

CLEYTON DUTRA BARBOSA

**RESPOSTA DE PLANTAS JOVENS DE ALGAROBA
(*Prosopis juliflora* (S.W.) D.C.) À SALINIDADE**

Monografia apresentada à Coordenação do Curso
de Engenharia Florestal como parte dos
requisitos para obtenção do grau de Engenheiro
Florestal.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
PATOS - PARAÍBA
1996

RESPOSTA DE PLANTAS JOVENS DE ALGAROBA
(*Prosopis juliflora* (S.W.) D.C.) À SALINIDADE

CLEYTON DUTRA BARBOSA

Orientador: Prof. Antonio Lucineudo de Oliveira Freire

Monografia apresentada à Coordenação do Curso
de Engenharia Florestal como parte dos
requisitos para obtenção do grau de Engenheiro
Florestal.

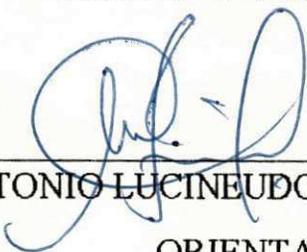
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
PATOS - PARAÍBA
1996

RESPOSTA DE PLANTAS JOVENS DE ALGAROBA (*Prosopis juliflora* (S.W.) D.C.) À SALINIDADE.

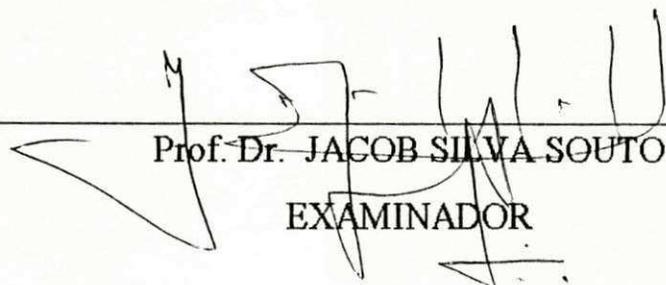
CLEYTSON DUTRA BARBOSA

Aprovada em

BANCA EXAMINADORA



Prof. ANTONIO LUCINEUDO DE OLIVEIRA FREIRE
ORIENTADOR



Prof. Dr. JACOB SILVA SOUTO
EXAMINADOR

Prof. DIÉRCULES RODRIGUES DOS SANTOS
EXAMINADOR



Biblioteca Setorial do CDSA. Maio de 2022.

Sumé - PB

À Deus, por me conceder saúde, inteligência,
equilíbrio e capacidade de superar todos
os obstáculos no decorrer destes anos.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

O autor expressa sinceros agradecimentos:

À Universidade Federal da Paraíba por conceder a conclusão deste curso;

Ao professor Antonio Lucineudo de Oliveira Freire pela atenciosa orientação, amizade, apoio e oportunidade à realização deste trabalho;

À minha noiva Deborah pela paciência, apoio e incentivo nos momentos difíceis, carinho e agradável convivência durante nossa união;

Aos professores Jacob Silva Souto, Diércules Rodrigues dos Santos, Lúcio Valério Coutinho de Araújo e José Romilson Paes de Miranda, pela amizade, incentivo, ensinamentos e sugestões apresentadas ao trabalho;

Aos meus pais Ivan e Maria, meus irmãos e familiares pelo carinho e incentivo;

Aos colegas José Roberto, Francisca M. Barbosa e Silvio pela amizade;

Ao laboratorista Carlos e à colega Rosa Maria pelo auxílio;

A todos os colegas do curso de Engenharia Florestal, pela colaboração e convivência durante o decorrer do curso e a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

| | Página |
|---|--------|
| LISTA DE TABELAS | vi |
| LISTA DE FIGURAS | vii |
| RESUMO..... | viii |
| SUMMARY..... | ix |
| | |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA..... | 3 |
| 2.1. A Salinidade e o Crescimento das Plantas..... | 3 |
| 2.2. Efeito da Salinidade Sobre a Absorção de Íons..... | 5 |
| | |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS..... | 8 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 10 |
| 4.1. Crescimento das Plantas..... | 10 |
| 4.2. Teores de Nutrientes..... | 14 |
| | |
| 5. CONCLUSÕES..... | 17 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 18 |
| 7. APÊNDICE..... | 24 |

LISTA DE TABELAS

| | Página |
|--|--------|
| TABELA 1- Altura, diâmetro do coleto e taxa de crescimento relativo de plantas de algaroba em função dos níveis de salinidade..... | 25 |
| TABELA 2- Peso da matéria seca da parte aérea e de raízes de plantas de algaroba em função dos níveis de salinidade | 26 |
| TABELA 3- Teores foliares de nutrientes em plantas de algaroba em função dos níveis de salinidade | 27 |

LISTA DE FIGURAS

| | Página |
|---|--------|
| FIGURA 1- Altura de plantas de algaroba em função dos níveis de salinidade..... | 12 |
| FIGURA 2- Diâmetro do coleto de plantas de algaroba em função dos níveis de salinidade | 13 |
| FIGURA 3- Produção de matéria seca da parte aérea e das raízes de plantas de algaroba em função dos níveis de salinidade..... | 13 |
| FIGURA 4- Teores foliares de nutrientes em plantas de algaroba em função dos níveis de salinidade | 16 |

RESPOSTA DE PLANTAS JOVENS DE ALGAROBA (*Prosopis juliflora* (S.W.)D.C.) À SALINIDADE.

Autor: CLEYTON DUTRA BARBOSA

Orientador: PROF. ANTONIO LUCINEUDO DE OLIVEIRA FREIRE

RESUMO

O presente trabalho, conduzido no Viveiro Florestal pertencente ao DEF/CSTR/UFPB, teve como objetivo verificar o comportamento de plantas jovens de algaroba em relação à salinidade, notadamente no que se refere ao crescimento e à absorção de Na e K. As plantas foram submetidas aos tratamentos com 0 ; 30; 60; 90; 120; e 150 mM de NaCl, em solução nutritiva, durante 45 dias. Quinzenalmente, avaliaram-se altura e diâmetro do coleto das plantas. No final do experimento avaliaram-se a produção de matéria seca da parte aérea e raízes e a concentração de Na e K da parte aérea. De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que: a salinidade imposta pela aplicação de 60 mM de NaCl beneficiou as plantas de algaroba, por possibilitar aumento no crescimento, mostrando que esta espécie se beneficia de condições moderadas de salinidade no substrato. As concentrações de NaCl acima de 60 mM prejudicaram as plantas em virtude de, provavelmente, terem causado um desequilíbrio nutricional, diminuindo o crescimento e o acúmulo de K.

RESPONSE OF YOUNG ALGAROBA (*Prosopis juliflora* (S. W.)
D. C.) PLANTS TO SALINITY.

AUTHOR: CLEYTON DUTRA BARBOSA

TUTOR: PROF. ANTONIO LUCINEUDO DE OLIVEIRA FREIRE

SUMMARY

The present study, conducted in the Forestry nursery belonging to the DEF/CSTR/UFPB, has as an objective to verify the behaviour of young algaroba plants in relation to salinity, especially regarding growth and absorption of Na and K. The plants were submitted to treatments with 0; 30; 60; 90; 120; 150 mM of NaCl; in nutritious solution, during 45 days. Fortnightly, the height and diameter of the connecting point of root and stem of the plants were evaluated. At the end of the experiment, the production of dry matter by the aerial parts and roots were evaluated, and also the concentration of Na and K in the aerial parts. According to the results obtained, it was concluded that, the salinity imposed by the application of 60 mM of NaCl was beneficial to the algaroba plants, because it enabled an increase in growth, showing that this species benefits in moderate conditions of salinity in the substratum. The concentrations of NaCl above 60mM damaged the plants by probably having caused a nutritional unbalance, reducing growth and accumulation of K.

1. INTRODUÇÃO

A salinidade e sodicidade são condições do solo que ocorrem principalmente em regiões áridas e semi-áridas, sendo que estes solos ocupam cerca de 33% dos solos potencialmente aráveis do mundo, prejudicando a agricultura nestas regiões.

Estas áreas com problemas de salinidade vêm aumentando anualmente em função tanto da influência climática como de irrigações com água inadequada. No Brasil, estas áreas estão localizadas, principalmente, no semi-árido nordestino, onde os solos apresentam reação básica.

A baixa precipitação pluviométrica, menor grau de intemperização química dos minerais, elevada evapotranspiração, presença de camadas adensadas e drenagem deficiente proporcionam a formação de solos rasos e concentrados em minerais facilmente intemperizáveis que, solubilizados, originam sais que se acumulam no solo.

A salinidade do solo, especialmente se causado por NaCl, afeta a morfologia, anatomia e metabolismo das espécies vegetais (Solomon et al, 1986; Kuiper et al., 1988; Mladenova, 1990), a nutrição mineral e teor de açúcares (Prat & Fathi-Ettai, 1990), além de reter água, tornando-a cada vez menos disponível às plantas, afetando o crescimento e o rendimento das mesmas.

Muitos trabalhos sobre salinidade têm sido conduzidos com culturas agrícolas (Swarup, 1986; Tomar et al., 1987). Entretanto, são escassas as informações sobre o comportamento de espécies arbóreas em solos com problemas de salinidade (Yadav, 1980).

Como parte de um grande programa da FAO, no uso de plantas tolerantes ao estresse para melhoria da produtividade de regiões áridas e semi-áridas, estão em andamento vários estudos com espécies *Prosopis* objetivando identificar seu possível papel no manejo de ambientes salinos (Valenti et al., 1991).

O gênero *Prosopis* inclui espécies que sobrevivem em condições de alta salinidade e baixa fertilidade do solo, além de resistirem a longos períodos de seca enquanto continuam produzindo vagens satisfatoriamente (Habit (1981), citado pôr Valenti et al., 1991). As vagens de *Prosopis* sp estão entre os mais velhos alimentos usados pelo homem pré-histórico ocidental e constitui uma fonte de proteínas e carboidratos para muitos moradores do deserto das Américas do Norte e do Sul até o presente momento (Valenti et al., 1991), além de se constituir em uma excelente ração animal.

Diante do exposto, desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de verificar o comportamento de plantas jovens de algaroba em relação à salinidade, notadamente no que se refere ao crescimento e à absorção de Na e K.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Efeito da salinidade sobre o crescimento das plantas

O excesso de sais no solo diminui o crescimento e o desenvolvimento das plantas por reduzir o potencial osmótico e/ou pelos efeitos tóxicos específicos dos íons sobre vários processos metabólicos.

O excesso de Na e, numa proporção ainda maior, de Cl tem uma tendência acentuada a causar intumescimento protoplasmático. Além disso, afeta a atividade das enzimas, causando mudanças quantitativas e qualitativas no metabolismo. Estas mudanças resultam em inadequada produção de energia, distúrbios na assimilação de nitrogênio, alterações no padrão de aminoácidos (aumento relativo em prolina) e anomalias do metabolismo de proteínas. Estas anomalias causam a formação de produtos intermediários e finais tóxicos, causando redução na produção de matéria seca e a taxa de crescimento, prejudicando, especialmente, o crescimento das raízes (Larcher, 1986).

Há algumas evidências diretas que alta concentração interna de Cl⁻ e/ou Na⁺ reduz o crescimento. Isto vem de evidências que separam os efeitos do excesso de íons do déficit hídrico: a) crescimento ou rendimento de algumas espécies é reduzido pelo Cl⁻ (5-10 mM) mesmo quando os efeitos do baixo potencial hídrico são improváveis, por exemplo, abacate (Downton, 1978); b) em condições de alta pressão osmótica externa, o crescimento de feijão e milho (sensíveis ao sal) e de cevada (tolerante ao sal) foi substancialmente melhor em polietileno glicol (PEG) do que em soluções

salinas, mostrando uma forte evidência do efeito do excesso de íons nessas plantas (Lawlor, 1970).

As plantas mantidas sob condições de salinidade apresentam redução na taxa de crescimento (Santos, 1995), a qual pode ser uma consequência da necessidade de ajustamento osmótico pela planta, o qual pode ser conseguido pelo acúmulo de íons K^+ ou de solutos orgânicos (Bernstein, 1975; Williamson & Coston, 1989). As folhas tendem a apresentar cor verde escuro, com menor tamanho e maior succulência.

A sensibilidade à salinidade de uma dada espécie ou cultivar pode variar durante as diferentes fases do crescimento, podendo diminuir ou aumentar, dependendo das espécies de plantas, cultivar ou fatores ambientais. Marschner (1986) afirma que arroz, tomate, trigo e cevada tem sua sensibilidade aos sais frequentemente aumentada após a germinação. No milho, a sensibilidade aos sais é particularmente alta na inflorescência e baixa durante o enchimento dos grãos (Maas et al., 1983).

Concentrações maiores que 50 mM de NaCl enfraqueceram processos fisiológicos (crescimento, fotossíntese, atividade da nitrogenase) em mudas de *Myrica cerifera*, sendo que a manutenção do crescimento limitado observado nas plantas tratadas com sal foi, aparentemente, devido à fotossíntese durante a manhã e antes de estresse do meio-dia (Sande & Young, 1992).

2.2 Efeito da salinidade sobre a absorção de íons

Redução no conteúdo total de cálcio nas raízes de cevada à medida que aumentava a concentração salina (1 a 30 mM de NaCl) foi observada por Lynch & Lauchli, 1985. Estes autores atribuíram este efeito a um possível deslocamento de cálcio pelo sódio nos sítios de troca do apoplasto.

Alta concentração externa de sódio reduz a atividade de íons cálcio nas raízes e conseqüentemente a sua disponibilidade às plantas (Cramer & Lauchli, 1986), o que explica a redução do cálcio no plasmalema em altas concentrações de sódio.

Os efeitos diversos do baixo potencial hídrico externo causados pela salinidade podem ser contornados pela absorção de eletrólitos, mas esta subida pode proporcionar o excesso de íons.

Em ampla revisão sobre os mecanismos de tolerância à salinidade em espécies não halófitas, Greenway & Munns (1980) afirmam que a sensibilidade aos sais de certas variedades é devido à absorção de quantidades relativamente altas de Cl^- e/ou Na^+ , ou seja, estas variedades experimentam um excesso de íons em suas folhas expandidas. Comparações tanto de espécies quanto de variedades mostram que a sensibilidade a altas concentrações foliares de Cl^- e/ou Na^+ é muito maior para não halófitas do que para halófitas, em virtude da compartimentação celular de íons em folhas nas não halófitas. Dessa forma, a maioria das espécies não halófitas, provavelmente, não têm habilidade para sincronizar a compartimentação de íons dentro de células foliares isoladas com um transporte alto de íons nas folhas. Não se sabe, para

espécies não halófitas, como os íons exercem seu efeito adverso, porém, acredita-se que seja na permeabilidade da membrana ou atividade enzimática. Alternativamente, altas concentrações de íons na água das paredes celulares diminuiria o turgor ou volume celular.

Os genótipos mais tolerantes de muitas espécies não halófitas evitam o excesso de íons mas podem, conseqüentemente, ser deficientes em solutos para regulação osmótica.

Evidências indiretas para excesso de íons são baseadas na relação entre concentrações internas de íons e tolerância ao sal. Altas concentrações de Cl^- em folhas expandidas de certas espécies estão associadas com clorose e morte, e estas injúrias ocorrem mesmo quando Na^+ em folhas é baixo, como por exemplo, em abacate (Bingham et al., 1968, citados por Greenway & Munns, 1980), uva (Bernstein et al., 1969) e em frutos de árvores e muitas outras espécies florestais (Bernstein, 1975).

A concentração de íons nas plantas mantidas sob condições de salinidade varia entre espécies. O Na^+ foi geralmente baixo em ramos de espécies sensíveis ao sal e alto em halófitas e que o aumento no Na^+ em espécies tolerantes à salinidade estava geralmente associado com um decréscimo em K^+ (Collander, 1941). Em contraste, em espécies sensíveis ao sal, o Na^+ de seus ramos geralmente aumentam a concentração de K^+ em 20-30% (Greenway et al., 1965).

Taxas de exportação a partir de folhas de cevada foram muito maiores para K^+ do que para Na^+ . A seletividade de K^+ sobre o Na^+ foi também encontrada durante transferência do xilema para o floema em caule de salgueiro (Hoad & Peel, 1965). A alta relação K/Na no floema pode ser devido a uma seletividade de K^+ sobre o Na^+ pelos sistemas de transporte de íons no

floema (Greenway et al., 1965; Hoad & Peel, 1965) e/ou uma relação K/Na maior no citoplasma do que no vacúolo de células foliares (Jeschke, 1979). Esta compartimentação pode ser parcialmente devido a uma permeabilidade muito menor no tonoplasto para Na^+ do que para K^+ (Yeo 1974, citado por Greenway & Munns, 1980). Há também evidência em raízes de cevada para uma substituição de K^+ no vacúolo pelo Na^+ (Jeschke, 1979). Assim, tanto em raízes e ramos pode haver regulação do total de Na^+ e K^+ ao invés das concentrações deste íons separadamente. Quando o teor de NaCl do solo é alto, a absorção de nutrientes minerais (K e Ca, em particular) é reduzida (Larcher, 1986).

Embora as raízes das plantas estejam diretamente expostas à solução do solo e sua absorção e retenção de íons ser maior que a translocação para a parte aérea, geralmente são menos afetadas pela salinidade que a parte aérea (Bernstein & Hayward, 1958). Resultados semelhantes foram obtidos por Hegal & Mengel (1979) que conduziram experimento em solução nutritiva objetivando avaliar a influência da salinização pelo NaCl (80 mM) e KCl (5 e 10 mM) na absorção do nitrogênio pela cevada. Estes autores observaram que todos os efeitos dos sais foram mais pronunciados na parte aérea que nas raízes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Viveiro Florestal, pertencente ao Departamento de Engenharia Florestal, do Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal da Paraíba, Patos-PB, utilizando-se plantas de algaroba (*Prosopis juliflora* (S.W.) D.C.), com 30 dias de idade.

As sementes foram tratadas em água a 100°C por 5 segundos, a fim de quebrar a dormência. Em seguida, foram semeadas em bandeja plástica contendo areia esterilizada. 30 dias após a germinação, as plantas de algaroba foram transplantadas para recipientes com capacidade para 2 litros, contendo solução de Hoagland & Arnon (1950) a "1/2 força" para a adaptação. Quatro dias após, as plantas foram mantidas em solução nutritiva com "força total" e, decorridos seis dias, foram aplicados os tratamentos de salinidade, quais sejam:

- T₁ - Testemunha (solução nutritiva sem NaCl);
- T₂ - 30 mM de NaCl;
- T₃ - 60 mM de NaCl;
- T₄ - 90 mM de NaCl;
- T₅ - 120 mM de NaCl;
- T₆ - 150 Mm de NaCl.

Cada tratamento tinha 4 repetições. O pH da solução era corrigido a cada 48 horas, mantendo-o próximo a 6,0, e a solução nutritiva renovada a cada 4 dias.

Quinzenalmente, após o início do tratamento (D.A.I.T.), foram avaliados o diâmetro do coleto e altura das plantas. Aos 45 dias após a

aplicação dos tratamentos, as plantas foram retiradas da solução e levadas à estufa a uma temperatura de 70°C, até obtenção de peso constante. Em seguida, determinou-se o peso da matéria seca da parte aérea e das raízes. Após a pesagem, realizou-se a moagem da parte aérea para determinação dos teores de Na e K. Para estas determinações, procedeu-se a digestão nitro-perclórica, no Laboratório de Nutrição Animal do CSTR, após a digestão, foi feita a dosagem dos nutrientes, no Laboratório de Solos e Água do CSTR, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1989).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Crescimento das plantas

A análise de variância revelou haver efeito significativo dos tratamentos sobre os parâmetros de crescimento avaliados (Apêndice).

Nos primeiros 15 dias, observou-se tendência às plantas que não foram mantidas em condições salinas (0 mM NaCl) apresentarem altura inferior àquelas que receberam 150 mM de NaCl, sendo que este comportamento inverteu-se quando as plantas foram avaliadas aos 30 e 45 dias (Figura 1).

Observa-se aumento no diâmetro do coleto, altura, taxa de crescimento relativo e produção de matéria seca das plantas à medida que se eleva o nível de NaCl na solução, até 60 mM, havendo, a partir desta concentração, um decréscimo gradativo (Figuras 1, 2, 3 e 4). Isto mostra que pode ter ocorrido um ajustamento osmótico das plantas até o nível de 60 mM de NaCl na solução, garantindo o crescimento das plantas, e que, acima deste valor a sensibilidade das plantas a esta condição adversa aumentou, indicando que estas plantas apresentam alguma tolerância a baixos níveis de salinidade, concordando com resultados obtidos por Villagra & Galera (1992) em plantas de *Prosopis strombulifera*, além de ressaltar a importância de se escolher o nível de salinidade a se trabalhar na seleção de materiais genéticos (Araújo, 1994).

O aumento nos valores destas características em virtude do aumento da salinidade até 60 mM de NaCl na solução pode ser explicada,

também, pelo aumento no teor de Cl neste substrato, uma vez que este elemento é essencial para as plantas. O Cl é um micronutriente exigido em grandes quantidades quando comparado a outros elementos desta categoria, necessário à fotólise da água e conseqüente doação de elétrons para o processo fotossintético (Malavolta et al., 1974). Sendo assim, as plantas que não receberam sal na solução nutritiva poderiam ter apresentado reduzida atividade fotossintética em virtude da pequena quantidade de cloro presente na mesma, causando redução no crescimento e na produção de matéria seca.

Observa-se que as plantas que não foram submetidas à salinidade apresentaram valores destes parâmetros maiores do que as plantas mantidas no mais alto nível de salinidade na solução (150 mM NaCl), mostrando que as plantas de algaroba não apresentam tolerância a esse nível elevado de sal na solução.

O efeito da salinidade sobre a altura, diâmetro do coleto e produção de matéria seca das plantas está de acordo com resultados obtidos por outros pesquisadores, os quais observaram que o excesso de NaCl nos substratos reduziu o crescimento e o desenvolvimento de plantas de várias espécies de interesse agrônômico (Greenway & Munns, 1980; Cramer & Lauchli, 1986; Araújo, 1994).

Estudando plantas de *Prosopis strombulifera*, Lopez Villagra & Galera (1992) observaram aumento no peso seco da parte aérea de duas progênies testadas após 180 dias em solução salina.

O excesso de Na e de Cl afeta a atividade das enzimas, causando mudanças quantitativas e qualitativas no metabolismo, que resultam em baixa produção de energia, distúrbios na assimilação de nitrogênio e no metabolismo de proteínas, refletindo na redução na produção de matéria seca e a taxa de

crescimento das plantas (Larcher, 1986). A redução na taxa de crescimento das plantas em função de níveis elevados de salinidade pode ser uma consequência da necessidade de ajustamento osmótico da planta, o que pode ser conseguido pelo acúmulo de solutos orgânicos (Williamson & Coston, 1989).

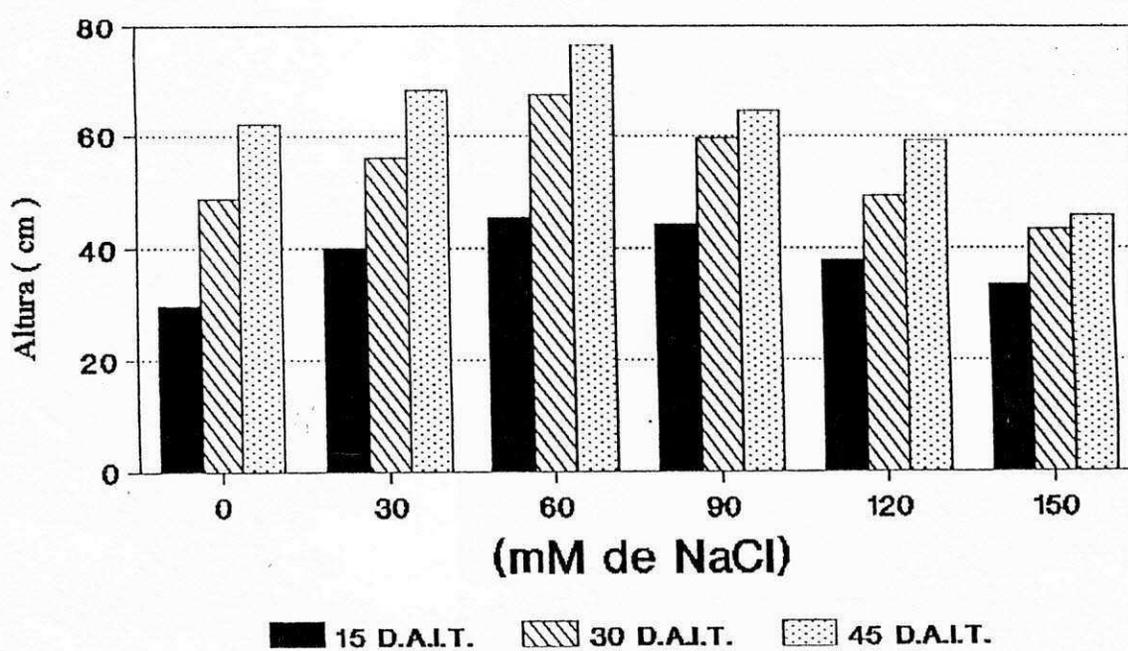


FIGURA 1: Altura de plantas de algaroba em função dos níveis de salinidade.

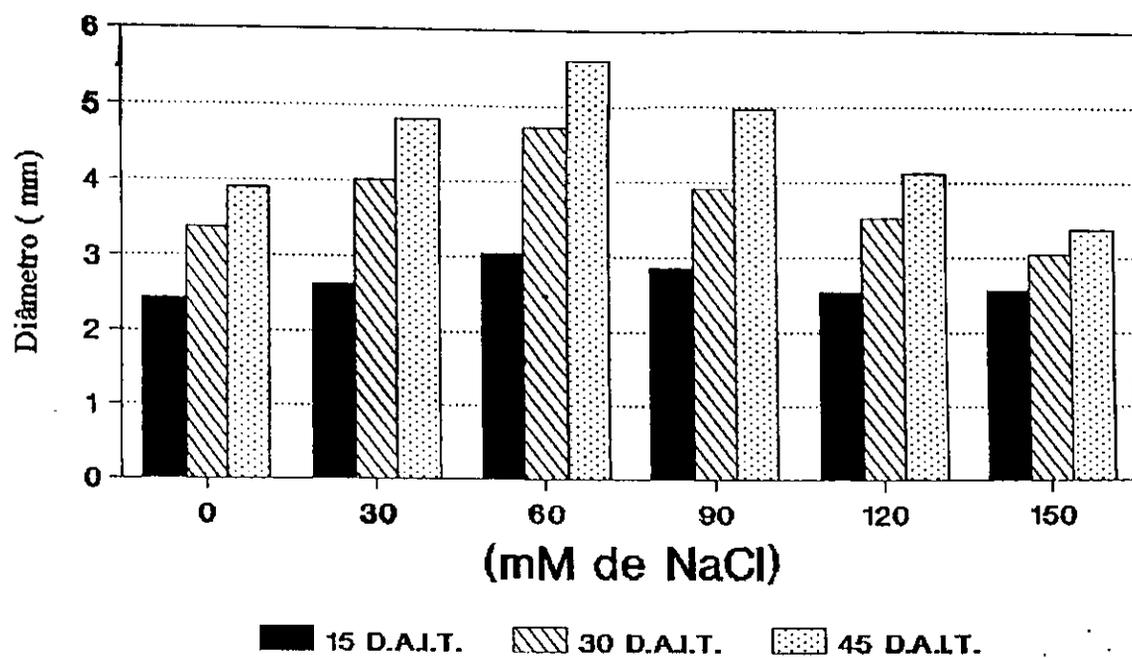


FIGURA 2: Diâmetro do coleto de plantas de algaroba em função dos níveis de salinidade.

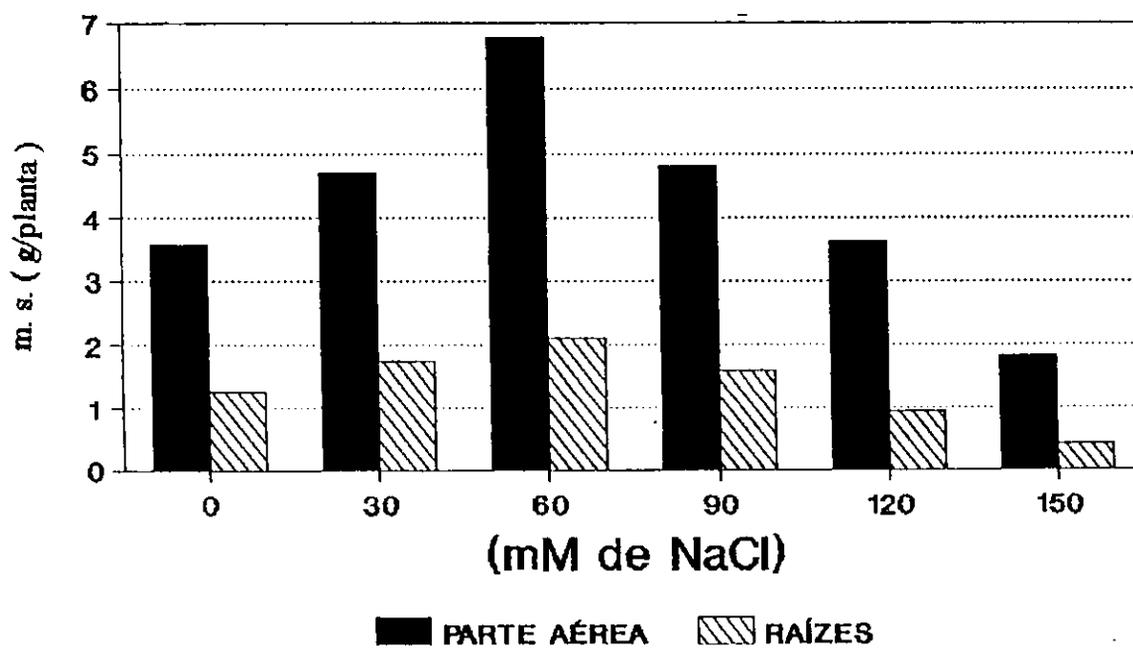


FIGURA 3: Produção de matéria seca da parte aérea e das raízes de plantas de algaroba em função dos níveis de salinidade.

4.2 Teores de nutrientes

Os teores de Na aumentaram à proporção que se elevou a dosagem de NaCl na solução nutritiva (Figura 4), onde o maior teor de Na (8,62 meq/l), observado nas plantas submetidas a 150 mM NaCl, foi cerca de 12 vezes mais elevado do que o encontrado nas plantas mantidas sob condições não salinas (0,72 meq/l).

O aumento na concentração de Na foi acompanhado por um decréscimo na de K (Figura 4). As plantas que não receberam NaCl na solução apresentaram cerca de 2 vezes mais K do que as plantas que cresceram em solução com 150 mM NaCl, evidenciando os efeitos do acúmulo de Na sobre a absorção de K. A relação Na/K (Figura 5) apresentou o mesmo comportamento do teor de Na (Tabela 3).

O acúmulo de Na pode ter favorecido o ajustamento osmótico das plantas de algaroba mantidas sob condições de salinidade até 60 mM de NaCl, garantido o crescimento e o acúmulo de matéria seca das plantas (Tabelas 1 e 2).

Estudando o comportamento de plantas de feijão em relação ao estresse salino (Araújo, 1994), observou que uma maior retenção de Na no caule e, principalmente, nos pecíolos, conferiu tolerância a essas plantas, reduzindo a concentração deste cátion nos sítios fotossinteticamente ativos (Araújo, 1994).

Aumento na concentração de Na e sua relação com a absorção de K foi observado por outros autores, em várias espécies. Collander (1941) observou que aumento no teor de Na em espécies tolerantes à salinidade estava

geralmente associado com uma redução em K. Em espécies de *Acacia*, Marcar et al. (1992) observaram que a adição de NaCl no substrato resultou em aumento na concentração de Na nos ramos e conseqüente redução na de K, aumentando assim a relação Na/K nos ramos destas plantas.

Reduções nos teores de K nas raízes de plantas de feijão foram observadas por Araújo (1994) e Bhivare & Nimbalkar (1984) e por Jeschke & Wolf (1988) em plantas de mamona submetidas a estresse salino.

O aumento na relação Na/K (Tabela 3) sugere que estas plantas apresentaram mais especificidade pelo Na do que pelo K, além de mostrar aumento na sensibilidade das plantas de algaroba a esta condição adversa. Esta sensibilidade foi manifestada muito mais claramente quando as plantas foram submetidas à maior dosagem de NaCl, causando desequilíbrio nutricional nestas plantas. Este desequilíbrio nutricional pode ter causado redução na absorção de nutrientes essenciais ao crescimento das plantas, o que pode ser evidenciado quando se observa as Tabelas 1 e 2, onde as plantas que receberam a maior dosagem de NaCl apresentaram os menores valores de altura, diâmetro, taxa de crescimento relativo e produção de matéria seca.

Com a redução na absorção do K, causado pelo acúmulo de Na nas plantas, várias alterações metabólicas podem ter sido desencadeadas, como acúmulo de aminoácidos e de compostos nitrogenados solúveis e diminuição na síntese protéica. Este acúmulo de aminoácidos e amidas causa bloqueio na síntese protéica e, conseqüentemente, na ação de enzimas vitais aos vários processos metabólicos (Malavolta et al., 1974), refletindo-se na redução no crescimento das plantas.

A informação do desequilíbrio nutricional concorda com os resultados obtidos por Bhivare & Nimbalkar (1984), Cramer et al. (1985) e

Araújo (1994), que verificaram desequilíbrio nutricional nos tecidos de plantas de feijão decorrente do excesso de Na. Esta hipótese tem suporte também nos resultados de Greenway & Munns (1980), que mostraram restabelecimento da relação K/Na em plantas tolerantes. Dessa forma, a relação Na/K parece ser um importante parâmetro na caracterização da tolerância ao estresse salino.

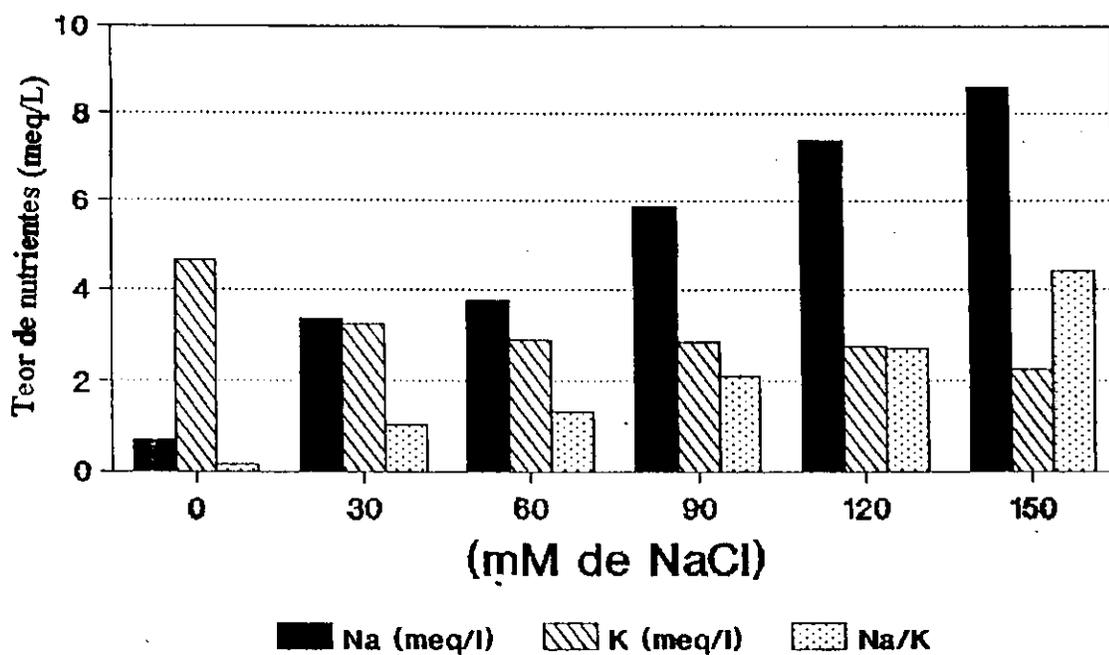


FIGURA 4: Teores foliares de nutrientes de plantas de algaroba em função dos níveis de salinidade.

5. CONCLUSÕES

Nas condições em que foi desenvolvido o presente trabalho, pode-se concluir que:

- a) A salinidade imposta pela aplicação de 60 mM de NaCl beneficiou as plantas de algaroba, por possibilitar aumento no crescimento, mostrando que esta espécie se beneficia de condições moderadas de salinidade no substrato;
- b) Concentrações de NaCl acima de 60 mM prejudicaram as plantas em virtude de, provavelmente, terem causado um desequilíbrio nutricional, diminuindo o crescimento e o acúmulo de K.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, C.A. de S. **Avaliação de feijoeiros quanto a tolerância à salinidade em solução nutritiva.** Viçosa:UFV, 1994. 87p. (Dissertação Mestrado).
- BERNSTEIN, L. Effects of salinity and sodicity on plant growth. **Ann. Rev. Plant Pathology**, 13:295-312. 1975.
- BERNSTEIN, L. & HAYWARD, H.E. Physiology of salt tolerance. **Annual Review of Plant Physiology**, 9:25-46. 1958.
- BERNSTEIN, L.; EHLIG, C.F. & CLARK, R.A. Effect of grape rootstocks on chloride accumulation in leaves. **J. Am. Soc. Hort. Sci.**, 94:584-90. 1969.
- BHIVARE, V.N. & NIMBALKAR, J.D. Salt stress on growth and mineral nutrition of french beans. **Plant and Soil**, 80:91-98, 1984.
- COLLANDER, R. Seletive absorption of cations by higher plants. **Plant Physiol.**, 16:691-720. 1941.
- CRAMER, G.; LAUCHLI, A. & POLITO, V.S. Displacement of Ca^{+2} by Na^{+} from the plasmalemma of root cells. **Plant Physiol.**, 79:207-211, 1985.
- CRAMER, G. & LAUCHLI, A. Iron activities in solution in relation to Na^{+} - Ca^{+2} interations at the plasmalemma. **J. Exp. Bot.**, 37:321-30, 1986.

DOWNTON, W.J.S. Growth and flowering in salt-stressed avocado trees. **Austr. J. Agric. Res.**, 29:523-34. 1978.

GREENWAY, H. & MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Ann. Rev. Plant Physiol.**, 31:149-90. 1980.

GREENWAY, H., GUNN, A.; PITMAN, M.G. & THOMAS, D.A. Plant response to saline substrates. VI. Chloride, sodium, and potassium uptake and distribution within the plant during ontogenesis of *Hordeum vulgare*. **Austr. J. Biol. Sci.**, 18:525-40. 1965.

HEGAL, H.M. & MENGEL, K. Nitrogen metabolism of young barley plants as affected by NaCl-salinity and potassium. **Plant and Soil**, 51:457-62, 1979.

HOAD, G.V. & PEEL, A.J. Studies on the movement of solutes between the sieve tubes and surrounding tissues in willow. I. Interference between solutes and rate of translocation measurements. **J. Exp. Bot.**, 16:433-51. 1965.

HOAGLAND, D.R. & ARNON, D.L. **The water culture methods for growing plants without soil**. Berkley, USA, The College of Agriculture University of California, California Agriculture Experiment Station, 1950. 32p. (Circular 347).

- JESCHKE, W.D. Univalent cation selectivity and compartmentation in cereals. In: **Recent Advances in the Biochemistry of Cereals**. ed. LAIDMAN, D.L. & WYN JONES, R.G.. pp. 37-61. Academic Press, New York. 1979.
- JESCHKE, W.D. & WOLF, O. External potassium supply is not required for root growth in saline conditions: experiments with *Ricinus communis* L. grown in a reciprocal split-root system. **J. Exp. Bot.**, **39**:1149-1167, 1988.
- KUIPER, P.J.C.; KUIPER, D. & SCHUIT, J. Root functioning under stress conditions: an introduction. **Plant and Soil**, **111**:249-53, 1988.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo:EPU, 1986. 319p.
- LAWLOR, D.W. Absorption of polyethylene glycols by plants and their effects on plant growth. **New Phytol.**, **69**:501-13. 1970.
- LINCH, J. & LAUCHLI, A. Salt stress disturbs the calcium nutrition of barley (*Hordeum vulgare* L.). **New Phytol.**, **99**:345-54, 1985.
- LOPEZ VILLAGRA, G.M. & GALERA, F.M. Soil salinity-sodicity effects on germination, survival and development in four populations of *Prosopis strombulifera* (Lam) Benth (Fabaceae:Mimosoideae). In: **Prosopis species: aspects of their value, research and development**. DUTTON, R.W. ed. Proceedings of the *Prosopis* Symposium. University of Durham, UK, 1992. pp.219-233.

- MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J.; CHABA, G.D.; POSS, J.A. & SHANNON, M.C. Salt sensitivity of corn at various growth stages. **Irrigation Science**, 4:45-47, 1983.
- MALAVOLTA, E. VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1989. 201p.
- MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F. de & BRASIL SOBRINHO, M.O.C. **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas**. São Paulo: Pioneira, 1974. 752p.
- MARCAR, N.E.; DART, P. & SWEENEY, C. Effect of root-zone salinity on growth and chemical composition of *Acacia ampliceps* B. R. Maslin, *A. auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. and *A. mangium* Willd. at two nitrogen levels. **New Phytol.**, 120:567-573, 1992.
- MASCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 1ed. London, Academic Press, 1986. 674p.
- MLADENOVA, Y.I. Influence of salt stress on primary metabolism of *Zea mays* L. seedlings of model genotypes. **Plant and Soil**, 123:217-222, 1990.

- PRAT, D. & FATHI-ETTAI, R.A. Variation in organic and mineral components in young *Eucalyptus* seedlings under salin stress. **Physiologia Plantarum**, 79:479-86, 1990.
- SANDE, E. & YOUNG, D.R. Effect of sodium chloride on growth and nitrogenase activity in seedlings of *Myrica cerifera* L. **New Phytologist**, 120:345-350, 1992.
- SERRATO VALENTI, G.; FERRO, M.; FERRARO, D. & RIVEROS, F. Anatomical changes in *Prosopis tamarugo* Phil. seedlings growing at different levels of NaCl salinity. **Annals of Botany**, 68:47-53, 1991.
- SANTOS, R.V. dos. Correção de um solo salino-sódico e absorção de nutrientes pelo feijoeiro vigna (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Piracicaba:USP/ESALQ, 1995. 120p. (Tese Doutorado).
- SOLOMON, M.; GEDALOVICH, E; MAYER, A.M. & POLJAKOFF-MAYBER, A. Changes induced by salinity to the anatomy and morphology of excised pea roots in culture. **Annals of Botany**, 57: 811-18, 1986.
- SWARUP, A. Effect of gypsum, pyrites, farmyard manure and rice-husk on the availability of zinc and phosphorus to rice in submerged sodic soils. **J. Indian Soc. Soil Sci.**, 34:844-48, 1986.

TOMAR, N.K.; SHARMA, A.K. & GUPTA, A.P. Effect of pre-incubated phosphate, manure and pyrites on the phosphorous transformation in a sodic soils. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, **35**:432-40, 1987.

WILLIAMSON, J.G. & COSTON, D.C. The relationship among root growth, shoot growth and fruit growth of peach. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **114**(2):180-83. 1989.

YADAV, J.S.P. Salt-affected soils and their afforestation. *Indian Forester*, v.106, p.259-72, 1980.

APÊNDICE

QUADRO 01 - Resumo da análise de variância de altura, diâmetro do coleto, matéria seca , taxa de crescimento e teor de nutrientes de plantas de algaroba.

| | | QUADRADO MÉDIO | | | | | | | | | | |
|--------|------|-----------------|----------|----------|-----------------|--------|--------|-------------|--------|------------|---------|--------|
| F.V. | G.L. | ALT. DE PLANTAS | | | DIAM. DO COLETO | | | MAT. SECA | | NUTRIENTES | | |
| | | 15 | 30 | 45 | 15 | 30 | 45 | PARTE AÉREA | RAIZES | Na | K | Na/K |
| REP. | 3 | 98.4445 | 123.5938 | 247.5286 | 0.2438 | 0.9582 | 0.9967 | 5.6531 | 0.6410 | 1.9704 | 0.0513 | 0.9609 |
| TRAT. | 5 | 147.4406 | 310.9438 | 427.2422 | 0.2194 | 1.3884 | 2.6407 | 10.9323 | 1.4576 | 33.6104 | 2.6486 | 8.7723 |
| RESÍD. | 15 | 29.6606 | 75.7771 | 117.4693 | 0.0947 | 0.2355 | 0.4053 | 1.7621 | 0.2345 | 3.2437 | 0.2209 | 1.8041 |
| F | | 4.97** | 4.10* | 3.64* | 2.32 ns | 5.90** | 6.52** | 6.20** | 6.22** | 10.36** | 11.99** | 4.86** |

ns Não significativo

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 1: Altura, diâmetro do coleto e taxa de crescimento relativo de plantas de algaroba em função dos níveis de salinidade.

| Tratamento (mM NaCl) | Dias após início do tratamento de salinidade | | | | | |
|-------------------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 15 | | 30 | | 45 | |
| | h (cm) | d (mm) | h (cm) | d (mm) | h (cm) | d (mm) |
| 0 | 29.57 b | 2.42 a | 48.37 ab | 3.37 b | 62.0 ab | 3.9 bc |
| 30 | 40.05 ab | 2.62 a | 56.0 ab | 4.02 ab | 68.25 ab | 4.82abc |
| 60 | 45.22 a | 3.05 a | 67.5 a | 4.72 a | 76.5 a | 5.6 a |
| 90 | 44.12 a | 2.85 a | 59.5 ab | 3.92 ab | 64.62 ab | 4.97 ab |
| 120 | 37.82 ab | 2.52 a | 49.0 ab | 3.52 b | 59.12 ab | 4.12 bc |
| 150 | 33.5 ab | 2.55 a | 43.25 b | 3.05 b | 45.5 b | 3.37 c |
| CV % | 14.2 | 11.5 | 16.1 | 12.9 | 17.3 | 14.2 |
| DMS | 12.5 | 0.7 | 20.0 | 1.1 | 24.9 | 1.5 |

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 2: Peso da matéria seca da parte aérea e de raízes de plantas de algaroba em função dos níveis de salinidade.

| Tratamento (mM NaCl) | Peso da matéria seca da parte aérea (g) | Peso da matéria seca de raízes (g) |
|-------------------------|--|---------------------------------------|
| 0 | 3.58 b | 1.26 abc |
| 30 | 4.71 ab | 1.73 ab |
| 60 | 6.78 a | 2.11 a |
| 90 | 4.81 ab | 1.58 ab |
| 120 | 3.63 b | 0.94 bc |
| 150 | 1.82 b | 0.41 c |
| CV % | 31.4 | 36.1 |
| DMS | 3.0 | 1.1 |

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 3: Teores foliares de nutrientes em plantas de algaroba em função dos níveis de salinidade.

| Tratamento (mM NaCl) | Na (meq/l) | K (meq/l) | Relação Na/K |
|-------------------------|---------------|--------------|--------------|
| 0 | 0.72 c | 4.36 a | 0.2 b |
| 30 | 3.37 bc | 3.25 b | 1.0 b |
| 60 | 3.75 bc | 2.90 b | 1.3 ab |
| 90 | 5.87 ab | 2.85 b | 2.9 ab |
| 120 | 7.37 ab | 2.75 b | 2.7 ab |
| 150 | 8.62 a | 2.25 b | 4.4 a |
| CV % | 36.3 | 15.2 | 68.7 |
| DMS | 4.1 | 1.1 | 3.1 |

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.