt effects on alfafa seedling emergence. Agron. J., 79: 710-14, 1987.
- BARI, G.; HAMID, A. & AWAN, M.A. Effect of salinity on germination and seedling growth of rice varieties. International Rice Commision Newsletter, 22(3): 32-6, 1973.
- BATCHELDER, A.R.; LUNIN, J. & GALLATIN, M.H. Saline

- irrigation of several vegetable crops at various growth stages. II. Effect on cation composition of crops and soils. Agron. J., 55: 111-4, 1963.
- BERNSTEIN, L. Osmotic adjustment of plants to saline media. I. Steady state. Am. J. Bot., 48: 909-18, 1961.
- . Osmotic adjustment of plants to saline media. II. Dinamic phase. Am. J. Bot., 50: 360-70, 1963.
- . Effects of salinity and sodicity on plant growth. Ann. Rev. Plant Pathol., 13: 295-312, 1975.
- & HAYWARD, H.E. Physiology of salt tolerance. Ann. Rev. Plant Physiol., 9: 25-46, 1958.
- ; FRANÇOIS, L.E. & CLARK, R.A. Interactive effects of salinity and fertility on yields of grains and vegetables. Agron. J., 66: 412-21, 1974.
- BEZERRA, F.C. Influência de ciclos de hidratação/desidratação e ácido giberélico na germinação e vigor de *Sorghum bicolor* (L.) Moench. semeado em substrato salino. Fortaleza, UFC, 1980. 44p. Tese de Mestrado.
- Untersuchungen über physiologische Ursachen genotypischer Unterschiede in der Salztoleranz von Hirse (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Stutgard, Institut für Pflanzenernährung der Universität Hohenheim, Alemanha, 1985. 113p. Tese de Doutorado.
- BHIVARE, V.N. & NIMBALKAR, J.D. Salt stress effects on growth and mineral nutrition of French beans. Plant and

- Soil, 80: 91-8, 1984.
- BHUMBLA, D.R.; SINGH, B. & SINGH, N.T. Effect of salt on seed germination. Indian Journal of Agronomy, 13: 181-5, 1968.
- BLACK, C.A. Soil-Plant Relationship. 2ed. New York, John Wiley, 1968. p.356-404.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Escritório de Produção Vegetal. Equipe Técnica de Sementes e Mudas - Regras para Análises de Sementes. Brasília, DF, 120p. 1967.
- CHAPMAN, N.D. & PRATT, P.F. Methods of analysis for soils, plants and water. California, University Division of Agriculture Sci., 1961. p.161-74.
- CHAUDHURI, I.I. & WIEBE, H.H. Influence of calcium pretreatment on wheat germination on saline media. Plant and Soil, 28(2): 208-16, 1968.
- CHAVAN, P. & KARADGE, B.A. Influence of salinity on mineral nutrition of peanut (*Arachis hypogaea* L.). Plant and Soil, 54: 5-13, 1980.
- CLARKSON, D.T. & HANSON, J.B. The mineral nutrition of higher plants. Ann. Rev. Plant Physiol., 31: 239-98, 1980.
- CRAMER, G.R.; LAUHLI, A. & POLITO, V.S. Displacement of  $Ca^{2+}$  by  $Na^+$  from the plasmalemma of root cells. A primary response to salt stress? Plant Physiol., 79: 207-11, 1985.
- ; ----- & EPSTEIN, E. Effects of  $NaCl$  and  $CaCl_2$

- on ion activities in complex nutrients solutions and root growth of cotton. Plant Physiol., 81: 792-7, 1986.
- DINIZ, A.F. Efeito da salinidade na germinação e vigor de sementes de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.). Fortaleza, UFC, 1979. 37p. Tese de Mestrado.
- DAVIS, G.J.; JONES, M.N.; LUNNEY, C.Z. & CLARK, G.M. Inhibition of sodium chloride toxicity in seedlings of *Myriophyllum spicatum* L. with calcium. Plant and Cell Physiol., 15: 577-81, 1974.
- DELANE, R.; GREENWAY, H.; MUNNS, R. & GIBBS, J. Ion concentration and carbohydrate status of the elongatin leaf tissue of *Hordeum vulgare* growing at high external NaCl. I. Relationship between solute concentration and growth. J. Exp. Bot., 33(10): 557-73, 1982.
- DURRANT, M.J.; DRAYCOTT, A.P. & PAYNE, P.A. Some effects of sodium chloride on germination and seedling growth of sugar beet. Ann. Bot., 38: 1045-51, 1974.
- EL-DAMATY, H.; KHUN, H. & LINSER, H. A preliminary investigation on increase salt tolerance of plants by application of (2-chloroethyl)-trimethyl ammonium chloride. Agrochimica, 8(2): 129-38, 1964.
- EPSTEIN, E. Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas. São Paulo, Ed. da Universidade de São Paulo, 1975. 241p.
- FAGERIA, N.K. Salt tolerance of rice cultivars. Plant and Soil, 88: 237-43, 1985.

- FLOWERS, T.J.; TROKE, P.F. & YEO, A.R. The mechanisms of salt tolerance in halophytes. Ann. Rev. Plant Physiol., 28: 89-121, 1977.
- FROTA, J.N.E. & O'LEARY, J.W. Calcium loss from plant roots during osmotic adjustment. Arizona Academy of Science, 8(1): 26-8, 1973.
- GOES, E.S. Problemas de Salinidade e drenagem em projetos de irrigação do Nordeste e a ação da pesquisa com vistas a seu equacionamento. In: REUNIAO SOBRE SALINIDADE EM AREAS IRRIGADAS NO NORDESTE. Fortaleza, 1978, 56f.
- GRATTAN, S.R. & MAAS, E.V. Interactive effects of salinity and substrate phosphate on soybean. Agron. J., 76:668-76, 1984.
- GRAY, D. & STECKEL, J.R.A. The effects of pre-sowing seed treatments on the germination and emergence of lettuce seeds at high salt concentrations. Scientia Horticulturae, 5: 1-9, 1976.
- GREENWAY, H. & OSMOND, C.B. Salt responses of enzymes from species differing in salt tolerance. Plant Physiol., 49: 256-9, 1972.
- & MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. Ann. Rev. Plant Physiol., 31: 149-90, 1980.
- GRIEVE, C.M. & FUJIYAMA, H. The response of two rice cultivars to external Na/Ca ratio. Plant and Soil, 103: 245-50, 1987.

- HAJIBAGHERI, M.A. & FLOWERS, T.J. Salt tolerance in the halophyte *Suaeda maritima* (L) Dum. The influence of the salinity of the culture solution on leaf starch and phosphate content. Plant, Cell and Environment, 8: 261-7, 1985.
- HANDLEY, R. METWALLY, A. & OVERSTREET, R. Divalent cations and the permeability to Na of the root meristem of *Zea mays*. Plant and Soil, 22(2): 200-6, 1965.
- HARIVANDI, M.A.; BUTLER, J.D. & SOLTANPOUR, P.N. Effects of soluble salts on ion accumulation in *Peccinellia* spp. J. Plant Nutr., 6(3): 256-66, 1983.
- HAYWARD, H.E. & WADLEIGH, C.H. Plant growth on saline and alkali soils. Advances in Agronomy, 1: 1-39, 1949.
- HEPLER, P.K. & WAYNE, R.O. Calcium and plant development. Ann. Rev. Plant Physiol., 36: 397-439, 1985.
- HYDER, S.Z. & GREENWAY, H. Effects of  $Ca^{++}$  on plant sensitivity to high NaCl concentrations. Plant and Soil, 23(2): 258-60, 1965.
- IMAMUL HUQ, S.M. & LARHER, F. Osmoregulation in higher plants: effects of NaCl salinity on non nodulated *Phaseolus aureus* L. 1. Growth and mineral content. New Phytol., 93: 203-8, 1983a.
- \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_ Effect of NaCl salinity on the growth and the nitrogen status of non nodulated cowpea (*Vigna sinensis* L.) and mung bean (*Phaseolus aureus* L.). Z. Pflanzenphysiol. Bd., 112: 79-87, 1983b.

- & ----- Osmoregulation in higher plants: effect of maintaining a constant Na:Ca ratio on the growth, ion balance and organic solute status of NaCl stressed cowpea (*Vigna sinensis* L.). Z. Pflanzenphysiol. Bd., 113: 163-76, 1984.
- ISLAM, A.K.M.S.; ASHER, C.J. & EDWARDS, D.G. Response of plants to calcium concentration in flowing solution culture with chloride or sulphate as the counter-ion. Plant and Soil, 98: 377-95, 1987.
- JESCHKE, W.D.  $K^+$  -  $Na^+$  exchange at cellular membranes, intracellular compartmentation of cations and salt tolerance. In: STAPLES, R.C. & TOENNIESSEN, G.H. Salinity tolerance in plants. New York, Willey, 1984. p. 93-123.
- KADDAH, M.T.; LENMAN, W.F.; MEEK, B.D. & ROBINSON, F.E. Salinity effects on rice after the boot stage. Agron. J., 67: 436-9, 1975.
- KENT, L.M. & LAUCHLI, A. Germination and seedling growth of cotton: salinity-calcium interactions. Plant, Cell and Environment, 8: 155-9, 1985.
- KUIPER, P.C.J. Functioning of plants cell membranes under saline conditions: membrane lipid composition and ATPases. In: STAPLES, R.C. & TOENNIESSEN, G.H. Salinity tolerance in plants. New York, Willey, 1984. p. 77-91.
- LAHAYE, P.A. & EPSTEIN, E. Salt toleration by plants: enhancement with calcium. Science, 4: 395-6, 1969.
- & ----- Calcium and salt tolerance by bean

- plants. Physiol. Plant., 25: 213-18, 1971.
- LAUCHLI, A. & WIENECKE, J. Studies on growth and distribution of  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  and  $\text{Cl}^-$  in soybean varieties differing in salt tolerance. Z. Pflanzenernaehr. Bodenkd., 142: 3-13, 1979.
- LAUCHLI, A. Salt exclusion: an adaptation of legumes for crops and pastures under saline conditions. In: STAPLES, R.C. & TOENNIESSEN, G.H. Salinity tolerance in plants. New York, Willey, 1984. p. 171-87.
- & EPSTEIN, E. Mechanisms of tolerance in plants. California Agriculture, 36(10): 18-20, 1984.
- LEOPOLD, A.C. & WILLING, R.P. Evidence for toxicity effects of salt on membranes. In: STAPLES, R.C. & TOENNIESSEN, G.H. Salinity tolerance in plants. New York, Willey, 1984. p. 67-76.
- LESSANI, H. & MARSCHNER, H. Relations between salt tolerance and long-distance transport of sodium and chloride in various crop species. Aust. J. Plant Physiol., 5: 27-37, 1978.
- LOTT, W.L.; MERY, J.P.; GALLO, J.R. & MADECALF, V.C. Leaf analysis technique in coffee research. IBEC Res. Inst. Bul., 9, 1956.
- LYLES, L. & FANNING, C.D. Effect of presoaking, moisture tension and soil salinity on the emergence of grain sorghum. Agron. J., 56: 518-20, 1964.
- LYNCH, J. & LAUCHLI, A. Salinity affects intracellular

- calcium in corn root protoplasts. Plant Physiol., 87: 351-6, 1988.
- MAAS, E.V. Crop tolerance. California Agriculture, 36(10): 20-1, 1984.
- & GRIEVE, C.M. Sodium-induced calcium deficiency in salt stressed corn. Plant, Cell and Environment, 10: 559-64, 1987.
- & HOFFMAN, G.J. Salt sensitivity of corn at various growth stages. California Agriculture, 37: 14-15, 1983.
- MARTINEZ, V.; CERDA, A. & FERNANDEZ, F.G. Salt tolerance of four tomato hybrids. Plant and Soil, 97: 233-42, 1987.
- MEIRI, A.; MOR, E. & POLJAKOFF-MAYBER, A. Effect of time of exposure to salinity on growth, water status and salt accumulation in bean plants. Ann. Bot., 34: 383-91, 1970.
- MYIAMOTO, T. The effect of seed treatment with the extracts of organisms and the solutions of some chemical substances on the resistance to salt concentration in wheat seedlings.
- MORGAN, J.M. Osmoregulation and water stress in higher plants. Ann. Rev. Plant Physiol., 35: 299-319, 1984.
- MOZAFAR, A.; GOODIN, J.R. & OERTLI, J.J. Sodium and potassium interactions in increasing the salt tolerance of *Atriplex halimus* L. II  $\text{Na}^+$  and  $\text{K}^+$  uptake characteristics. Agron. J., 62: 481-4, 1970.
- MUNNS, R.; GREENWAY, H.; DELANE, R. & GIBBS, J. Ion concentration and carbohydrate status of the elongating

- leaf tissue of *Hordeum vulgare* growing at high external NaCl. II. Cause of the growth reduction. J. Exp. Bot., 33(135): 574-83, 1982.
- NARALE, R.P.; SUBRAMANYAN, T.K. & MUKHERJEE, R.K. Influence of salinity on germination, vegetative growth and grain yield of rice (*Oryza sativa* var. Dular). Agron. J., 61(3): 341-4, 1969.
- NIEMAN, R.H. & CLARK, R.A. Interactive effects of salinity and phosphorus nutrition on the mature photosynthesizing corn leaves. Plant Physiol., 57: 157-61, 1976.
- ODEGBARO, O.A. & SMITH, O.E. Effects of kinetin, salt concentration and temperature on germination and early growth of *Lactuca sativa* L. Amer. Soc. Hort. Sci., 94: 167-70, 1969.
- OSTER, J.D.; HOFFMAN, G.J. & ROBINSON, F.E. Manegement alternatives: crops, water and soil. California Agriculture, 36(10): 29-32, 1984.
- PALIWAL, K.V. & MALIWAL, G.L. Growth and nutrient uptake relationship of some crops in saline substrate. Annals of Arid Zone, 19(3): 251-7, 1980.
- PAPADOPOULUS, I. & RENDING, V.V. Interactive effects of salinity and nitrogen on growth and yield of tomato plants. Plant and Soil, 73: 47-57, 1983.
- PARMAR, M.V. & MOORE, R.P. Carbowax 6000, manitol and NaCl for stimulating drought conditions studies of corn (*Zea mays* L.) of strong and weak vigor. Agron. J., 60: 192-5,

1968.

- PEARSON, G.A. & BERNSTEIN, L. Salinity effects at several growth stages of rice. Agron. J., 51: 654-7, 1959.
- ; AYERS, A.D. & EBERHARD, D.L. Relative salt tolerance of rice during germination and early seedling development. Soil Sci., 102(3): 151-6, 1966.
- PEREIRA, J.R. Olos salinos e sódicos. In: VAN RAIJ, B.; BATAGLIA, O.C. & SILVA, N.M. da Acidez e Calagem no Brasil. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1983. p. 127-43.
- PEREIRA, Z.M.R. & ANDRADE, A.G. de Efeito da concentração salina no desenvolvimento do tomateiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 5. São Paulo, 1980. Anais... São Paulo, 1980. v. 3. p. 395-422.
- PITMAN, M.G. Transport across the root and shoot/root interactions. In: STAPLES, R.C. & TOENNIESSEN, G.H. Salinity tolerance in plants. New York, Willey, 1984. p. 93-123.
- PLA, I.S. Metodologia de laboratorio recomendada para el diagnostico de salinidad y alcalinidad en suelos, águas y plantas. Maracau, Univ. Central de Venezuela, Facultad de Agronomia, 1970, 116p.
- PRISCO, J.T. Contribuição ao estudo da fisiologia do estresse salino durante a germinação e estabelecimento da plântula de uma glicófita (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Fortaleza, UFC/Departamento de Bioquímica e Biologia

- Molecular. 1987. 35p. Tese apresentada para seleção de Professor Titular.
- & O'LEARY, J.W. Osmotic and "toxic" effects of salinity on germination of *Phaseolus vulgaris* L. seeds. Turrialba, 20(2): 177-84, 1970.
- ; BARBOSA, L. & FERREIRA, L.G.R. Pré-embebição como meio para sobrepujar os efeitos inibitórios da salinidade na germinação de *Sorghum bicolor* (L) Moench. Ciën. Agron., 5(1-2): 19-23, 1975.
- PUNTAMKAR, S.S.; METHA, P.C. & SETH, S.P. Note on the inducement of salt resistance in two wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties by pre-soaking with different salts by varying concentrations. Indian J. Agric., 41: 717-8, 1971.
- RAINS, D.W. Salt transport by plants in relation to salinity. Ann. Rev. Plant Physiol., 23: 367-88, 1972.
- RATHERT, G. Effect of high salinity stress on mineral and carbohydrate metabolism of two cotton varieties. Plant and Soil, 73: 243-56, 1983a.
- RAYAR, A.J. Effect of calcium concentration on growth and ion uptake in soybean plants in solution culture. Z. Pflanzenphysiol. Bd., 105: 59-64, 1981.
- RICHARDS, L.A. ed. Diagnostico y rehabilitacion de suelos salinos y sodicos. Mexico, Centro Regional de Ayuda Tecnica, 1954.
- SARIN, M.N. & NARAYANAN, A. Effects of soil salinity and

distribution of Na<sup>+</sup> and some other cations in two soybean varieties differing in salt tolerance. Z. Pflanzenernaehr. Bd., 143: 55-67, 1980.

WILLIAMS, M.D. & UNGAR, I.A. The effect of environmental parameters on the germination, growth and development of *Suaeda depressa* (Purch.) Wats. Am. J. Bot., 59: 912-8, 1972.

YEO, A.R. Salinity resistance: physiologies and prices. Physiol. Plant., 58: 214-22, 1983.

YEO, A.R. & FLOWERS, T.J. Accumulation and localization of sodium ions within the shoots of rice (*Oryza sativa*) varieties differing in salinity resistance. Physiol. Plant., 56: 343-48, 1982.

----- & ----- The absense of an effect of the Na/Ca ratio on sodium chloride uptake by rice (*Oryza sativa* L.). New Phytol., 99: 81-90, 1985.

- growth regulators on germination and seedling metabolism of wheat. Physiol. Plant., 21: 1201-9, 1968.
- SAXENA, H.K. & PANDEY, U.K. Physiological studies on salt tolerance of ten rice varieties. I. Growth and yield aspects. Indian J. Plant Pathol., 24(1): 61-8, 1981.
- SINGH, S.B. & ABROL, I.P. Effect of soil sodicity on the growth, yield and chemical composition of groundnut (*Arachis hypogaea* Linn.). Plant and Soil, 84: 123-7, 1985.
- STROGONOV, B.P. Physiological basis of salt tolerance of plants (as affected by various types of salinity). Jerusalem, Israel, Israel Program for Scientific Translations, 1964.
- UPRETY, D.G. & SARIN, M.N. Physiological studies on salt tolerance in *Pisum sativum* L. I. Germination and seedling growth. Acta Agronomica Academiae Scientiarum Hungaricae, 23(3-4): 260-74, 1974.
- VAN ALPHEN, J.G. Rice in the reclamation of salt affected soils. Annual Report ILRI, 9-18, 1983.
- VERMA, T.G. & NEUE, N.U. Effect of soil salinity level and zinc application on growth, yield and nutrient composition of rice. Plant and Soil, 82: 3-14, 1984.
- WEST, D.W. & FRANÇOIS, E. Effects of salinity on germination, growth and yield of cowpea. Irrig. Sci., 3: 169-75, 1982.
- WIENECKE, J. & LAUCHLI, A. Effects of salt stress on