



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
CAMPUS VII



ENGENHARIA FLORESTAL

Pesquisando e Desenvolvendo
o Semi-Árido

CRESCIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE Na^+ , K^+ e Cl^- EM
PLANTAS JOVENS DE ALGAROBA, ANGICO, JUREMA-
PRETA E LEUCENA EM RESPOSTA AO ESTRESSE SALINO

HELKE RIAMA WANDERLEY DANTAS

**CRESCIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE Na⁺, K⁺ e Cl⁻ EM PLANTAS
JOVENS DE ALGAROBA, ANGICO, JUREMA-PRETA E LEUCENA EM
RESPOSTA AO ESTRESSE SALINO**

Monografia apresentada à
Coordenação do Curso de
Engenharia Florestal (UFPB),
como requisito para obtenção
do Título de Engenheira
Florestal.

PATOS – PARAÍBA

ABRIL/2002

24p.

1-0070

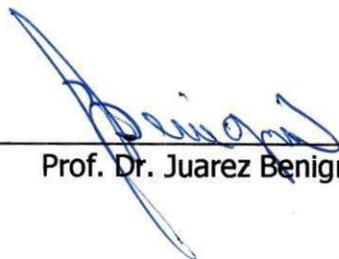


Biblioteca Setorial do CDSA. Maio de 2022.

Sumé - PB

**CRESCIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE Na⁺, K⁺ e Cl⁻ EM PLANTAS
JOVENS DE ALGAROBA, ANGICO, JUREMA-PRETA E LEUCENA EM
RESPOSTA AO ESTRESSE SALINO**

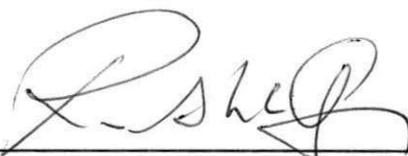
Monografia aprovada em 02 / 04 / 2002



Prof. Dr. Juarez Benigno Paes



Prof. Dr. Gilvan José Campelo dos Santos



Prof. Dr. Ricardo Almeida Viégas
Orientador

PATOS – PARAÍBA

ABRIL/2002

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Walter e Yara Wanderley com amor e profundo sentimento de gratidão, dedico-lhes meus eventuais méritos.

Aos meus avôs paternos *in memoriam*, ao meu avô materno *in memoriam*, e à minha avó. Ao meu querido primo José Wilker *in memoriam*. Que Deus ilumine o caminho de todos.

Ao meu noivo Vanilson. As saudades sempre constantes agonizam tua ausência, mas é bem verdade que não me curvei pelo cansaço e, nos piores momentos, voltei-me para o meu coração e lá te encontrei.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Sabe Deus, poucas foram as vezes que te agradei, como nesse momento em especial.

A ti senhor, o meu muito obrigado!

À Universidade Federal da Paraíba, pela experiência para que a minha formação fosse um aprendizado de vida.

Aos colegas do curso de Engenharia Florestal, pela amizade e incentivo de realizar-me dentro da profissão que almejei, em especial a Adelmo, Conceição, Nara, Nilma, Cidinha, Silvia e Antônio. Meus colegas que, no principio mal nos conhecíamos e, aos poucos, nos descobrimos, adquirimos conhecimentos, trocamos experiências, sorrimos, choramos, brigamos, todos juntos. Lembremo-nos um dos outros com muita alegria.

Aos mestres

A minha gratidão àqueles que repartiram comigo os seus conhecimentos, colocando em minhas mãos as ferramentas com as quais abrirei novos horizontes, rumo à satisfação plena dos meus ideais profissionais e humanos.

Ao Professor Orientador, Ricardo Almeida Viégas, pelo exemplo de dedicação, de doação, de paciência, de dignidade pessoal e, sobretudo, de amor pelo que faz.

Aos meus familiares que abriram mão de momentos de convívio, que sofreram com a minha ausência quando o dever do estudo me chamou. Quantas vezes pensei em desistir e jogar tudo para o alto quando os obstáculos pareciam intransponíveis. Nessas horas vocês me incentivaram e apoiaram para que eu pudesse realizar a profissão que escolhi.

Especial agradecimento aos meus tios, Judá, Benedita, Maria Ivanda e à minha irmã Kilma.

Sinto-me intensamente agradecida, a todos que me ajudaram a crescer e vivenciar comigo a experiência e os desafios da educação; sou grata particularmente àqueles que no cotidiano me ofereceram um pouco ou tudo de si.

SUMÁRIO

| | Página |
|--|--------|
| LISTA DE FIGURAS..... | ii |
| RESUMO..... | iii |
| ABSTRACT..... | iv |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA..... | 3 |
| 2.1 Efeito da salinidade sobre o metabolismo geral das plantas..... | 3 |
| 2.2 Acumulação e distribuição de íons salinos..... | 4 |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS..... | 6 |
| 3.1 Condições de crescimento..... | 6 |
| 3.2 Colheita das plantas..... | 7 |
| 3.3 Concentração de cloreto em tecidos de parte aérea e raízes..... | 8 |
| 3.4 Concentrações de Sódio e Potássio em tecidos de parte aérea e de raízes. | 8 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 9 |
| 5. CONCLUSÕES..... | 19 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 20 |

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Acumulação de massa seca total (A), acumulação de massa seca da parte aérea e das raízes nas plantas controle (B) e tratadas com 100 mol m^{-3} de NaCl (C). As barras significam o desvio padrão da média.

Figura 2. Relação entre a parte aérea e as raízes nas plantas controle e tratadas com 100 mol m^{-3} de NaCl.

Figura 3. Concentrações de Na^+ (A), Cl^- (B) e K^+ (C) na parte aérea das plantas controle e tratadas com 100 mol m^{-3} de NaCl. As barras significam o desvio padrão da média.

Figura 4. Concentrações de Na^+ (A), Cl^- (B) e K^+ (C) nas raízes das plantas controle e tratadas com 100 mol m^{-3} de NaCl. As barras significam o desvio padrão da média.

Figura 5. Relação entre K^+ e Na^+ na parte aérea e nas raízes nas plantas controle e tratadas com 100 mol m^{-3} de NaCl.

RESUMO

UFCG - BIBLIOTECA

Esta pesquisa foi conduzida para investigar variações no modelo de distribuição de íons e de crescimento em plantas de algarobeira (*Prosopis juliflora*, Benth), angico *Piptadenia (macrocarpa*, Benth), jurema-preta (*Mimosa hostilis*, Benth.), e leucena (*Leucaena leucocephala*, Benth.), com 30 dias de idade, cultivadas durante 20 dias, e irrigadas com solução nutritiva de Hoagland e Arnon com 100 mol m^{-3} de NaCl, em casa de vegetação. A salinidade afetou de forma expressiva a produção e o acúmulo de massa seca total nas plantas de jurema e leucena enquanto que, para as plantas de algarobeira e angico, esse efeito foi menor. Em presença da NaCl, a concentração interna de íons salinos, nas espécies estudadas, foi aumentada com particular destaque para o íon Cl^- . O conteúdo de K^+ decresceu nas raízes e foi estável na parte aérea. A habilidade, ou não, dessas plantas regularem a absorção e a acumulação de Na^+ , Cl^- e K^+ sugere um modelo diferencial para a seletividade K^+/Na^+ . Desta forma, as plantas jovens de Leucena, com maior decréscimo na produção de massa seca (60%), exibiram um valor de 0,25 para a relação K^+/Na^+ na parte aérea. Por outro lado, para as plantas jovens de algaroba, onde se registraram os menores decréscimos na acumulação de massa seca (15%), a relação K^+/Na^+ na parte aérea foi de 1,20. Esses resultados sugerem que os processos de transporte de íons são de crucial importância devido ao fato de que esses são, presumidamente, essenciais para o controle da absorção e dos níveis intracelulares de íons e de sua compartimentação vacuolar, em condições restritivas de crescimento.

ABSTRACT

This work was carried out for the propose to study the changes that occur on the pattern of ion distribution and on the growth responses of (*Prosopis juliflora*, Benth.), (*Pipdenia macrocarpa*, Benth.), (*Mimosa hostilis*, Benth.) and (*Leucaena leucocephala*, Benth.) 30-day-old seedlings following growth during 20 days in sand daily watered with nutrient solution loading 100 mol m⁻³ NaCl, under green house condition. Salinity strongly affected total plant dry mass of *Mimosa hostilis* and *Leucaena leucocephala* while in *Prosopis juliflora* and *Piptadenia macrocarpa* dry mass being affected at a lesser extent. The concentration of salt ions greatly increased, and Cl⁻ content of plants was higher than did Na⁺. In addition, K⁺ content decreased in root and contrarily it did not change in shoot. The ability or no of these plants to regulate Cl⁻, Na⁺, and K⁺ uptake and accumulation, ensured differentiated pattern of K⁺/Na⁺ selectivity. Thus, *Leucaena leucocephala* plants having higher decrease of total dry mass (by 60%) had K⁺/Na⁺ of shoot by 0.25 while *Prosopis juliflora* plants to which total dry mass had only slight decreased (by 15%) presented K⁺/Na⁺ of shoot by 1.20. Finally, it could be suggested that transport processes of ion across membranes are of crucial importance because these are presumed to be the most essential for the control of intracellular salt ion uptake and its vacuolar compartmentation.

1. INTRODUÇÃO

Os solos afetados por sais podem causar efeitos adversos no crescimento da maioria das plantas, causando redução na produção em níveis antieconômicos, constituindo-se em um sério problema nas áreas irrigadas e, principalmente, em regiões áridas e semi-áridas.

Todas as águas naturais sejam de origem pluvial, superficial ou subterrânea, apresentam quantidades diferenciadas de sais dissolvidos, que variam de um local para outro como também, ao longo do tempo. Sabe-se que a água usada por meio da irrigação é a principal fonte de salinização dos solos, podendo torná-los inviáveis à produção agrícola da maioria das culturas. Neste sentido, vários trabalhos têm sido desenvolvidos para avaliar o efeito da salinidade do solo e da água no rendimento das culturas de interesse agrícola e florestal. Contudo, estudos desta natureza com espécies florestais nativas da Região Semi-Árida/NE são poucos ou praticamente inexistentes.

Na Região Semi-Árida/NE é bastante conhecido o potencial de várias espécies nativas que embora não estejam sendo exploradas convenientemente, vêm sendo destruídas sistematicamente nos últimos anos. Por sua multiplicidade de uso, as espécies florestais nativas da Região Semi-Árida apresentam grande valor econômico para o homem nordestino, no tocante à alimentação, medicina alternativa, produção de madeiras, e produtos industriais (fibras, óleos, resinas, ceras, tanino, etc.) Portanto, há necessidade de se mostrar cientificamente o potencial de muitas espécies para que sejam

exploradas de forma racional, proporcionando sua fixação, bem como, a fixação do homem no sertão.

Considerando, contudo, que essas espécies de plantas são adaptadas às severas condições de clima e de solo reinantes na região semi-árida, é razoável a sugestão que podem se constituir em uma importante alternativa para o aproveitamento e/ou recuperação de áreas salinizadas ou em processos de salinização, condições em que a exploração de muitas espécies agrícolas é inviável. Desta forma, o presente estudo foi conduzido com o objetivo de elucidar a extensão relativa que a acumulação de K^+ no tecido é afetada pela salinidade em plantas jovens de algarobeira, angico, jurema preta e leucena, como também investigar o modelo de distribuição de Na^+ e Cl^- entre parte aérea e raízes nessas plantas e, conseqüentemente a resposta de crescimento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Efeitos da salinidade sobre o metabolismo geral das plantas

Os solos irrigados, especialmente aqueles que ocorrem em regiões semi-áridas, apresentam grandes quantidades de sais solúveis o que pode limitar grandemente o crescimento da maioria das espécies de plantas cultivadas (Viégas et al., 2001). Nessas condições, a influência do estresse salino sobre o metabolismo geral das plantas é agravada pela ação simultânea de outros fatores xerotérmicos, em particular as altas temperaturas.

O efeito da salinidade sobre o crescimento de plantas tem sido o foco principal da pesquisa uma vez que o estresse salino é o fator ambiental que mais limita a produtividade das culturas, sendo a resposta das plantas a esta forma de estresse um fenômeno bastante complexo que envolve modificações morfológicas e em importantes processos fisiológicos e bioquímicos (Fougère et al., 1991).

Comparações sobre o que tem sido interpretado como sendo uma resposta adaptativa à salinidade, entre várias espécies de plantas, tem levado a conclusão que algumas espécies tolerantes apresentam um mecanismo complexo que permite adaptação aos efeitos deletérios do estresse salino (Niu et al., 1995). Desta forma, durante esta última década, vários esforços têm sido conduzidos no sentido de se estabelecer as variações dinâmicas que ocorrem em nível fisiológico e bioquímico durante o estresse salino (Montero et al., 1997), e tem sido sugerido que a sobrevivência e o crescimento em condições de salinidade é o resultado de respostas adaptativas a exemplo do transporte

de íons e compartimentalização, síntese de solutos osmoticamente compatíveis e acumulação levando a um ajustamentos osmótico e, particularmente, exclusão e compartimentação de íons específicos como Na^+ e Cl^- em um nível que seja compatível com o crescimento e com o desenvolvimento das plantas (Munns e Termaat, 1986; Delauney e Verma, 1990; Viégas e Silveira, 1999).

2.2. Acumulação e distribuição de íons salinos

A aquisição e distribuição do íon Na^+ por plantas cultivadas em ambiente salino, em grandes concentrações porém em níveis não tóxicos, têm sido amplamente demonstrada, sendo este fato exemplificado por aqueles casos em que a compartimentalização do íon Na^+ é acompanhada por sua exclusão da parte aérea (Cheeseman, 1988). A exclusão do íon Na^+ das folhas em desenvolvimento e sua preferencial acumulação nas folhas mais velhas têm sido observadas em arroz (Yeo e Flowers, 1982) e em cajueiro (Viégas, 1999). No último exemplo, a exclusão de Na^+ ocorreu das folhas em desenvolvimento para as folhas maduras e raízes. Porém, segundo o autor, esse fenômeno somente se manifesta nos estágios iniciais do estresse salino. Viégas (1999), comenta, ainda, que esse processo em plantas jovens de cajueiro sofre uma ruptura com o aumento do tempo de exposição à salinidade uma vez que a plasmalema perde sua integridade por efeito da concentração externa de Na^+ .

É interessante ressaltar que plantas que apresentam alta capacidade de exclusão e compartimentação de Na^+ não garantem que um decréscimo na disponibilidade interna de nutrientes não venha a ocorrer em condições de

salinidade, particularmente com relação a K^+ e NO_3^- . Este fato, a princípio, pode ser explicado tanto por uma redução na absorção como por competição entre os íons nutrientes e Na^+ e Cl^- (Bottacin et al., 1982). Ademais, tem sido amplamente observado que a salinidade provoca distúrbios na integridade das membranas celulares mediante modificações em sua estrutura (Kuiper, 1984).

Com relação a plasmalema, o Ca^{2+} pode ser trocado por Na^+ o que pode constituir uma resposta primária da planta à salinidade (Cramer et al., 1995), e com isto a seletividade K^+/Na^+ ser alterada. De acordo com Niu et al. (1995), um aumento na relação K^+/Na^+ pode representar uma significativa adaptação a altas concentrações externa de NaCl. De forma geral, tem sido especulado que um aumento na seletividade K^+/Na^+ durante a absorção e uma redução na translocação de Na^+ das raízes até a parte aérea contribui para a tolerância à salinidade em espécies glicófitas.

Finalmente, apesar dos solos de regiões semi-áridas serem potencialmente afetados pela salinidade, estudos envolvendo plantas perenes nativas desta região não são facilmente acessíveis na literatura pertinente.

3. MATERIAS E MÉTODOS

3.1. Condições de crescimento

Sementes de algaroba, angico, jurema-preta e leucena foram esterilizadas superficialmente por 15 minutos, em uma solução de hipoclorito de sódio a 5% (v/v) , e posteriormente lavadas com excesso de água destilada durante 5 minutos. As sementes de algarobeira, jurema-preta e de leucena sofreram tratamento adicional para quebra de dormência através da imersão em água a 100 °C, por 5 segundos. Em seguida, as sementes foram postas para germinar em caixa de polietileno (12 cm em altura x 30 cm em largura) contendo areia lavada. Durante o período de germinação o substrato (areia) foi irrigado duas vezes, a cada dia, com uma solução contendo $1,0 \text{ mol m}^{-3}$ de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. A emergência total das plântulas ocorreu em um período que variou entre 4 e 7 dias.

Após a germinação, um grupo homogêneo de plantas jovens de cada espécie foi transferido (entre 8 e 12 dias da germinação) para recipientes plásticos contendo $0,5 \text{ dm}^3$ de areia, em condições de casa de vegetação. Nessa fase, irrigações com a solução nutritiva de Hoagland e Arnon com $\frac{1}{4}$ de sua força iônica original foram feitas diariamente durante um período de 5 dias, quando então a força iônica da solução nutritiva foi elevada para $\frac{1}{2}$ dos valores originais. Quando as plantas atingiram 30 dias de idade, a solução nutritiva recebeu 100 mol m^{-3} de NaCl. Plantas cultivadas sem a presença de NaCl, na solução, constituíram o controle experimental. O cultivo em presença de NaCl teve uma duração de 20 dias. Ao final deste período, as plantas foram colhidas

e separadas em parte aérea e raízes, para posterior quantificação da acumulação de massa seca bem como análises químicas.

Com o objetivo de permitir somente pequenas variações na concentração de íons, próximo ao ambiente radicular, as irrigações diárias foram conduzidas com um volume de solução nutritiva correspondente a três vezes ($250 \text{ mL vaso}^{-1} \text{ planta}^{-1}$) a capacidade de campo do substrato. O pH da solução nutritiva foi estabelecido em 5,5. No interior da casa de vegetação, a temperatura máxima do ar variou de $33 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ durante o dia e a mínima, durante a noite, de $25 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$. A umidade relativa manteve-se próxima de 40% durante o dia e 50% durante a noite. O experimento, inteiramente casualizado, teve 6 repetições independentes por tratamento, e uma planta por vaso.

3.2. Colheita das plantas

Na época da colheita, as plantas foram retiradas dos vasos sendo o excesso de solução nutritiva das raízes removido mediante lavagem com água destilada em excesso. Em seguida, as plantas foram separadas em parte aérea e raízes, e submetidas à secagem, em estufa de circulação forçada de ar, a $90 \text{ }^\circ\text{C}$, até a obtenção de massa constante, quando então foram determinadas as massas secas individuais, em balança analítica. Parte deste material foi utilizado para posterior extração e análise de seus teores em Cl^- , Na^+ , e K^+ .

3.3. Concentração de cloreto em tecidos de parte aérea e raízes

O método utilizado para estimativa do teor de cloreto na planta, foi o da titulação com nitrato de prata, descrito por Malavolta (1989). Amostras previamente secadas em estufa (100mg) de tecido vegetal foram acondicionadas em erlenmeyers e, posteriormente, submetidas a uma extração, em 25 mL de água destilada, em agitador horizontal, à 100 rpm, por 10 minutos. Após filtração, alíquotas de 10 mL do sobrenadante foram tratadas com 1,0 mL do indicador cromato de potássio ($K_2 CrO_4$), a 5,0%, quando então deu-se início à titulação com nitrato de prata ($AgNO_3$) 28 mmol dm^{-3} , até obtenção de uma coloração marron pálida. Cada mL de nitrato de prata gasto na titulação correspondeu a 2,5 mg de cloreto em 100 mg de massa seca (MS).

3.4. Concentrações de sódio e potássio em tecidos de parte aérea e de raízes

Após secagem do material vegetal (parte aérea e raízes), foram tomadas amostras de 100 mg que, depois de mineralizadas por via úmida, empregando-se a digestão nitricoperclórica (Sarruge e Haag, 1974), foram analisadas, e determinados os seus teores em sódio e em potássio por fotometria de chama (Malavolta et al., 1989).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da produção de massa seca mostram que, de forma geral, as plantas jovens de leucena, algaroba, angico, e jurema-preta apresentaram, em diferentes níveis de magnitude, sinais típicos de desordem no metabolismo geral.

Como pode ser observado na Figura 1A, a massa seca total produzida foi afetada, a uma extensão variada, em resposta a 100 mol m^{-3} de NaCl. Dentre os resultados obtidos, foi constatado que a salinidade não afetou significativamente ($P = 0,05$) a massa seca total produzida por plantas de algaroba. Nesta espécie de planta, a massa seca total foi, apenas, 10% inferior àquela observada nas plantas controle (Figura 1A). Recentemente, Viégas et al. (2002) constataram aumentos na produção de massa seca total em plantas de algarobeira cultivadas em 50 mol m^{-3} de NaCl (baixo nível de salinidade). Esses autores sugeriram que um aumento na atividade da síntese de proteínas, a ocorrência de ajustamento osmótico e, particularmente, compartimentação vacuolar de íons salinos (Na^+ e Cl^-) pareceram estar envolvidos na estimulação do crescimento ou, no mínimo, na sua manutenção, em condições de salinidade. Outros autores, que também encontraram similar comportamento, afirmam que dependendo da espécie de planta há uma definida variação da salinidade em que a síntese de proteínas é estimulada (Hall e Flowers, 1973). Por outro lado, contrariamente ao observado para as plantas de algarobeira, a salinidade reduziu significativamente ($P = 0,05$) a massa seca produzida nas plantas jovens de leucena e jurema preta (Figura 1A).

Comparando-se o modelo de partição de massa seca entre a parte aérea e as raízes, nas plantas controle e tratadas com NaCl (Figura 1B, C), observa-se que, excluindo-se as plantas de angico, a resposta observada foi similar entre as demais espécies, sendo a parte aérea aquela mais afetada pela salinidade. Por exemplo, nas plantas de algaroba as massas secas da parte aérea e das raízes foram reduzidas em 20 e 11%, nas plantas de jurema em 45 e 37%, e nas plantas de leucena em 61 e 52%, respectivamente. Isto pode ser visto, em maiores detalhes, a partir da análise da relação entre parte aérea e raízes, a qual decresceu em todas às espécies investigadas (Figura 2). Desta forma, tem sido sugerido que esta tendência é, em parte, explicada por aumentos na exportação de carboidratos e proteínas da parte aérea até as raízes (Viégas e Silveira, 1999) permitindo que o crescimento radicular seja privilegiado mesmo em condições restritivas de crescimento. Adicionalmente, com bases em alguns resultados, esta estratégia fisiológica funciona em plantas que apresentem mecanismos os quais não permitam uma grande acumulação de íons tóxicos na célula preservando, desta forma, importantes enzimas com as envolvidas na da redução de CO_2 e NO_3^- .

Ainda em discussão sobre os efeitos práticos de um maior crescimento das raízes, em detrimento a um menor crescimento da parte aérea, no estudo conduzido por Viégas et al. (2002), apesar de ter havido estímulo ao crescimento das raízes, por efeito indireto da salinidade, esta parte da planta não preveniu a chegada de íons salinos, em níveis elevados, até a parte aérea,

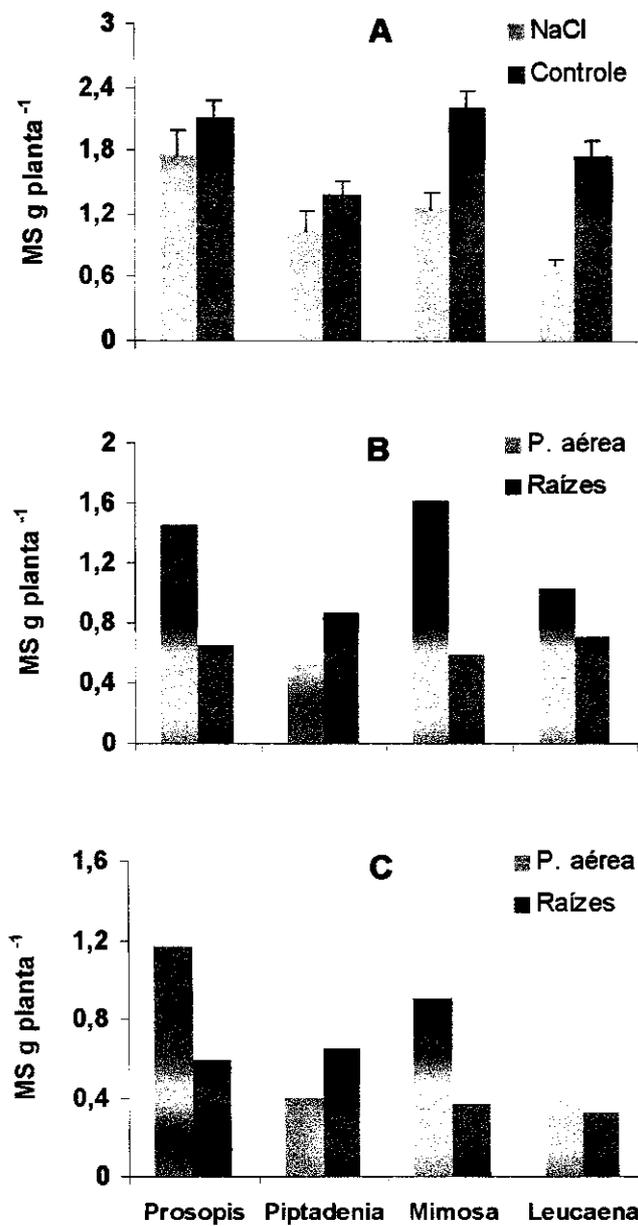


Figura 1. Acumulação de massa seca total (A), acumulação de massa seca da parte aérea e das raízes nas plantas controle (B) e tratadas com 100 mol m^{-3} de NaCl (C). As barras significam o desvio padrão da média.

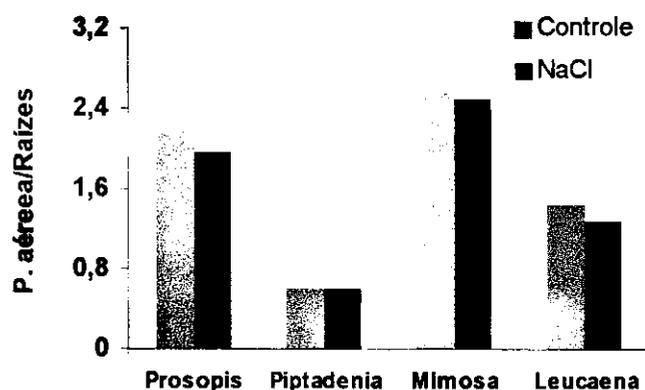


Figura 2. Relação entre a parte aérea e as raízes nas plantas controle e tratadas com 100 mol m^{-3} de NaCl (C).

em concentrações de NaCl variando de 75 a 100 mol m^{-3} de NaCl. De acordo com esses autores, as raízes da algaroba foram hábeis, apenas, em prevenir a acumulação de íons salinos em seu próprio tecido. Em razão deste fato, ao mesmo tempo em que os teores de Na^+ mantiveram-se estabilizados nas raízes, independente do nível de salinidade utilizado, na parte aérea, por outro lado, as concentrações de Na^+ aumentaram linearmente provocando, como consequência, um efeito mais depressivo da salinidade nesta parte da planta.

Não é fácil estabelecer, pela comparação de diferentes espécies de plantas, o que realmente determina reduções no crescimento em decorrência da salinidade. Contudo, algumas evidências têm permitido a sugestão de que o modelo de acumulação de íons salinos, particular a cada espécie vegetal, é uma importante ferramenta para elucidação e interpretação desta complexa interação que, a princípio, envolve a salinidade e o crescimento de uma determinada espécie de planta. Desta forma, os maiores decréscimos ocorridos na produção de massa seca foram observados nas plantas de jurema-preta e

de leucena (Figura 1A) as quais apresentaram as maiores concentrações internas dos íons de Na^+ e Cl^- , tanto na parte aérea como nas raízes (Figura 3A, B, 4A, B). É interessante ressaltar, que em todas as espécies investigadas foi identificada uma acumulação preferencial de um determinado íon relativamente a outro, uma vez que o conteúdo de Cl^- sempre prevaleceu sobre o de Na^+ . Pode ser, portanto, sugerido, que particularmente nas plantas de jurema-preta e leucena, as altas concentrações internas de Na^+ , observadas nestas espécies, tenham causado despolarização da plasmalema o que, de acordo com Skerrett e Tyerman (1994), permite que o Cl^- seja absorvido passivamente.

Estudos sobre importantes processos bioquímicos que regulam o crescimento da planta, a exemplo da assimilação de N, têm atribuído ao Cl^- , preferencialmente ao Na^+ , um efeito mais depressivo sobre o metabolismo geral (Winicov, 1998; Viégas & Silveira, 1999; Silveira et al. 1999; Silveira et al. 2001). Analizando-se os resultados obtidos neste estudo, é difícil estabelecer qualquer pressuposição sobre a magnitude em que os íons salinos afetaram o crescimento das plantas investigadas. Neste caso, duas situações necessitam de um melhor entendimento. A Primeira (uma grande redução na acumulação de massa seca), envolvendo as plantas de jurema-preta e leucena, onde quanto maior as concentrações internas de Na^+ e Cl^- maior foi a redução na acumulação de massa seca. A segunda (uma pouco expressiva redução na acumulação de massa seca), cujo decréscimo na massa seca total produzida não expressou, diretamente, as concentrações internas de Na^+ e Cl^- , tanto nas raízes como na parte aérea, como foi o caso observado para as plantas de algarobeira e de angico.

Uma vez que, é amplamente aceito o fato de que o Cl^- age como competidor de NO_3^- no processo da absorção (Aslam et al., 1984; Klobus et al., 1998), pode ser sugerido uma substancial redução na absorção de NO_3^- naquelas plantas em que uma substancial acumulação de Cl^- foi observada. Este fato, no mínimo em parte, pode explicar porque as plantas de jurema-preta e leucena apresentaram uma grande redução na acumulação de massa seca em resposta à salinidade. Com respeito a este modelo de comportamento, envolvendo o papel depressivo de Cl^- em relação à absorção de NO_3^- , Silveira et al. (2001) sugeriram que quanto maior a sensibilidade imposta pela salinidade sobre a absorção de NO_3^- mais severos são os efeitos deletérios da salinidade sobre o crescimento da planta.

Para uma melhor explicação destes confrontantes comportamentos, observados com relação às espécies investigadas, é interessante analisar os dados contidos na Figura 3C. Nesta figura, pode ser observado que as concentrações internas de K^+ foram praticamente inalteradas, por efeito da salinidade, na parte aérea enquanto que, nas raízes (Figura 4C), constataram-se reduções. Assim, enquanto as plantas de algarobeira (com redução de 15% na acumulação de massa seca) apresentaram um valor de 1,2 para a relação K^+/Na^+ . Contrariamente, as plantas de leucena (com redução de 60% na acumulação de massa seca) apresentaram um valor de 0,4 para a relação K^+/Na^+ (Figura 5A). Bottacin et al. (1984), encontraram uma relação K^+/Na^+ de 1,46 para genótipos resistentes e de 0,64 para genótipos sensíveis à salinidade. Estes autores concluíram que a resistência à salinidade é caracterizada pela manutenção de uma relação K^+/Na^+ compatível com os requerimentos

metabólicos da planta. Tem sido estabelecido, para as plantas superiores, um mecanismo duplo de absorção de K^+ , com alta e baixa afinidade por este íon, o qual se ajusta de acordo com o estímulo ambiental (Niu et al., 1995; Maathius et al., 1996). É possível, que plantas que apresentem uma alta seletividade K^+/Na^+ no sistema de absorção de K^+ , alcance um estágio com alta afinidade por este íon e, estabeleça com isto, uma redução no influxo de Na^+ .

Finalmente, uma menor acumulação de Na^+ na parte aérea observada nas plantas de algarobeira e angico parece apontar para um aumento na seletividade K^+/Na^+ do sistema de absorção de K^+ e, conseqüentemente, o contrário é esperado para as plantas de leucena e de jurema. Desta forma, de acordo com Binzel et al. (1988), genótipos que são mais resistentes à salinidade regula a absorção de íons, via plasmalema, em taxas compatíveis com a capacidade de compartimentação vacuolar. Ademais, os processos de transporte na plasmalema e tonoplasto que regulam o influxo e efluxo de íons, particularmente aqueles envolvidos na absorção e compartimentação de Na^+ , são de importância crucial para a adaptação à salinidade.

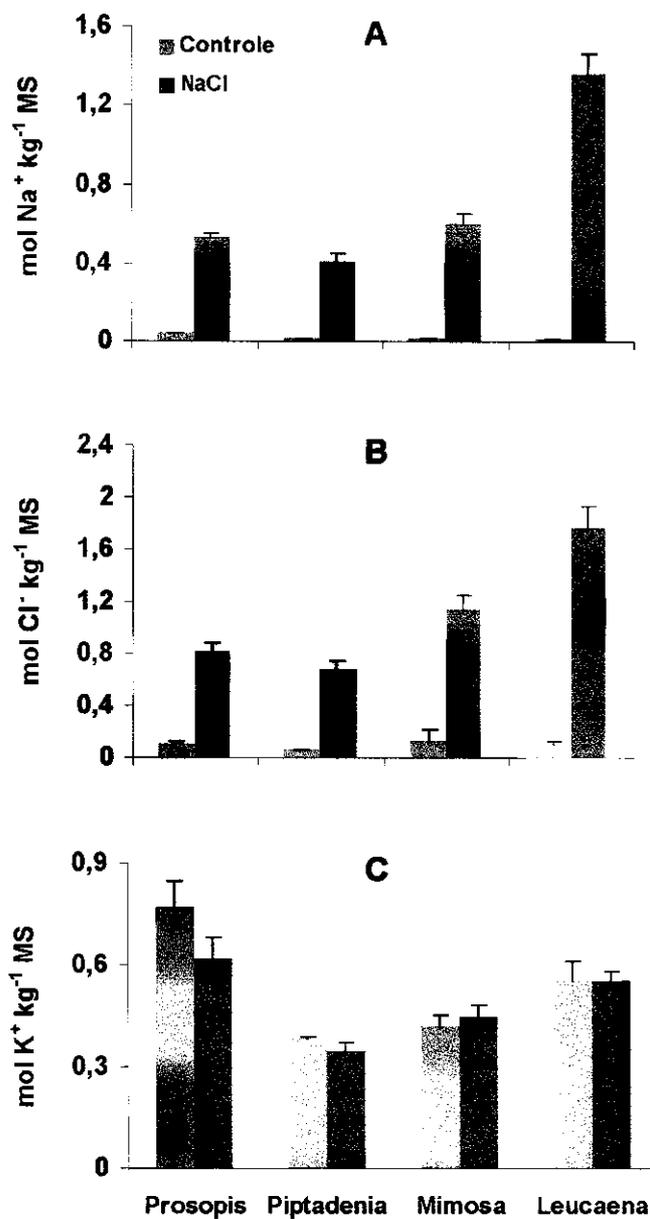


Figura 3. Concentrações de Na⁺ (A), Cl⁻ (B) e K⁺ na parte aérea das plantas controle e tratadas com 100 mol m⁻³ de NaCl. As barras significam o desvio padrão da média.

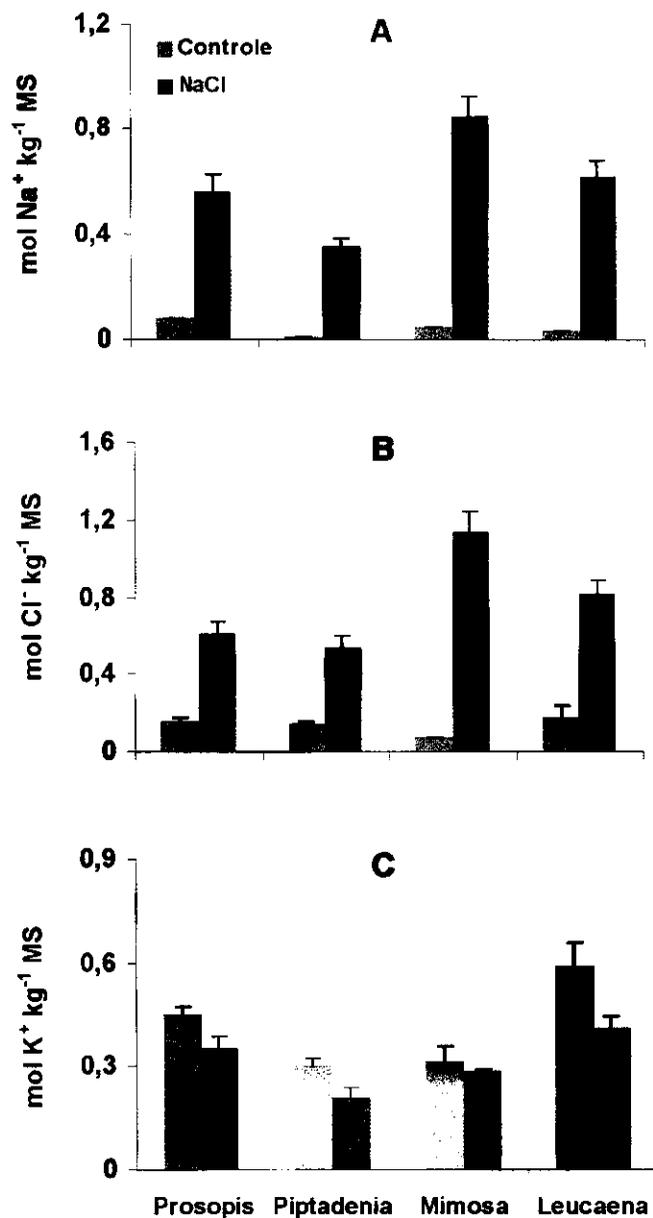


Figura 4. Concentrações de Na^+ (A), Cl^- (B) e K^+ nas raízes das plantas controle e tratadas com 100 mol m^{-3} de NaCl. As barras significam o desvio padrão da média.

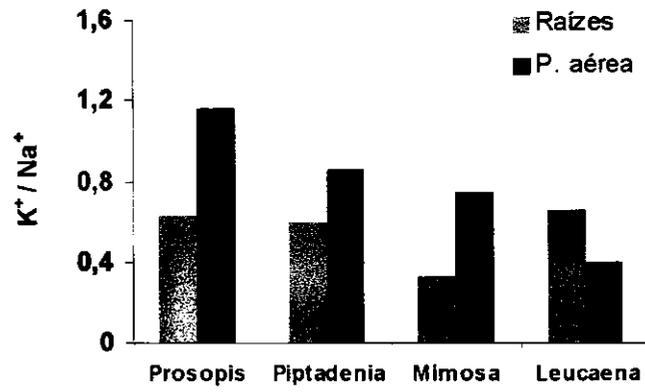


Figura 5. Relação entre K^+ e Na^+ na parte aérea e nas raízes nas plantas controle e tratadas com 100 mol m^{-3} de NaCl.

5. CONCLUSÕES

A salinidade, por NaCl, modificou o padrão de distribuição e acumulação de massa seca de todas as espécies estudadas. As reduções mais expressivas foram observadas nas plantas de leucena e de jurema-preta. Esse resultado, em parte, é explicado por uma excessiva acumulação de íons de Na^+ e K^+ nas raízes e parte aérea dessas espécies, comparativamente ao observado para as plantas de algaroba e angico, causando, provavelmente, toxicidade por íons específicos e, com isto, afetando o metabolismo geral com conseqüências graves para o crescimento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASLAM, M.; HUFFAKER, R. C.; RAINS, D.W. Early effects of salinity on nitrate assimilation in barley seedlings. *Plant Physiology, Rockville*, v. 76, p. 321-335, 1984.

BOTTACIN, A.; CACCO, G.; SACCOMANI, M. Nitrogen absorption and assimilation in NaCl-resistant and NaCl-susceptible millet genotypes (*Pennisetum americanum*). *Canadian Journal of Botany, Ottawa*, v. 63, p. 517-520, 1982.

CHAPMAN, H. D.; PRATT, P. F. *Methods of analysis for soils, plants and water*. Californian Division of Agriculture Science, Californian, 1961. 309 p.

CHESEMANN, J. M. Mechanisms of salinity tolerance in plants. *Plant Physiology, Rockville*, v. 87, p. 547-550, 1988.

CRAMER, G. R.; LAUCHLI, A.; POLITO, V. P. Displacement of Ca^{2+} by Na^{+} from the plasmalemma of root cells. *Plant Physiology, Rockville*, v. 79, p. 207-211, 1985.

DELAUNEY, A. J.; VERMA, D.P.S. A soybean gene encoding pyrrolyne 5-carboxylate reductase was isolated by functional complementation in *Escherichia coli* and is found to be osmoregulated. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v. 221, p. 299-305, 1990.

FOUGÈRE, F.; D. Le RUDTILIER; STREETER, J. G. Effects of salt stress on amino acids, organic acids, and carbohydrate composition of roots, bacteroids and cytosol of alfafa (*Medicago sativa* L.). *Plant Physiology*, Rockville, v. 96, p. 1228-1236, 1991.

KLOBUS, G.; WARD, M. R.; HUFFAKER, R. C. Characteristic of injury and recovery of net nitrate transport of barley seedlings from treatments of NaCl. *Plant Physiology*, Rockville, v. 87, 878-882, 1998.

KUIPER, P. J. C. Functioning of plant cell membranes under saline conditions. Membrane lipid composition and ATPases. In *Salinity tolerance in plants* (R. C. Staples and Toenniessen, eds), Wiley, New York, p. 77-91, 1984.

MAATHIUS, F. J. M.; DAWN VERLIN, F.; SMITH, F. A.; SANDERS, D.; FERNÁNDEZ, J. A.; WALKER, N. A. The physiological relevance of Na⁺-coupled K⁺-transport. *Plant Physiology*, Rockville, v. 112, p. 1609-1616, 1996.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas. Piracicaba: POTAFOS. 201 p. 1989.

MONTERO, E.; CABOT, C.; BARCELÓ, J.; POSCHENRIEDER, C. Endogenous abscisic acid levels are linked to decreased growth of bush bean plants treated with NaCl. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v. 101, p. 17-22, 1997.

MUNNS, R.; TERMAAT, A. Whole plant responses to salinity. *Australian Journal of Plant Physiology*, Melbourne, v.13, p.143-160, 1986.

NIU, X.; BRESSAN, R. A.; HASEGAWA, P. M.; PARDO, J. M. Ion homeostasis in NaCl stress environments. *Plant Physiology*, Rockville, v.109, p.735-742, 1995.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. Análise química de plantas. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 56 p. , 1974.

SILVEIRA, J. A. G.; MELO, A. R. B.; VIÉGAS, R. A.; OLIVEIRA, J. T. A. Salinity-induced effects on nitrogen assimilation related to growth in cowpea plants. *Environmental and Experimental Botany*, Memphis, v. 46, p. 171-179, 2001.

SILVEIRA, J. A. G.; CARDOSO, B. B.; MELO, A. R. B.; VIÉGAS, R. A. Salt-induced decrease in nitrate uptake and assimilation in cowpea plants. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Viçosa, v.11(2), p. 77-82, 1999.

SKERRETT, M.; TYERMAN, S. D. A channel that allows inwardly directed fluxes of anions in protoplasts derived from wheat roots. *Planta*, v. 192, p. 295-305, 1994.

SULTAN, N.; IKEDA, T.; KASHEM, M. A. Effect of foliar spray of nutrient solutions on photosynthesis, dry matter accumulation and yield in seawater-stressed rice. *Environmental and Experimental Botany*, v. 46, p. 129-140, 2001.

VIÉGAS, R. A. Assimilação de nitrogênio e acumulação de solutos em plantas de cajueiro em resposta ao estresse salino. Fortaleza: UFC, 1999, 85 p. Tese de Doutorado.

VIÉGAS, R.A; SILVEIRA, J.A.G. Ammonia assimilation and proline accumulation in young cashew plants during long term exposure to NaCl-salinity. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*. Viçosa, v. 11(3), p. 153-159, 1999.

VIÉGAS, R.A.; SILVEIRA, J. A. G.; LIMA JUNIOR, A. R.; QUEIROZ, J. E.; FAUSTO, M. J. M. Effects of NaCl-salinity on growth and inorganic solute accumulation of young cashew plants. *Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering*, Campina Grande, v.5, p.14-20, 2001.

VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G.; FAUSTO, M. J. M; SOUZA, C. N. Effects of salinity on ion partitioning and N content of young algaroba seedlings. *Plant and Soil*, Netherlands, (Env. para publicação), 2002.

WINICOV, I. New molecular approaches to improving salt tolerance in crop plants. *Annals of Botany*, London, v.82, p. 703-710, 1998.

YEO, A. R.; FLOWERS, T. J. Varietal differences in the toxicity of sodium ions in rice leaves. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v. 59, p. 189-195, 1982.