

**NUTRIÇÃO MINERAL E CRESCIMENTO DE
MUDAS DE PUPUNHEIRA (*Bactris gasipaes* H.B.K.),
EM SOLUÇÃO NUTRITIVA, EM FUNÇÃO DO
BALANÇO DE NUTRIENTES E
NÍVEIS DE SALINIDADE**

ANTONIO RODRIGUES FERNANDES

2000

ANTONIO RODRIGUES FERNANDES

**NUTRIÇÃO MINERAL E CRESCIMENTO DE MUDAS DE
PUPUNHEIRA (*Bactris gasipaes* H.B.K.), EM SOLUÇÃO NUTRITIVA,
EM FUNÇÃO DO BALANÇO DE NUTRIENTES E
NÍVEIS DE SALINIDADE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de “Doutor”.

Orientadora

Professora Janice Guedes de Carvalho

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2000

**Ficha Catalográfica preparada pela Divisão de Processamento Técnico da
Biblioteca Central da UFLA**

Fernandes, Antonio Rodrigues

Nutrição mineral e crescimento de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K), em solução nutritiva, em função do balanço de nutrientes e níveis de salinidade, / Antonio Rodrigues Fernandes – Lavras: UFLA, 2000.

145p. : il.

Orientadora: Janice Guedes de Carvalho

Tese (Doutorado) – UFLA

Bibliografia

1. Pupunheira.
2. Relação K/Ca.
3. Relação K/Na.
4. Relação P/Cl.
5. Sódio.
6. Salinidade. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-634.6

-634.9745

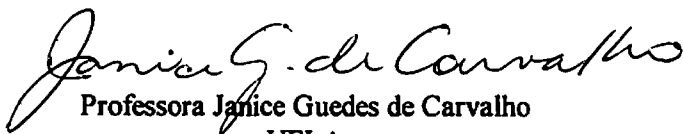
ANTONIO RODRIGUES FERNANDES

**NUTRIÇÃO MINERAL E CRESCIMENTO DE MUDAS DE
PUPUNHEIRA (*Bactris gasipaes* H.B.K.), EM SOLUÇÃO NUTRITIVA,
EM FUNÇÃO DO BALANÇO DE NUTRIENTES E
NÍVEIS DE SALINIDADE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 7 de abril de 2000.

Professor Nilton Curi	UFLA
Professor José Eduardo Brasil Pereira Pinto	UFLA
Professora Irenice Maria Santos Vieira	FCAP
Pesquisador Paulo de Tácito Gontijo Guimarães	EPAMIG



Professora Janice Guedes de Carvalho
UFLA
(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

**Aos meu pais, José (in memorian) e Maria,
pelo apoio e incentivo à minha formação. À
minha esposa Angela e às minhas filhas
Clariana, Juliana e Alessandra pelo apoio,
incentivo, carinho e compreensão.**

DEDICO E OFEREÇO.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO GERAL.....	i
GENERAL ABSTRACT	iii
CAPÍTULO 1	1
1 Introdução geral	1
2 Referencial teórico	3
2.1 Relação Potássio/Cálcio	3
2.2 Relação Fósforo/Cloro.....	8
2.3 Sódio nas Plantas.....	10
2.4 Efeito da salinidade nas Plantas	13
3 Referências bibliográficas	21
CAPÍTULO 2: Crescimento e nutrição mineral de mudas de pupunheira (<i>Bactris gasipaes</i> H.B.K.) em função de relações do K com o Ca e com o Na, em solução nutritiva	35
Resumo.....	35
Abstract.....	36
1 Introdução	37
2 Material e métodos.....	39
3 Resultados, e discussão.....	42
3.1 Crescimento	42
3.2 Teores nas partes da planta	46
3.3 Absorção	56
3.4 Relações K/N, K/P, K/Ca, K/Mg, K/Na, Ca/Mg e Ca/Na nas folhas..	58
4 Conclusões	59
5 Referências bibliográficas	60

	Página
CAPÍTULO 3: Crescimento e nutrição mineral de mudas de pupunheira (<i>Bactris gasipaes</i> H.B.K.) em função de relações do P com o Cl, em solução nutritiva	65
Resumo.....	65
Abstract	66
1 Introdução	67
2 Material e métodos.....	68
3 Resultados e discussão.....	71
3.1 Crescimento	71
3.2 Teores nas partes da planta	76
3.3 Absorção	83
3.4 Relações K/N, K/P, K/Ca, K/Mg, K/Na, Ca/Mg e Ca/Na nas folhas..	86
4 Conclusões	88
5 Referências bibliográficas	89
CAPÍTULO 4: Crescimento e nutrição mineral de mudas de pupunheira (<i>Bactris gasipaes</i> H.B.K.) submetida a diferentes níveis de salinidade, em solução nutritiva	93
Resumo	93
Abstract	94
1 Introdução	95
2 Material e métodos.....	96
3 Resultados e discussão.....	99
3.1 Crescimento	99
3.2 Teores nas partes da planta	104
3.3 Absorção	112
3.4 Relações K/N, K/P, K/Ca, K/Mg, K/Na, Ca/Mg e Ca/Na nas folhas..	115
4 Conclusões	121
5 Referências bibliográficas	121

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter permitido vencer mais esta etapa.

À Faculdade de Ciências Agrárias do Pará (FCAP) pela oportunidade concedida para realização deste curso.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), especialmente ao Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudos.

À professora Janice Guedes de Carvalho pelos ensinamentos, orientação, amizade e apoio ao longo do curso.

Aos professores Nilton Curi e Antonio Carlos Vitorino, e ao pesquisador CPATU/EMBRAPA Ismael de Jesus Viégas, pelas sugestões apresentadas.

Aos professores Janice Guedes de Carvalho, Nilton Curi, Irenice Maria Santos Vieira, José Eduardo Brasil Pereira Pinto, e ao pesquisador Paulo de Tácito Gontijo Guimarães, pela participação na banca e sugestões apresentadas.

Aos colegas e amigos Antonio Carlos/Patricia Vitorino, Geraldo César/Guta Oliveira, Paulo César/Eva Melo, Pedro Hélio/Meires Ribeiro, Wilson/Teresinha Maia pelo apoio e companheirismo.

Aos colegas de Pós-Graduação pela agradável convivência durante o curso.

Ao Adalberto pela colaboração nas análises de laboratório.

Aos funcionários da Biblioteca da UFLA pela rotineira presteza e atenção dispensada.

À funcionária da FCAP, Tereza Gonçalves, pela amizade e presteza com os meus documentos naquela instituição.

Aos funcionários e professores da UFLA, em especial àqueles do Departamento de Ciência do Solo, com os quais convivi e que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

RESUMO GERAL

FERNANDES, Antonio Rodrigues. Nutrição mineral e crescimento de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.), em solução nutritiva, em função do balanço de nutrientes e níveis de salinidade. Lavras: UFLA, 2000. 145p. (Tese – Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).*

O ótimo crescimento das plantas é alcançado quando são proporcionadas as melhores condições para a absorção e distribuição dos nutrientes e observadas as devidas proporções. Por outro lado, excesso de um íon específico, como ocorre com o Na e o Cl, em meio salino, pode levar a relações extremas entre tais elementos e os nutrientes, provocando reduções na produção das culturas. Com o objetivo de avaliar a influência de relações do K com o Ca e o Na, do P com o Cl, e de níveis de salinidade sobre o crescimento e nutrição mineral de mudas de pupunheira, foram desenvolvidos três experimentos, em solução nutritiva e em casa de vegetação, no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras/MG. Foi adotado o delineamento em blocos casualizados, com 9 tratamentos e 4 repetições, para as relações entre os nutrientes, e 7 tratamentos e 4 repetições para os níveis de salinidade. No primeiro experimento os tratamentos constaram das seguintes relações K/Ca: 0,0/3,0, 1,0/2,5, 2,0/2,0, 3,0/1,5, 4,0/1,0, 5,0/0,5 e 6,0/0,0 mmol L⁻¹, e mais dois adicionais com variação na concentração de Na, constituindo as relações K/Na de: 2,0/0,0 e 1,0/2,0, sendo que, neste último, parte do potássio foi substituído por sódio. No segundo, as relações P/Cl corresponderam a: 0,00/1,50, 0,25/1,25, 0,50/1,00, 0,75/0,75, 1,00/0,50, 1,25/0,25, 1,50/0,00, 1,00/1,00 e 2,00/1,00 mmol L⁻¹. As relações 1,00/1,00 e 2,00/1,00 foram definidas como tratamentos adicionais. No terceiro, as doses de NaCl constaram de: 0,0 Na e 0,5 Cl; 1 Na e 0,5 Cl (controle); 5,0; 15,0; 30,0; 60,0 e 120,0 mmol L⁻¹. As unidades experimentais foram constituídas por um vaso contendo uma planta. Avaliou-se altura, perímetro ao nível do coleto, área foliar e matéria seca das folhas, estipes e raízes, teores e acúmulo total dos nutrientes. As relações K/Ca 2,0/2,0 e 3,0/1,5 mmol L⁻¹ foram as que proporcionaram maiores valores médios para área foliar e matéria seca das partes da planta, sendo que esta última relação, foi a que mais favoreceu o crescimento das plantas. Quando foi variada a concentração de Na, todas as variáveis estudadas foram afetadas negativamente. O maior acúmulo de nutrientes ocorreu na relação K/Ca de 3,0/1,5 mmol L⁻¹. As relações do K e do Ca com os nutrientes nas folhas, consideradas adequadas, foram: K/N = 0,45; K/P = 5,50; K/Ca = 1,50; K/Mg = 4,15; K/S = 5,39;

* Comitê Orientador: Janice Guedes de Carvalho – UFLA (Orientadora). Nilton Curi – UFLA, Ismael de Jesus Matos Viégas – EMBRAPA/CAPATU.

$K/Na = 10,35$; $Ca/P = 3,66$; $Ca/Mg = 2,78$; e $Ca/Na = 6,94$. As relações P/Cl com concentrações de P a partir de $1,0 \text{ mmol L}^{-1}$, independente da concentração do Cl na solução, apresentaram os maiores valores médios para as variáveis de crescimento perímetro do coleto, área foliar e matéria seca de folhas, estipes e total. Os teores de P aumentaram, enquanto os de Cl diminuíram, com a elevação da relação P/Cl da solução. Reduções significativas em todas as variáveis de crescimento ocorreram à medida que aumentou o nível de salinidade. A adição de 1 mmol L^{-1} de Na na solução proporcionou aumentos significativos em todas as variáveis de crescimento, enquanto a adição de 5 mmol L^{-1} , apesar de ter reduzido o crescimento em relação ao tratamento controle, foi superior àquele em que se omitiu Na . Os teores dos macronutrientes variaram em função da salinidade, sendo que o P e K nas raízes, o Ca nas folhas e o S nas diferentes partes reduziram, enquanto o Na e o Cl aumentaram nas diferentes partes da planta, proporcionando aumentos nas relações entre o Na/K , Na/Ca , Na/Mg , Cl/N , Cl/P e Cl/S . A acumulação de Na e Cl aumentou mesmo tendo ocorrido uma drástica redução da produção de matéria seca, enquanto a absorção dos macronutrientes reduziu.

GENERAL ABSTRACT

FERNANDES, Antonio Rodrigues. Mineral nutrition and growth of peach palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.), as a function of balance of nutrients and salinity levels. Lavras: UFLA, 2000. 145p. (Thesis – Doctorate in Soil Science and plant nutrition)*

The optimum growth of plants is reached when the best conditions are proportionated for uptake and distribution of nutrients and observed their adjusted proportions. On the other hand, excess of a specific ion as it happens with the Na and Cl in saline environment can conduct to extreme relationships between such elements and the nutrients, causing reductions in the yield of crops. With the objective of identifying the K/Ca and P/Cl relationships that provide the largest growth of the peach palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.), as well as to evaluate their behavior when submitted to salinity, three experiments were developed in nutrient solution, under greenhouse conditions at the Soil Science Department – Federal University of Lavras, Minas Gerais state. The experimental design was in randomized blocks, with 9 treatments and 4 replications, for the K/Ca and P/Cl relationships and 7 treatments and 4 replications for the salinity one. In the first experiment the treatments consisted of the following K/Ca relationships: 0.0/3.0; 1.0/2.5; 2.0/2.0; 3.0/1.5; 4.0/1.0; 5.0/0.5 and 6.0/0.0 in mmol L^{-1} , and two additional treatments with variation in the concentration of Na, constituting the K/Na relationships of 2.0/0.0 and 1.0/2.0. In this last one, part of the potassium was substituted by sodium. In the second experiment, the treatments related to P/Cl relationships were: 0.00/1.50; 0.25/1.25; 0.50/1.00; 0.75/0.75; 1.00/0.50; 1.25/0.25; 1.50/0.00; 1.00/1.00 and 2.00/1.00 in mmol L^{-1} . The 1.00/1.00 and 2.00/1.00 ratios were defined as additional treatments. In the third experiment, the doses of NaCl consisted of: 0.0 Na and 0.5 Cl; 1 Na and 0.5 Cl (control); 5.0; 15.0; 30.0; 60.0 and 120.0 mmol L^{-1} . The experimental units were constituted by one vase containing one plant. The height, perimeter at the stem level, leaf area and dry matter of leaves, stipes and roots contents and total accumulation of nutrients were evaluated. The K/Ca ratio of 2.0/2.0 and 3.0/1.5, were the ones that provided larger medium values for leaf area and dry matter of parts of the plant, and this last one was the one that favored more the growth of the plants. In the treatments in which the Na concentration varied, all of the studied variables were negatively affected. The appropriate contents of K corresponded to 14.74 g kg^{-1} in the leaves, 19.03 g kg^{-1} in the stem and 24.09 g kg^{-1} in the roots, while the ones of Ca were 9.91, 9.48

* Guidance Committee: Janice Guedes de Carvalho – UFLA (Major Professor). Nilton Curi – UFLA. Ismael de Jesus Matos Viégas – EMBRAPA/CAPATU.

and 7.65 g kg^{-1} , in the leaves, stipes and roots, respectively. The largest nutrients accumulation happened in the K/Ca relationship of $3.0/1.5 \text{ mmol L}^{-1}$. The relationships among the nutrients in the leaves considered appropriate were: $K/N = 0.45$; $K/P = 5.50$; $K/Ca = 1.50$; $K/Mg = 4.15$; $K/S = 5.39$; $K/Na = 10.35$; $Ca/P = 3.66$; $Ca/Mg = 2.78$; and $Ca/Na = 6.94$. The P/Cl relationships with P concentrations starting from 1.0 mmol L^{-1} , independent of the Cl concentration, presented the largest medium values for the variables of growth, perimeter of the stem, leaf area and dry matter of leaves, stipes and total. The content of P increased, while the one of Cl decreased, with the elevation of the P/Cl relationship. Significant reductions in all of variables were observed when the salinity level was increased, justified by negative correlations with the electric conductivity of the growth solution. The addition of Na at 1.0 mmol L^{-1} in the solution provided significant increases in all variables of growth, while the addition of 5 mmol L^{-1} , although having reduced the growth in relation to the treatment control, was superior than in that it was omitted Na. The contents of the macronutrients varied in function of the salinity, it P and K in the roots, Ca in the leaves and S in the different parts reduced, while Na and Cl increased in the different parts of the plant, and provided increases in the relationships among Na/K, Na/Ca, Na/Mg, Cl/N, Cl/P and Cl/S. The accumulation of Na and Cl increased even having happened a drastic reduction of dry matter production, while the uptake of the macronutrients reduced.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

A pupunheira é uma palmeira originária da América tropical, cultivada há séculos por diferentes tribos indígenas pré-Hispânicas. Tem grande importância como fonte alimentícia, sendo reconhecida pelo alto valor nutritivo dos seus frutos (Villachica, 1996). No Brasil é bastante difundida nos estados da região Norte, onde tornou-se, também, uma alternativa economicamente viável para produção de palmito.

Em algumas regiões, onde os frutos constituem um alimento básico das populações, a pupunheira é cultivada em pequenas plantações ou em fundos de quintais. Atualmente, com o crescimento do mercado interno e externo, o cultivo para a produção de palmito tem despertado maior interesse por parte de pequenos e grandes produtores, em estados como Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Bahia, etc.

A expansão do cultivo da pupunheira para a produção de palmito por várias regiões do Brasil deve-se, principalmente, às características desejáveis que a planta apresenta, como precocidade, produtividade, adaptabilidade e palmito de boa qualidade, associado à sua capacidade de perfilhamento ao longo dos anos, superior às outras duas espécies mais exploradas, o açazeiro, na região Amazônica (*Euterpe oleraceae*), e à juçara, na mata atlântica (*Euterpe edulis*).

Embora o cultivo da pupunheira para a produção de palmito tenha despertado grande interesse, pouco se sabe sobre as exigências nutricionais dessa cultura (Cantarella e Bovi, 1995; Gomes e Alvim, 1995 e Cravo, Moraes e Cruz, 1996).

O potássio tem proporcionado aumentos significativos de produção nas palmáceas. Na pupunheira, é o segundo macronutriente mais extraído, sendo exportado em maior quantidade, superado apenas pelo nitrogênio (Herrera, 1989; Cantarella e Bovi 1995 e Cravo, Moraes e Cruz, 1996).

Em função dos múltiplos e variados papéis, o K interage com a maioria dos macros e micronutrientes essenciais e com o elemento sódio. A relação deste nutriente com o Ca, na qual pode ocorrer antagonismo entre ambos, passa a ter maior importância quando as espécies a serem cultivadas são exigentes em K, como é o caso das palmeiras (família Arecaceae), e/ou Ca. Neste sentido, buscou-se com este trabalho mostrar o grau de relacionamento destes dois nutrientes, no meio de cultivo, para a cultura da pupunheira.

Em outro contexto da nutrição das arecaceas está o sódio, que tem estimulado o crescimento e proporcionado aumentos de produção (Bonneau et al., 1993 e Magat, Padrones e Alforja, 1993), porém não tem sido objeto de estudos nestas espécies. Assim sendo, pretendeu-se comprovar a sua importância no estímulo do crescimento da pupunheira e a possibilidade de substituir parte do potássio, como ocorre com outras espécies exigentes em Na.

Num grau de importância bastante relevante, também para o cultivo das palmeiras, encontra-se o Cl, o qual tem sido requerido em quantidades equivalentes a de alguns macronutrientes, como o P e o S, e promovido aumentos significativos de produção (Ollagnier, 1985; von Uexkull, 1985; Braconnier e d'Auzac, 1990 e Sobral e Leal, 1999). No entanto, não se conhecem as concentrações adequadas de Cl e de Na na solução, que possam estimular o crescimento e promover um melhor equilíbrio nutricional na pupunheira.

Não obstante, os elementos que mais problemas têm causado às plantas cultivadas, na agricultura moderna, pelo aumento de suas relações com os nutrientes no solo e nas plantas, têm sido o Na e o Cl, que em elevadas

concentrações podem provocar deficiências ou toxidez nutricionais, devido a predominância de um íon específico ou ao efeito da competição entre cátions ou ânions (Bernstein, François e Clark, 1974).

O efeito antagônico do Cl sobre a absorção do nitrato é bastante registrado na literatura, enquanto com o fósforo, poucos são os trabalhos que tratam da relação entre estes nutrientes e, mesmo assim, com respostas bastante contraditórias. Assim sendo, julgou-se importante estudar a relação do Cl com o P no cultivo de mudas de pupunheira.

Neste contexto, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a influência de relações do K com o Ca e o Na e do P com o Cl e de níveis de salinidade sobre o crescimento e nutrição mineral de mudas de pupunheira, em solução nutritiva.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Relação Potássio/Cálcio

O ótimo crescimento das plantas é alcançado, dentre outros fatores, quando são proporcionadas as melhores condições para a absorção, distribuição dos nutrientes é observadas as devidas proporções. Quantidades excessivas de nutrientes podem causar antagonismo entre os nutrientes, levando a perdas consideráveis na produção das culturas.

A disponibilidade de um determinado cátion para as plantas é muito melhor prevista pela relação de cátions no meio do que pela simples concentração desse (Carmelo, 1989, citando vários autores). Deste modo, relações adequadas dos nutrientes no meio de cultivo podem conduzir a um melhor balanço dos nutrientes na planta. Tal fato poderá facilitar o estudo de

diagnose, uma vez que uma melhor aproximação tem sido conseguido através do uso de relações entre os nutrientes em vez de teores (Gunes, Alpaslan e Inal, 1998).

Mortvedt e Khasawneh (1986) afirmam que as relações catiônicas nas plantas são uma função linear da relação correspondente aos nutrientes no meio. Porém, esta relação é limitada pelas interações entre íons durante o processo de absorção e distribuição na planta, tendo em vista que as raízes regulam a absorção de nutrientes na planta, mas apenas dentro de uma faixa limitada de concentrações dos nutrientes no meio (Sonneveld e Voogt, 1985). Portanto, é de fundamental importância definir as relações catiônicas que oferecem as melhores condições para o desenvolvimento de cada espécie de planta.

O potássio e o cálcio são dois nutrientes importantes na nutrição de plantas. A existência de antagonismo entre estes dois cátions é de natureza fisiológica e ocorre durante os processos de absorção pelas raízes e translocação destas para a parte aérea (Shukla e Mukhi, 1979). Daliparthy, Barker e Mondal (1994) e Mengel e Kirkby (1987) relatam a importância do equilíbrio nas relações dos cátions nas plantas, sugerindo que o equilíbrio nutricional está relacionado ao nível de disponibilidade dos três cátions dominantes (K, Ca, e Mg) no meio de crescimento.

De acordo com Malavolta (1976), o antagonismo entre o potássio e o cálcio é resultado de uma competição iônica na solução do solo. Por outro lado, o cálcio em baixa concentração pode provocar um efeito estimulante na absorção de potássio, porém ao aumentar a concentração de Ca, o estímulo diminui até ocorrer antagonismo entre esses cátions, causando redução na absorção de K pelas plantas (Soares et al., 1983). Da mesma forma, altas concentrações de potássio reduzem a absorção de cálcio (Ventura, 1987 e Kurihara, 1991).

triplo passou a 1,03%, foram atribuídas por Rodrigues (1993) ao aumento da concentração de cálcio no solo.

Resultados semelhantes foram observados por Pacheco et al. (1985), nos quais o superfosfato triplo aplicado no dendezeiro promoveu aumento no teor foliar de Ca, seguido de diminuições no teor de K; e que a adubação potássica, apesar de resultar em aumentos de produção, diminuía os teores foliares de Ca. Botelho et al. (1993) verificaram, também, que a aplicação do cloreto de potássio diminuiu a absorção de Ca no dendezeiro, enquanto Assis (1995) observou que diferentes relações entre K, Ca e Mg, na solução nutritiva, influenciaram os teores desses nutrientes na matéria seca da raiz, parte aérea e folha 4 do dendezeiro.

A redução nos teores de potássio não pode ser atribuída apenas à competição do K com o Ca no processo de absorção, mas também a um maior requerimento de potássio pelo maior crescimento promovido pela adubação. Em fase de produção, um maior requerimento também pode ser esperado, tendo em vista ser o potássio o nutriente exportado em maior quantidade (Mutert, Fairhurst e von Uexkull, 1999).

Ochs (1985) constatou que a correção de deficiência de K através de doses crescentes deste nutriente em dendezeiro promovia uma diminuição, também crescente, dos teores de Ca e Mg na folha 17, caracterizando como efeito antagônico, e que profundas modificações ocorreram no equilíbrio iônico, mas a soma dos cátions permaneceu praticamente constante.

Moraes, Teixeira e Macedo (1997), testando o efeito de adubações potássicas em coqueiros, num mesmo nível de calagem, constataram uma redução no teor de Ca nas folhas, mesmo tendo sido aumentada a dosagem de superfosfato triplo, que contém Ca na sua formulação, sugerindo, para tanto, uma inibição competitiva.

O processo de absorção de cátions pelas plantas se correlaciona com a concentração destes nutrientes no meio. Por exemplo, uma redução no suprimento de potássio na solução proporciona aumentos dos teores de cálcio e de magnésio na planta (Jensen, 1982).

A interferência negativa de um íon sobre a absorção de outro pela planta, como acontece com o potássio em relação ao cálcio e ao magnésio, e vice-versa, é caracterizada como antagonismo. De acordo com Lundegardh (1966), citado por Ventura (1987), a capacidade competitiva dos cátions obedece a ordem $K > Na > Mg > Ca$, caracterizando a elevada capacidade competitiva do K em relação ao Ca. Assim, em concentração iguais no meio de K e Ca, maior quantidade de potássio será absorvida.

Já Overstreet, Jacobson e Handley (1952) justificaram a interação Ca e K no processo de absorção da seguinte forma: o Ca aumenta a velocidade de transporte do complexo K-carregador na plasmalema, com efeitos mais pronunciados em condições de mesma concentração no meio, resultando num estímulo da absorção de K pelo Ca; e ao mesmo tempo ocorre uma competição de ambos pelo carregador, acontecendo um efeito antagônico do Ca sobre o K, quando a concentração do Ca no meio for superior à do K, mesmo o K apresentando uma maior afinidade.

De maneira similar, a interação K e Ca foi justificada por Kahn e Hanson (1957), os quais consideraram que as reações são independentes e caracterizaram que o efeito negativo do Ca sobre o K se manifestava através de diminuição da velocidade de transporte do complexo K-carregador.

A aplicação de doses elevadas de P no dendezeiro reduziu significativamente os teores de K nas folhas, devido à presença do Ca no superfosfato triplo (Viégas, Pacheco e Corrado, 1987). Reduções também do teor de potássio em plantas de dendezeiro cultivadas em solos inicialmente com concentração adequada de Ca (0,6%), que após fertilização com superfosfato

O antagonismo do potássio com o cálcio no coqueiro foi demonstrado por Manciot, Ollagnier e Ochs (1980), segundo os quais a aplicação de altas doses de cloreto de potássio induziu um decréscimo nos teores de cálcio. Ouvrier (1987) também constatou uma correlação negativa entre os teores de K no coqueiro e os de Ca, induzidos pela adubação potássica.

Trabalhos com um número variado de espécies comprovaram a influência do K na absorção do Ca ou vice e versa: Kurihara (1991) e Ventura (1987) em soja; Carmelo (1989) em milho; e Bull (1986) em uma gramínea e uma leguminosa forrageiras.

Diem e Goldbod (1993), estudando o antagonismo entre potássio, cálcio e magnésio em *Populus trichocarpa*, constataram a ocorrência deste efeito nas folhas de clones desta espécie entre os teores de K e os de Ca+Mg. Este era mais pronunciado com o aumento da idade das folhas, sugerindo que as folhas mais velhas são usadas como depósitos para excesso do K e, em síntese, como fonte para remobilização e suprimento.

A competição de K com Ca e Mg no processo de absorção pelas raízes de plantas de cerejeira foi constatada por Callan e Westcott (1996) através da redução na absorção de Ca e de Mg pela adubação potássica de diferentes fontes, evidenciado no primeiro ano de aplicação, tomando-se mais pronunciado no segundo e terceiro anos, embora não tenham sido verificados sintomas de deficiência.

Em plantas de tomate, uma variação das concentrações de potássio na solução de 0,82 a 6,50 mM provocou uma redução nos teores de cálcio que variaram de 2,04 a 1,10, no primeiro e último níveis, respectivamente, com uma correlação negativa, porém não significativa entre os teores de K e Ca na planta (Gunes, Alpaslan e Inal, 1998).

2.2 Relação Fósforo/Cloro

De acordo com Fixen (1993), o cloro parece interagir com o fósforo de uma maneira muito complexa. Em alguns casos, a disponibilidade do P foi aumentada quando o nível de Cl era elevado; em outros foi diminuída ou não foi afetada.

Rogan, citado por Fixen (1993), estudando a cultura do trevo branco em solução nutritiva, constatou que existem concentrações ótimas de Cl para uma absorção máxima de P, mas que aumentos na concentração de Cl acima desse ótimo causou redução na absorção do P, caracterizando uma competição aniônica.

Em experimentos com batatas, Gausman, Cummingham e Struchtemeyer (1958) também sugeriram que existe um nível ótimo ou crítico para que ocorra uma absorção máxima de fósforo (300 a 450 mg de Cl kg⁻¹ de solo), mas que variações nestes níveis promoveram diminuições na absorção. Em outro experimento, no mesmo projeto de pesquisa, só que desta vez utilizando como substrato areia lavada, constataram que a atividade do ¹²P aumentou com 100 mg de Cl kg⁻¹, mas a absorção de fósforo diminuiu com o aumento da concentração de cloro, acima dessa dosagem.

Na cultura de trevo branco de inverno, Taylor et al. (1980) constataram resposta positiva ao fósforo quando aplicaram cloro como NH₄Cl e KCl, sugerindo que a adição de P superou a inibição competitiva de sua absorção causada pela elevada concentração de Cl na zona radicular.

James, Weaver e Reeder (1970), trabalhando com solos que apresentavam baixa concentração de cloro, constataram que a aplicação de fertilizantes fosfatados promoveu um efeito sinérgico pronunciado sobre a absorção de cloro em batatas adubadas com KCl. Por outro lado, adubações fosfatadas em solos salinos reduziram os sintomas de injúria causados pelos sais,

em cevada e aveia, aumentando os seus rendimentos (Fine e Carson, citados por Fixen, 1993). Eles sugeriram, ainda, que a função do P estava relacionada à redução das quantidades excessivas de cloro e sulfato acumuladas nas folhas. Acrescentaram, ainda, a possibilidade de que em solos com baixos teores de cloro, a aplicação de P tende a aumentar a resposta a adição de Cl, enquanto em solos com elevados teores, como os encontrados em alguns solos salinos, podem reduzir a absorção do Cl e os efeitos negativos dos elevados níveis de sais.

Calan e Westcott (1996), testando diferentes fontes de potássio através da irrigação por gotejamento em cerejeira, constataram que o KCl provocou uma redução no teor foliar de P. Resultados semelhantes foram constatados por Hang (1993) em cultivo hidropônico de batatas, demonstrando que além da absorção, o transporte de P para a parte aérea foi reduzido.

Algumas pesquisas indicam que o estresse salino pode aumentar o requerimento de P em certas culturas. Por exemplo, Awad, Edwards e Campbell (1990) constataram que quando o NaCl foi aumentado no substrato de 10 para 50 ou 100 mmol L⁻¹, os teores de P nas folhas mais jovens e maduras de tomate, necessário para obter 50% do rendimento, aumentaram de 58 para 77 e 97 mmol kg⁻¹ peso seco, respectivamente.

A salinidade causa na planta, por alguns mecanismos desconhecidos, a perda do controle da absorção de P (Roberts et al., 1984) e transporte para a parte aérea (Grattan e Grieve, 1999). Tais mecanismos podem estar relacionados ao aumento do teor de Cl, e conforme concluíram Papadopoulos e Rendig (1983), o Cl suprime a absorção e acumulação de P na parte aérea em plantas de tomate.

2.3 Sódio nas Plantas

O teor de sódio na crosta terrestre é da ordem de 2,8%, enquanto o de potássio é de 2,6%. Em regiões temperadas, a concentração de Na na solução do solo varia entre 0,1 e 1,0 mmol L⁻¹, semelhante, portanto, ao potássio quando em altas concentrações (Marschener, 1995). Já em regiões secas, concentrações entre 50 e 100 mmol L⁻¹ são comuns, com efeitos negativos sobre diversos atributos do solo e sobre a nutrição mineral das plantas.

A maioria das plantas superiores desenvolveram uma elevada seletividade na absorção de potássio quando comparada ao sódio, e isto é bem caracterizado através do transporte para a parte aérea. As espécies vegetais são classificadas como natrofilicas ou natrofóbicas (tolerantes e não tolerantes à salinidade), dependendo de suas respostas em crescimento e da capacidade de absorção do sódio pelas raízes e transporte para a parte aérea. As diferenças na capacidade de absorção de sódio pelas raízes e translocação para a parte aérea são grandes tanto entre espécies, como entre genótipos dentro de uma espécie.

O mecanismo de influxo de Na pela membrana plasmática, de acordo com Watad, Reinhold e Lerner (1983), é semelhante ao do K, daí ocorrer uma competição entre ambos no processo de absorção. As raízes utilizam dois sistemas para a aquisição do Na, conforme descreveu Rains e Epstein (1967). O primeiro opera em baixas concentrações, mas sua eficiência é severamente reduzida quando cálcio e/ou potássio estão presentes. Sob estas condições, a absorção ocorre através do segundo mecanismo, que se caracteriza pela baixa afinidade e cuja atividade depende das altas concentrações de sódio.

O sódio, apesar de não ser elemento essencial ao metabolismo vegetal, é considerado um elemento útil para muitas culturas por efeitos fisiológicos próprios ou por substituir parte do potássio requerido pela planta. O grau dessa substituição depende do potencial de absorção e da translocação do sódio para a

parte aérea da planta, bem como da eficiência da planta em utilizar o potássio (Silva et al., 1997). Em espécies tolerantes, como a beterraba açucareira, o sódio é translocado prontamente para a parte aérea e substitui a maior parte do potássio, aumentando o peso seco, enquanto nas espécies não tolerantes, como o feijão, ocorre uma restrição ao transporte para a parte aérea e a substituição do potássio é limitada ou ausente, tendo o seu crescimento reduzido na ausência de K (Marschner, 1995).

O estímulo do crescimento por sódio é causado pelo efeito na expansão celular e no balanço hídrico das plantas. O sódio pode não só substituir o K na contribuição para o potencial de soluto nos vacúolos e, conseqüentemente, na geração do turgor e expansão de células, uma vez que acumula o sódio preferencialmente no vacúolo, como apresentar superioridade em plantas natrofilicas como beterraba (Marschner e Possingham, 1975 citados por Marschner, 1995).

O sódio promove um aumento na área foliar e no número de estômatos por unidade de área foliar nas plantas natrofilicas. O teor de clorofila, entretanto, é baixo nestas plantas, e isto pode ser uma resposta à redução da fotossíntese por unidade de área. A justificativa para o elevado crescimento de plantas de beterraba com o aumento do sódio e menor conteúdo de K não é o incremento fotossintético, mas o aumento de área foliar (Lawlor e Milford, 1973 citado por Marschner, 1995). Além disso, o sódio melhora o balanço hídrico das plantas, via regulação estomatal, quando o fornecimento de água é limitado. Com o súbito decréscimo da disponibilidade de água no substrato (estresse hídrico), o estômato da planta suprida com Na fecha mais rapidamente do que em plantas supridas somente com K, e o estresse ocorre depois, proporcionando um atraso na abertura. Como conseqüência, em plantas supridas com Na, a água contida nas folhas é mantida em níveis maiores. Tal efeito foi demonstrado em camadas

epidermais de espécies de *Commelina* (Willmer e Mansfield, 1970 citado por Marschner, 1995) .

O sódio é um elemento controvertido em relação à nutrição das palmáceas. Muitos pesquisadores o consideram dispensável quando o nível de potássio é satisfatório; portanto, o consideram um elemento alternativo. Não está perfeitamente definido o nível ótimo de sódio nas folhas. O nível de 0,4% pode servir como base de referência, embora, para o coqueiro, possam haver boas respostas com nível abaixo de 0,1% (Haag, 1986).

Manciot, Ollagnier e Ochs (1979) afirmam que o coqueiro está entre as plantas que respondem moderadamente à aplicação de sódio, mesmo quando estão satisfeitas as exigências de potássio.

O efeito da aplicação de Na e K (como sal comum e muriato de potássio, respectivamente) na produção de coqueiros com 25 anos de idade foi estudado por Joseph et al. (1993). O experimento teve duração de 15 anos (1976 a 1990), sendo que maior incremento na produção foi obtido com aplicações anuais de 500 g de K_2O + 500 g de Na por planta.

Experiências de campo na Estação de Pesquisa Agrícola de Aliyarnagar (Índia) entre 1989-94 demonstraram que a aplicação de 1 kg por planta por ano de cloreto de sódio, juntamente com uma adubação NPK, influenciou de forma positiva e significativa o crescimento e a produção do coqueiro, sem que nenhum efeito tóxico do sódio tenha sido observado (Devasenapathy et al., 1996).

Aljuburi (1996), citando vários autores, relata que elevada acumulação de Na e Cl nas folhas da palmeira *Phoenix dactylifera* pode proporcionar benefício na atividade fisiológica através do ajustamento osmótico. Ahmed et al. (1993), citado por aquele autor, acharam que a acumulação de íons nas folhas e raízes daquela espécie aumentavam gradualmente, com o aumento da

concentração de sal na água de irrigação, para valores acima de 12000 ppm, e que estes aumentos não tiveram efeitos significantes.

2.4 Efeito da salinidade nas plantas

A salinidade do solo é causada pelo uso de elevadas quantidades de fertilizantes, ascensão do nível da água e pelo uso na irrigação de água salina (Sonneveld e Welles, 1988). É um problema que cresce ano a ano devido à escassez de chuvas e à demanda, sempre crescente, de água e fertilizantes pela agricultura moderna. Além disso, o aumento da população mundial e, conseqüentemente, da urbanização tem forçado os produtores a utilizarem cada vez mais solos marginalizados, inclusive aqueles salinos. Estes fatores têm aumentado a necessidade do conhecimento dos efeitos da salinidade e do estresse por sódio.

Em ambientes salinos, o NaCl é o sal predominante e o que tem causado a maioria das injúrias nas plantas. O efeito osmótico tem sido a causa maior da redução do crescimento das plantas, associado à toxicidade de íons pela absorção excessiva de Na e Cl e ao desequilíbrio nutricional causado pelos distúrbios na absorção e/ou distribuição dos nutrientes essenciais (Yahya, 1998). Por exemplo, na presença de elevada concentração externa de Na, a absorção de K e Ca pode ser inibida, causando deficiência desses nutrientes e aumento no teor de Na nas células das plantas (Lynch e Laüchli, 1985; Janzen e Chang, 1987 e Subbarao et al., 1990). Complexas interações entre os cátions podem ser a razão destes efeitos (Rains e Epstein, 1967 e Serrano, 1996). A parte aérea é geralmente mais sensível aos distúrbios catiônicos que as raízes, e as diferenças são grandes entre as espécies de plantas na habilidade para prevenir ou tolerar elevadas concentrações de Na nas folhas (Munns, 1993).

Elevadas concentrações de Na e/ou Cl na solução do solo podem reduzir a atividade iônica e provocar extremas relações destes elementos com os macronutrientes. Como resultado, a planta torna-se susceptível a um dano osmótico, como também a desordens nutricionais que podem levar a uma perda de rendimento e de qualidade (Grattan e Grieve, 1999).

O desequilíbrio nutricional pode resultar do efeito da salinidade na disponibilidade de nutrientes, competição nos processos de absorção, transporte ou distribuição na planta, ou pode ser causado por inativação fisiológica de dado nutriente, resultando num aumento do requerimento interno por elementos essenciais (Grattan e Grieve, 1994).

Muitos são os estudos caracterizando que um aumento na absorção e acumulação de Cl pelas plantas freqüentemente vem acompanhado por um decréscimo no teor de nitrato na parte aérea. Tal fato é atribuído a um efeito antagônico do Cl sobre a absorção de Nitrato (Bar et al., 1997 e Feigin et al., 1991) ou à redução na absorção de água (Lea-Cox e Syvertsen, 1993). Outros resultados têm mostrado que a taxa de influxo do nitrato (Kafkafi et al., 1992), ou até mesmo a interação entre o nitrato e o Cl (Perez-Alfocea et al., 1993), podem estar relacionadas à tolerância das plantas à salinidade.

A relação do N com a salinidade nas plantas cultivadas é obviamente bastante complexa. Um grande número de estudos indicam que a absorção ou acumulação de N na parte aérea pode ser reduzida pela salinidade, enquanto outros apresentam o oposto ou nenhum efeito. Não obstante, os estudos nos quais as plantas tratadas com NaCl continham menos N que as não estressadas, a evidência não é suficientemente forte para apoiar o fato de que este efeito é o limitador do crescimento (Muns e Termaat, 1986).

No entanto, o efeito da salinidade sobre o teor de N parece depender do nível de salinidade, da duração em que a planta é submetida ao estresse salino e,

de maior importância, dos diferentes graus de tolerância entre as espécies ou genótipos (Peres-Alfocea et al., 1993 e Al-Harbi, 1995).

A interação entre a salinidade e a nutrição de P nas plantas é igualmente complexa, tanto como a que ocorre com o N. Ela é altamente dependente da espécie planta (ou cultivar), do estágio de desenvolvimento, da composição e nível da salinidade e da concentração de P no substrato. Entretanto, dependendo da planta selecionada e das condições do experimento, diferentes resultados podem ser obtidos (Grattan e Grieve, 1999).

Redução dos teores de P provocados pela salinidade foi constatada por Aljuburi (1996) em palmáceas e Saur et al., (1995) em *Pinus*. Tal redução pode estar relacionada a uma baixa atividade do P_2O_4 na solução com o aumento do NaCl (Sentenac e Grignon, 1985 e Al-Karaki, 1997), que eleva a força iônica, ou a uma desordem nutricional induzida por elevados teores de Cl nos tecidos da planta, inibindo a absorção de P (Manchanda, Sharma e Bhandari, 1982; Mor e Manchanda, 1992, citados por Curtin, Steppuhn e Selles, 1993 e Hang, 1993).

Satti, Lopez e Al-Rawahy (1995) também constataram que o teor de P nas folhas de tomate decresceu a valores abaixo do nível crítico com a salinidade. No entanto, quando foi adicionado P na solução salina de crescimento, aumentou a absorção, elevando os seus teores nas folhas em 4 a 5 vezes, quando comparado ao controle. O maior requerimento de P por plantas submetidas à salinidade pode estar relacionado ao seu papel na fixação de energia, no transporte e na distribuição de carboidratos (Gibson, 1988). Além disso, o P está envolvido, também, na síntese de lipídios nas membranas, a qual é vital para a regulação iônica (Bielecki e Ferguson, 1983).

A complexidade da relação da salinidade com o P tem sido demonstrada de diversas maneiras. Em plantas de tomate, elevadas concentrações de P na solução salina têm resultado na acumulação de P em níveis tóxicos (Awad, Edwards e Campbell, 1990). De forma oposta, a baixas concentrações no meio

radicular, a salinidade inibe a absorção de P, a translocação das raízes para a parte aérea e a retranslocação das folhas velhas para as novas, devido à redução na mobilidade do P armazenado nos vacúolos (Martínez, Berstein e Laüchli, 1996).

A maioria dos estudos sobre salinidade que tratam da relação com os nutrientes tem destacado efeito do Na sobre o K e o Ca.

Décadas de pesquisas sobre os efeitos da salinidade sobre as plantas cultivadas não amenizaram as controvérsias sobre as causas do efeito tóxico do sódio. Sintomas específicos da toxicidade por Na incluem elevadas concentrações desse nutriente nos tecidos e baixa relação K/Na, inibição da elongação de raízes e deficiências de Ca (Maas e Grieve, 1987). Desta forma, o sódio pode inibir o crescimento das plantas, afetando a absorção de outros íons, ou pela toxicidade direta no citoplasma.

A manutenção da concentração de K e de uma relação K/Na adequadas nas células são necessárias para o seu funcionamento normal, sob condições salinas, ao mesmo tempo em que o Ca é necessário para a manutenção adequada do transporte de K (Greenway e Munns, 1980).

Estudando o efeito de doses crescentes de NaCl sobre a cultura da pimenta (*Capsicum annuum* L.), Gunes, Inal e Alpaslan (1996) constataram que o aumento da absorção de Na causou um desbalanço nutricional e um decréscimo no conteúdo de K. Este fato, segundo Siegel et al. (1980), pode ser atribuído a um antagonismo entre o Na e o K. De forma similar, Pardossi et al. (1998) constataram reduções significativas do teor de K pelo aumento do nível de Na na solução.

O efeito da salinidade (NaCl) sobre o crescimento e nutrição mineral de sesame foi avaliado por Yahya (1998), o qual constatou na presença de 40 mM de Na uma redução no crescimento, em que o acúmulo de Na nas folhas e os seus efeitos detrimenais estavam relacionados aos distúrbios do K, Ca e dos

que a absorção de potássio por plantas de cevada diminui na presença de NaCl (Lynch e Läuchli, 1985).

A redução na absorção de cálcio parece ser controlada por mecanismos fisiológicos. Lynch e Läuchli (1985) observaram que o cloreto de sódio inibe o movimento radial do cálcio em direção ao xilema das raízes. Por outro lado, a salinidade pode reduzir a disponibilidade do cálcio na solução do solo, devido à formação de precipitados e pares iônicos com sulfatos e outros, causando deficiência, que se torna mais crítica em condições de campo, pois agrava os efeitos do estresse hídrico devido à restrição ao crescimento radicular.

A interação da salinidade com os nutrientes nas plantas é bem conhecida. A salinidade decresce o teor de K e o de Ca nas plantas (Al-Harbi, 1995), e a suplementação de K e Ca em soluções salinas tem aumentado o crescimento de ervilha (*Cicer arietinum* L.), (Saxena e Rewari, 1993), algodão (Kent e Läuchli, 1985), milho (Alberico e Cramer, 1993), arroz (Lin e Kao, 1995) e tomate (Al-Harbi, 1995).

O problema da salinidade do solo e da água para as culturas é devido à elevada relação Na/Ca (Rhoades, 1987, citado por Silberbush, 1993). Quando esta relação é adequada, o efeito da salinidade é devido ao potencial osmótico do meio de crescimento (Subbarao et al., 1990). Neste sentido, Silberbush (1993) relata que a salinidade afeta as plantas pela interação entre o Na e o Ca. Grieve e Maas (1988) constataram que a baixa concentração de Na em dois genótipos de sorgo era devida à elevação da concentração de Ca na solução do solo, a qual possibilitou aos mesmos evitar a absorção de Na.

O crescimento de raízes de algodão é severamente reduzido pela elevada concentração de NaCl quando a concentração externa de Ca é baixa, porém adequada para o crescimento em condições não salinas. Mas a suplementação de Ca tem estimulado o crescimento de raízes de algodão (Cramer, Läuchli e

níveis de P no metabolismo das plantas. No entanto, uma série de fatores pode restringir o crescimento das plantas em meio salinizado por NaCl (Munns, 1993; Durand e Lacan, 1993).

Por outro lado, a otimização da relação entre o K e o Na, em beterraba açucareira, com especial ênfase à fertilização com sódio, pode ser muito eficiente na melhoria do rendimento, quando o K é suficientemente suprido (Haneklaus, Knudsen e Schnug, 1998).

A importância do potássio na nutrição do arroz cultivado em solo salinizado por NaCl, principalmente em solos com baixa disponibilidade daquele nutriente, foi demonstrada por Bohra e Doerffling (1993), os quais concluíram que sob estresse salino, a concentração de Na aumenta, enquanto a de potássio diminui. Com a aplicação do K, ocorreu um aumento na sua concentração e uma diminuição do teor de Na e, conseqüentemente, na relação K/Na, como resultado do antagonismo entre estes cátions. A partir destes resultados, sugeriram que o potássio é muito importante na nutrição do arroz sob condições salinas.

Moraghan e Hammond (1996), estudando o efeito de doses crescentes de sódio e potássio sobre a acumulação destes elementos em linho, constataram que o aumento das doses de Na e K provocou um decréscimo na concentração de Na nos tecidos da parte vegetativa e nas sementes, ocorrendo uma interação negativa devido a um antagonismo iônico, sem relação com o efeito diluição. Ao mesmo tempo, a concentração de K nas sementes aumentou com a adição de K, sendo pouco afetada pela adição de Na.

Várias desordens nutricionais induzidas pela salinidade são associadas ao desbalanço catiônico. Segundo Lynch e Läuchli (1985), o excesso de cloreto de sódio inibe mais a absorção de cálcio, em cevada, do que a redução na transpiração. Diversos trabalhos em solução nutritiva mostram que a tolerância ao cloreto de sódio pode ser induzida pelo aumento nos níveis de cálcio (Lahaye e Epstein, 1969; Kent e Läuchli, 1985 e Cahorro, Ortiz e Cerdá, 1994), ao passo

Epstein, 1986) e amenizado a redução da concentração de K e de Ca em plântulas estressadas pela salinidade (Kent e Laüchli, 1985).

Enquanto isso, a interação entre o cálcio e sódio, em duas espécies de trigo com diferentes tolerância à salinidade, provocou uma inibição da absorção de cálcio pelo influxo máximo de sódio, a semelhantes atividades do cálcio, para diferentes concentrações de Na (Davenport, Reid e Smith, 1997), sugerindo que a manutenção de uma atividade crítica de cálcio, em vez de uma determinada relação cálcio/sódio, é mais importante. Trabalho desenvolvido por Zidan, Jacoby e Ravina (1991), em raízes de milho, também mostrou que uma atividade de cálcio de $0,26 \pm 0,10 \text{ mmol L}^{-1}$ causou inibição do influxo de Na, independente da concentração deste. Estes dados também indicam que o papel do cálcio inibindo influxo de sódio não é um efeito competitivo.

O cálcio desempenha um importante papel nos tecidos das plantas e também afeta as funções e regulação do Na e do K (Cachorro, Ortiz e Cerdá, 1994 e Grattan e Grieve, 1993). Em solos salinos, o Ca está, normalmente, em concentração mais elevada do que em solos sódicos, mas o efeito competitivo com o Na pode causar deficiência de Ca (Naidu e Rengasamy, 1993). A relação K/Na e Ca/Na decresce na maioria das espécies não halófitas em condições salinas (Ashraf e Naqvi, 1991). A elevada relação K/Na e Ca/Na nos tecidos de *Brassica napus* pode ser um fator de contribuição à tolerância à salinidade (Ashraf e McNeilly, 1990).

Entretanto, He e Cramer (1993) entendem que a relação K/Na não se correlaciona com a tolerância à salinidade e que a elevada relação K/Na não é um bom critério de seleção para a resistência à salinidade de espécies de *Brassicac*s. Por outro lado, adição de Ca aumenta as relações Ca/Na e K/Na na parte aérea e melhora a germinação e o crescimento (Ashraf e Naqvi, 1991).

A habilidade das plantas em manter, nos seus tecidos, quantidades adequadas de K e Ca em condições salinas é indicada como um fator de

seletividade a estes nutrientes. A seletividade K-Na e Ca-Na está associada à tolerância à salinidade (Ashraf e Naqvi, 1991). Relações K/Na e Ca/Na em *Brassica napus* diminuíram com a salinidade, embora tenha ocorrido um ligeiro aumento da relação Ca/Na no solo, sugerindo uma baixa seletividade K-Na e Ca-Na da espécie (Porcelli, Gutierrez Boem e Lavado, 1995).

Existem evidências suficientes de que o Ca, em quantidades adequadas, em solos afetados pela salinidade, ameniza os efeitos inibitórios do crescimento das plantas (Kent e Laüchli, 1985; Muhammed, Akbal e Meue, 1987; Ashraf e Naqvi, 1991; Rengel, 1992; Hawkins e Lewis, 1993; Cachorro, Ortiz e Cerdá, 1994 e Ashraf e O'Leary, 1997), o que pode ser justificado, pelo menos em parte, à manutenção da integridade e funcionamento da membrana plasmática das células de raízes e parte aérea. É sugerido, também, que o Ca possa agir como um íon metabólico nos processos osmoregulatório e ajustamento osmótico (Lewis, 1986, citado por Cordovilla et al., 1995) e mantém o transporte de K na presença do Na (Laüchli e Epstein, 1970).

Íons sódio normalmente competem com o cálcio no processo de absorção e/ou alteram o nível intracelular do cálcio (Lynch e Laüchli, 1988 e Lynch, Polito e Laüchli, 1989). Além disso, o sódio desempenha um papel crucial no aumento da porosidade das membranas (Rengel, 1992), resultando na sua despolarização (Laüchli, 1990, citado por Cachorro, Ortiz e Cerdá, 1994). Assim sendo, uma quantidade suficiente de cálcio deve estar presente no meio externo de crescimento para manter a estabilidade das membranas, prevenir o vazamento de soluto para o citoplasma e regular a seletividade da absorção de íons (Ashraf e O'Leary, 1997).

Cordovilla et al. (1995), estudando o efeito da salinidade sobre a cultura de *Vicia faba* L., e Zidan, Jacoby e Ravina (1991) sobre o milho, verificaram que a salinidade reduziu o conteúdo de K e Ca nas raízes e parte aérea destas culturas, porém sugeriram que a principal evidência da inibição do crescimento

pela salinidade está relacionada à baixa capacidade de manutenção dos nutrientes essenciais em níveis adequados.

Embora nos estudos sobre salinidade tenham sido realizadas análises para o Mg, a maioria destes direcionou pouca atenção à como a nutrição do Mg é afetada pelo excesso de sais (Grattan e Grieve, 1999). No entanto, Ruiz, Martinez e Cerdá (1997) constataram que a salinidade por NaCl reduziu os teores de Mg em citrus. Enquanto Hu e Schmidhalter (1997) demonstraram que os teores de Mg nas folhas de plantas de trigo decresceram com o aumento da salinidade e que isto pode estar relacionado a uma competição iônica com o Na.

Os estudos realizados até o momento têm dado pouca importância à influência da salinidade por cloro sobre a absorção e transporte do S nas plantas cultivadas. Os poucos trabalhos existentes tratam, normalmente, da comparação entre o efeito da salinidade provocada por cloro e enxofre.

Mor e Manchanda (1992), citados por Grattan e Grieve (1999), demonstraram que a salinidade provocada pelo Cl reduziu o conteúdo de S na palha de ervilha, enquanto nas raízes, o acúmulo foi aumentado. Já Curtin, Steppuhn e Selles (1993) constataram redução dos teores de S em cevada com o aumento da salinidade com NaCl.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERICO, G.J.; CRAMER, G.R. Is the salt tolerance of maize related to sodium exclusion? I. Preliminary screening of seven cultivars. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.16, n.7, p.2289-2303, 1993.
- AL-HARBI, A.R. Growth and nutrient composition of tomato and cucumber seedlings as affected by sodium chloride salinity and supplemental calcium. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.18 n.7, p.1403-1416, 1995.

- ALJUBURI, H.J. Effects of salinity and gibberellic acid on mineral concentration of date palm seedlings. *Fruits*, Paris, v.51, n.6, p.429-435, Nov./Dec.1996.
- AL-KARAKI, G.N. Barley response to salt stress at varied levels fo phosphorus. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.20 n.11, p.1635-1643, 1997.
- ASHRAF, M. MCNEILLY, T. Response of four *Brassica* species to sodium chloride. *Environmental and Experimental Botany*, Oxford, v.30, p.475-487, 1990.
- ASHRAF, M.; NAQVI, M. Growth and ion uptake of four *Brassica* species as affected by Na/Ca ratio in saline sand culture. *Zeitschrift fuer Pflanzenernähehrung und Bodenkunde*, New York, v.155, p.205-212, 1991.
- ASHRAF, M.; O'LEARY, J.W. Responses of a salt-tolerant and a sal-sensitive line of sunflower to varying sodium/calcium ratios in saline sand culture. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.20, n.2/3, p.361-377, 1997.
- ASSIS, R.P. de. Nutrição mineral e crescimento de mudas de dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) em função de diferentes relações entre K, Ca e Mg na solução nutritiva. Lavras: ESAL, 1995. 41p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- AWAD, A.S.; EDWARDS, D.G.; CAMPBELL, L.C. Phosphorus enhancement of salt tolerance of tomato. *Crop Science*, Madison, v.30, n.1, p.123-128, Jan./Feb. 1990.
- BAR, Y.; APELBAUM, A.; KAFKAFI, U.; GOREN, R. Relationship between chloride and nitrate and is effect on growth and mineral composition of avocado and citrus plants. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.20, n.6, p.715-731, 1997.
- BERNSTEIN, L.; FRANCOIS, L.E.; CLARK, R.A. Interactive effects of salinity and fertility on yields of grains and vegetables. *Agronomy Journal*, Madison, v.66, n.3, p.412-421, May/June 1974.
- BIELESKI, R.L.; FERGUSON, I.B. Physiology and metabolism of phosphate and its compounds. In: LÄUCHLI, A.; BIELESKI, R.L. (eds). *Inorganic plant nutrition*. New York: Spring-Verlag, 1983. p.422-449. (Encyclopedia of Physiology. New Series, v.15a).

- BOHRA, J.S.; DOERFFLING, K. Potassium nutrition of rice (*Oryza sativa* L.) varieties under NaCl salinity. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.152,n.2, p.299-303, Dec.1993.
- BONNEAU, X; OCHS, R; KITU, W.T.; YUSWOHADI. Chlorine: an essential element in the mineral nutrition of hybrid coconuts in Lampung (Indonesia). *Oleagineux*, Paris, v.48, n.4, p.179-190, 1993.
- BOTELHO, S.M.; VIÉGAS, I. de J.M.; CORRADO, F.; OCHS, R. Comparação de fontes de adubos fosfatados e seus respectivos efeitos no equilíbrio da nutrição em K, Ca e Mg no dendezeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia. Anais Goiânia: SBCS, 1993. v.3, p.61-62.
- BOVI, M.L.A. **Palmito pupunha: informações básicas para cultivo**. Campinas: IAC, 1998. 50p. (IAC. Boletim técnico, 173)
- BRACONNIER, S.; d'AUZAC, J. Chloride and stomatal conductance in coconut. *Oléagineux*, Paris, v.45, n.6, p.259-266, 1990.
- BÜLL, L.T. **Influência da relação K/[Ca + Mg] do solo na produção de matéria seca e na absorção de potássio por gramínea e leguminosa forrageiras**. Piracicaba: ESALQ, 1986. 107p. (Tese – Doutorado em Solos e Nutrição de plantas).
- CACHORRO, P.; OTIZ, A.; CERDÁ, A. Implications of calcium nutrition on the response of *Phaseolus vulgaris* L. to salinity. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.159, n.2, p.205-212, Jan. 1994.
- CALLAN, N.W.; WESTCOTT, M.P. Drip irrigation for application of potassium to tart cheery. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.19, n.1, p.163-172, 1996.
- CANTARELLA, H.; BOVI, M.L.A. Extração e reciclagem de nutrientes em plantas de pupunha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa - MG. Resumos Expandidos... Viçosa: SBCS, 1995. v.2, p.788-790.
- CARMELO, Q.A. de C. **Saturação por bases e relações entre K, Ca e Mg no solo na nutrição potássica do milho (*Zea mays* L.) cv. Piranão**. Piracicaba: ESALQ, 1989. 105p. (Tese de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).

- CARVALHO, J.G., MATOS, A.O., GUERRERO, J.A.; VARGAS, J.A. Efeito da relação Cl:S no teor de macronutrientes em pupunha cultivada em areia e solução nutritiva. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus. Resumos expandidos... Manaus: SBCS, 1996. p.654-655.
- CARVALHO, J.G., MATOS, A.O., GUERRERO, J.A.; VARGAS, J.A. Relação Cl:S em pupunha (*Bactris gasipaes*) cultivada em areia e solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. Anais... Viçosa: SBCS, 1995. p.1023-1025.
- COROVILLA, M.P.; OCAÑA, A.; LIGERO, F.; LLUCH, C. Growth and macronutrient contents of faba bean plants: effects of salinity and nitrate nutrition. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.8, n.8, p.1611-1628, 1995.
- CRAMER, G.R.; LÄUCHLI, A. Ion activities in solution in relation o Na^+ - Ca^{2+} interaction at the plasmalemma. *Journal and Experimental Botany*, Oxford, v.37, p.321-330, 1986.
- CRAVO, M.S.; MORAES, C.R.A., CRUZ, L.A.A. Extração de nutrientes por palmitos de pupunha. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25., 1996, Manaus - AM. Resumos Expandidos... Manaus: SBCS, 1996. p.624-625.
- CURTIN, D.; STEPPUHN, H.; SELLES, F. Plant responses to sulfate and chloride salinity: growth and ionic relations. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.57, n.5, p.1304-1310, Sept./Oct.1993.
- DALIPARTHY, J.; BARKER, A.V.; MONDAL, S.S. Potassium fractions with other nutrients in crops: a review focusing on the tropics. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.17, n.11, p.1859-1886, 1994.
- DAVENPORT, R.J.; REID, R.J.; SMITH, F.A. Sodium-calcium interactions in two wheat species differing in salinity tolerance. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.99, p.323-327, 1997.
- DEVASENAPATHY, P; LOURDURAJ, A.C; SALALRAJAN, F.; SRIDHARAN, C.S.; MORHAN, R.; MATHIAZHAGAN, R. Sodium chloride nutrition in coconut. *Madras-Agricultural-Journal*, v.83, n.8, p.493-495, 1996.

- DIEM, B.; GODBOLD, D.L. Potassium, calcium and magnesium antagonism in clone of *Populus trichocarpa*. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 155/156, p.411-414, Oct. 1993.
- DURAND, D.; LACAN, D. Sodium partitioning within the shoot of soybean. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.91, p.65-71, 1993.
- FEIGIN, A.; PRESSMAN, E.; IMAS, P. et al. Combined effects of KNO_3 and salinity on yield and chemical composition of lettuce and chinese cabbage. **Irrigation Science**, Berlin, v.12, p.223-230, 1991.
- FIXEN, P.E. Crop responses to chloride. **Advances in Agronomy**, London, v.50, p.107-150, 1993.
- GAUSMAN, H.W.; CUMMINGHAM, C.E.; STRUCHTEMEYER, R.A. Effects of chloride and sulfat on ^{32}P uptake by potatoes. **Agronomy Journal**, Madison, v.50, n. 2, p.90-91, Feb. 1958.
- GIBSON, T.S. Carbohydrate metabolism and phosphorus/salinity interactions in wheat (*Triticumaestivum* L.). **Plant and Soil**, Dordrech, v.111, p.25-35, 1988.
- GOMES, F.P., ALVIM, P.T. Exigências nutricionais da pupunheira (*Bactris gasipaes*) em solos representativos do Sudeste da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa - MG. Anais... Viçosa: SBCS, 1995. p.918-919.
- GRATTAN, S.R.; GRIEVE, C.M. Mineral element acquisition and response by plant growth in saline enviroments. In: PESSARAKLI, M. (ed.) **Handbook of plant and crop stress**. New York: Marcel Dekker, 1994. p.202-226.
- GRATTAN, S.R.; GRIEVE, C.M. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. In: PESSARAKLI, M. (ed.) **Handbook of plant and crop stress**. New York: Marcel Dekker, 1993. P.203-226.
- GRATTAN, S.R.; GRIEVE, C.M. Salinity-mineral relations in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.78, p.127-157, 1999.
- GREENWAY, H.; MUNS, R. Mecanismos of salt tolerance in crop plants. **Plant Physiology**, Rockville, v.31, p.149-190, 1980.

- GRIEVE, C.M.; MAAS, E.V. Differential effects of sodium/calcium ratio on sorghum genotypes. *Crop Science*, Madison, v.28, n.4, p.659-665, July/Aug. 1988.
- GUNES, A.; ALPASLAN, M; INAL, A.. Critical nutrient concentrations and antagonistic and synergistic relationships among the nutrients of NFT-grown young tomato plants. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.21, n.10, p.2035-2047, 1998.
- GUNES, A.; INAL, A.; ALPASLAN, M. Effect of salinity on stomatal resistance, proline, and mineral composition of pepper. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.19, n.2, p.389-396, 1996.
- HAAG, H.P. *Nutrição mineral e adubação de frutíferas tropicais no brasil*. Campinas: Fundação Cargil, 1986. 342p.
- HANEKLAUS, S.; KNUDSEN, L.; SCHNUG, E. Relationship between potassium and sodium in sugar beet. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, Monticello, v.29, n.11/14, p.11793-1798, 1998.
- HANG, Z. Influence of chloride on the uptake and translocation of phosphorus in potato. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.16, n.9, p.1733-1737, 1993.
- HAWKINS, H.J.; LEWIS, O.A.M. Effect do NaCl salinity, nitrogen form, calcium and potassium concentration on nitrogen uptake and kinetics in *Triticum aestivum* L. cv. Gametos. *New Phytologist*, Cambridge, v.124, n.1, p.171-177, May 1993.
- HE, T.; CRAMER, G.R. Sal tolerance of six rapid-cycling *Brassica* species in relation to potassium/sodium ratio and selectivity at the whole plant and callus levels. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.16, n.7, p.1263-1277, 1993.
- HERRERA, W. Fertilización del pijuayo para palmito. *Boletín Informativo de la Universidad de Costa Rica*, Costa Rica, v.1, n.2, p.4-10, 1989.
- HU, Y.; SCHMIDHALTER, U. Interactive effects of salinity and macronutrient level on wheat. Part II. Composition. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.20, n.9, p.1169-1182, 1997.

- JAMES, D.W.; WEAVER, W.H.; REEDER, R.L. Chloride uptake by potatoes and the effects of potassium chloride, nitrogen and phosphorus fertilization. *Soil Science*, Baltimore, v.109:48-52, 1970.
- JANZEN, H.H.; CHANG, C. Cation nutrition of barley as influenced by soil solution composition in a saline soil. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, v.76, n.3, p.619-629, Aug. 1987.
- JOSEPH, P.A.; NAMBIAR, P.K.N.; NAIR, C.S.; NAYAR, N.K. Common salt befits coconut trees in laterite soil. *Indian Coconut journal*, Cochin, v.24, n.2, p.2-3, 1993.
- KAFKAFI, U.; SIDDIQI, M.Y.; RITCHIE, R.J.; GLASS, A.D.M.; RUTH, T.J. Reduction of nitrate ($^{13}\text{NO}_3$) influx and nitrogen (^{13}N) translocation by tomato and melon varieties after short exposure to calcium and potassium chloride salts. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.15, p.959-975, 1992.
- KAHN, J.S.; HANSON, J.B. The effect of calcium on potassium accumulation in corn and soybean roots. *Plant Physiology*, Rockville, v.32, n.4, p.312-316, July 1957.
- KENT, L.M.; LAÜCHLI, A. Germination and seedling growth of cotton: salinity-calcium interactions. *Plant, Cell and Environment*, Oxford, v.8, p.155-159, 1982.
- KURIHARA, C.H. Nutrição mineral e crescimento da soja sob influência do equilíbrio entre Ca, Mg e K. Lavras: ESAL, 1991. 95p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- LAHAYE, P.A.; EPSTEIN, E. Salt toleration by plants: enhancement with calcium. *Science*, Washington, v.166, p.395-396, 1969.
- LAÜCHLI, A.; EPSTEIN, E. Transporte de potassium and rubidium in plant roots: the significance of calcium. *Plant Physiology*, Rockville, v.45, p.639-641, 1970.
- LEA-COX, J.D.; SYVERTSEN, JournalP. Salinity reduces water use and nitrate-N-use efficiency of citrus. *Annals of Botany*, London, v.72, p.47-54, 1993.

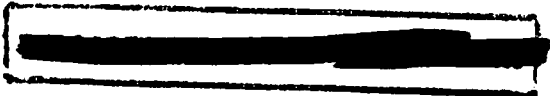
- LIN, C.C.; KAO, C.H. NaCl stress in rice seedlings: the influence of calcium on root growth. *Botanical Bulletin of Academia Sinica, Taipei*, v.36, p.41-45, 1995.
- LYNCH, J.; LAÜCHLI, A. Salinity affects intracellular calcium in corn root protoplasts. *Plant Physiology, Rockville*, v.87, p.351-356, 1988.
- LYNCH, J.; LAÜCHLI, A. Salt stress disturbs the calcium nutrition of barley (*Hordeum vulgare* L.). *New Phytology, Rockville*, v.99, p.345-354, 1985.
- LYNCH, J.; POLITO, V.S.; LAÜCHLI, A. Salinity stress increases cytoplasmic Ca activity in maize root protoplasts. *Plant Physiology, Rockville*, v.90, p.1271-1274, 1989.
- MAAS, E.V.; GRIEVE, C.M. Sodium-induced calcium deficiency in salt-stressed com. *Plant, Cell and Environment, Oxford*, v.10, p.559-564, 1987.
- MAGAT, S.S.; PADRONES, G.D.; ALFORJA, L.M. Residual effects of three chloride fertilizers on yield and leaf nutrient levels of coconuts grown on an inland soil of Davao (Mindanao, Philippines). *Oleagineux, Paris*, v.48, p.237-242, 1993.
- MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 528p.
- MANCHANDA, H.R.; SHARMA, S.K.; BHANDARI, D.K. Response of barley and wheat to phosphorus in the presence of Cl and sulfate salinity. *Plant and Soil, Dordrecht*, v.66, p.233-241, 1982.
- MANCIOT, R.; OLLAGNIER, M.; OCHS, R. Mineral nutrition and fertilization of the coconut around the world. *Oleagineux, Paris*, v.35, p.41-55, 1980.
- MANCIOT, R.; OLLAGNIER, M.; OCHS, R. Nutrition minérale et fertilisation du cocotier dans le monde. *Oleagineux, Paris*, v.34, n.11, p.499-515. 1979.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plant*. 2.ed. New York: Academy Press, 1995. 889p.
- MARTÍNEZ, V.; BERSTEIN, N.; LAÜCHLI, A. Sal-induced inhibition of phosphorus transport in lettuce plants. *Physiologia Plantarum, Copenhagen*, v.97, n.1, p.118-122, May 1996.

- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4.ed. Bem: International Potash Institute, 1987. 687p.
- MORAES, C.R. de A.; TEIXEIRA, W.G.; MACEDO, J.L.V. de. Efeito da adubação e da inoculação com fungos micorrízicos (FMVA) no crescimento inicial e no estado nutricional do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) em um sistema agroflorestal na Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD-ROM.
- MORAGHAN, J.T.; HAMMOND, J. Accumulation of sodium and potassium by flax. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.60, n.3, p.832-836, May/June 1996.
- MORTVEDT, J.J.; KHASAWNEH, F.E. Effects of growth response on cationic relationships in plants. **Soil Science**, Baltimore, v.141, n.3, p.200-207, Mar. 1986.
- MUHAMMED, S.; AKBAL, M. MEUE, H.U. Effect of Na/Ca and Na/K ratios in saline culture solution on the growth and mineral nutrition of rice (*Oryza sativa* L.). **Plant and Soil**, Dordrecht, v.104, p.57-62, 1987.
- MUNNS, R. Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.16, p.15-24, 1993.
- MUNSN, R.; TERMAAT, A. Whole-plant responses to salinity. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.13, p.143-160, 1986.
- MUTERT, E.; FAIRHURST, T.H.; von UEXKULL, H.R. Agronomic management of oil palm on deep peat. In: **Oil Palm Nutrition Management. Better Crops International**. Special Edition. v.13, n.1, May, 1999.
- NAIDU, R.; RENGASÁMY, P. Ion interaction and constraints to plant nutrition in Australian sodic soils. **Australian Journal of Soil Science**, Melbourne, v.31.p.801-819, 1993.
- OCHS, R. Strategy for implementing tree crop nutrient control. **Oleagineux**, Paris, v.40, n.12, 1985.
- OLIVEIRA, R. de. Palmito agora tem selo de qualidade. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 21 out. 1997. AgroFolha, p.1, c.5-8.

- OLLAGNIER, M. Ionic reactions and fertilizer management in relation to drought resistance of perennial oil crops (oil palm and coconut). *Oleagineux*, Paris, v.40, p.1-10, 1985.
- OVERSTREET, R.; JACOBSON, L.; HANDLEY, R. The effect of calcium on the absorption of potassium by barley roots. *Plant Physiology*, Rockville, v.27, n.3, p.583-590, July 1952.
- OUVRIER, M. Exportation par la récolte du cocotier PB-111 en fonction de la fermeture potassique et magnésienne. *Oleagineux*, Paris, v.42, n.7, p.271-278, 1987.
- PACHECO, A.R.; TAILLIEZ, B.J; ROCHA DE SOUZA, R.L.; LIMA, E.J. Les déficiences minérales du palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq) dans la région de Belém, Pará (Brésil). *Oléagineux*, Paris, v.40, n.6, p.295-305, juin 1985.
- PAPADOPOULOS, I.; RENDIG, V.V. Interactive effects of salinity and nitrogen on growth and yield of tomato plants. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.73, n.1, p.47-57, 1983.
- PARDOSSI, A.; MALORGIO, F.; ORIOLO, D.; GUCCI, R.; SERRA, G.; TOGNONI, F. Water relations and osmotic adjustment in *Apium graveolens* during long term NaCl stress and subsequent relief. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.102, n.3, p.369-376, Mar. 1998.
- PERES-ALFOCEA, F.; ESTAN, M.T.; SANTA CRUZ, A.; BOLARIN, M.C. Effects of salinity on nitrate, total nitrogen, soluble protein and free amino acid levels in tomato plants. *Journal of Horticultural Science*, Ashford, v.68, n.6, p.1021-1027, Nov. 1993.
- PORCELLI, C.A.; GUTIERREZ BOEM, F.H.; LAVADO, R.S. The K/Na and Ca/Na ratios and rapeseed yield, under soil salinity or sodicity. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.175, n.2, p.251-255, Aug. 1995.
- RAINS, D.W.; EPSTEIN, E. Sodium absorption by barley roots: its mediation by mechanisms 2 of alkali cation transport. *Plant Physiology*, Rockville, v.42, p.319-323, 1967.
- RENGEL, Z. Role of calcium in salt toxicity. *Plant, Cell and Environment*, Oxford, v.15, p.625-632, 1992.

- ROBERTS, J.K.M.; LINKER, C.S.; BENOIT, A.G.; JAARDETZKY, O.; NIEMAN, R.H. Salt stimulation of phosphate uptake in maize root tips studied by ^{31}P nuclear magnetic resonance. **Plant Physiology**, Rockville, v.75, n.4, p.947-950, Aug. 1984.
- RODRIGUES, M. do R.L. **Resposta do dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) à aplicação de fertilizantes nas condições do médio Amazonas**. Piracicaba: ESALQ, 1993. (Dissertação – Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- ROUX, L.; LIMAMI, A.; ROUX, Y. Relationship between cationic balance in the chicory root and internal browning of the chicon. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.18, n.5, p.1057-1071, 1995.
- RUIZ, D.; MARTINEZ, V.; CERDÁ, A. Citrus response to salinity: growth and nutrient uptake. **Tree Physiology**, Shelbourne St., v.17, p.141-150, 1997.
- SATTI, S.M.F.; LOPEZ, M.; AL-RAWAHY, S.A. Effects of saline nutrient solutions on the growth and accumulation of mineral elements in some tomato cultivars. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Montecelo, v.26, p.2097-2106, 1995.
- SAUR, E.; LAMBROT, C.; LOUSTAU, D.; ROTIVAL, N.; TRICHET, P. Growth and uptake of mineral elements in response to sodium chloride of three provenances of maritime pine. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.18, n.2, p.243-256, 1995.
- SAXENA, A.K.; REWARI, R.B. Effect of potassium on the growth and nodulation of chick pea (*Cicer arietinum* L.) under different levels of salinity. **Tropical Agriculture**, Peradeniya, v.70, p.372-374, 1993.
- SENTENAC, H.; GRIGNON, C. Effect of pH on orthophosphate uptake by corn roots. **Plant Physiology**, Rockville, v.77, p.136-141, 1985.
- SERRANO, R. Salt tolerance in plants and microorganisms: Toxicity targets and defence responses. **International Review of Cytology**, San Diego, v.165, p.1-52, 1996.
- SHUKLA, U.C.; MUKHI, A.K. Sodium, potassium and zinc relationships in corn. **Agronomy Journal**, New York, v.71, n.2, p.235-237, Mar./Apr. 1979.

- SIEGEL, S.M.; SIEGEL, B.Z.; MASSEY, J.; LAHNE, P.; CHEN, J. Growth of corn in saline waters. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.50, p.71-73, 1980.
- SILBERBUSH, M. Response of two sorghum genotypes to soil lime and sodium chloride amendments. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, Monticelo, v.24, n.5/6, p.389-395, 1993.
- SILVA, A. A. da; MATTOS, W.T. de; SANTOS, A.R. dos et al. Potássio e sódio em capim-tanzânia-1 cultivado em solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. Resumos... Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD-ROM.
- SOARES, E.; LIMA, L.A.; MISCAN, M.M. MELLO, F.A.F. de; BOARETTO, A.E. Efeito da relação entre teores trocáveis de Ca e Mg do solo na absorção de K por plantas de centeio. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v.58, n.4, p. 315-330, dez. 1983.
- SOBRAL, L.F; LEAL, M.L.S. Resposta do coqueiro à adubação com uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio em dois solos do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.23, p.85-89, 1999.
- SONNEVELD, C.; VOOGT, S. Journal Growth and cation absorption of some fruit-vegetable crops grown on rockwool as affected by different cation ratios in the nutrient solution. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.8, p.585-602, 1985.
- SONNOVELD, C.; WELLES, G.W.H. Yield and quality of rockwool-grown tomatoes as affected by various in EC-value and climatic conditions. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.111, p.37-42, 1988.
- SUBBARAO, G.V.; JOHANSEN, C.; JANA, M.K. et al. Effects of the sodium/calcium ratio in midifyind salinity response of pigeonpea (*Cajanus cajan*). *Journal of Plant Physiol.*, Stuttgart, v.136, p.439-443, 1990.
- TAYLOR, R.G. et al. Chloride, nitrogen form, lime, and planting date effects on take-all root rot of winter wheat. *Plant Disease*, St. Paul, v.67, p.1116-1120, 1980.

- 
- VENTURA, C.A.D. Níveis de potássio, cálcio e magnésio em solução nutritiva influenciando o crescimento e a composição da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), cv. Paraná. Piracicaba: ESALQ, 1987. 65p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- VIÉGAS, I. de J.M.; PACHECO, A.R.; CORRADO, F. Resposta do fósforo, potássio e magnésio no crescimento e produção de dendê (*Elaeis guineensis*, Jacq.) no município de Moju, PA. Belém: EMBRAPA, 1987. 6p. (Relatório, 2, Pesquisa em Andamento).
- VILLACHICA, H. Cultivo del Pijuayo (*Bactris gasipaes* Kunth) para palmito en la Amazonia: Tratado de Cooperacion Amazonica. Lima: Secretaria Pro Tempore, 1996. 153p.
- von UEXKULL, H.R. Chloride in the nutrition of coconut and oil palm. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 14., 1990, Kioto. Transactions... Rome: International Society of Soil Science, 1990. v.3, p.133-139.
- WATAD, A.E.; REINHOLD, L.; LERNER, H.R. Comparison between a stable NaCl selected Nicotiana cell line and wild type: K⁺, Na⁺ and proline pools as a function of salinity. *Plant Physiology*, Rockville, v.73, p.624-629, 1983.
- YAHYA, A. Salinity effects on growth and on uptake and distribution of sodium and some essential mineral nutrients in sesame. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.21, n.7, p.1439-1451, 1998.
- ZIDAN, I.; JACOBY, B.; RAVINA, I. et al. Sodium does not compete with calcium in saturating plasma membrane sites regulating ²²Na influx in salinised maize roots. *Plant Physiology* Rockville, v.96, p.331-334, 1991.

CAPÍTULO 2

CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DE MUDAS DE PUPUNHEIRA (*Bactris gasipaes* H.B.K.) EM FUNÇÃO DE RELAÇÕES DO K COM O Ca E COM O Na, EM SOLUÇÃO NUTRITIVA.

RESUMO

Estudos caracterizando a importância do equilíbrio entre os nutrientes no meio para a nutrição das plantas têm sido frequentes, de modo que um desequilíbrio de concentração provoca influências recíprocas na disponibilidade, absorção e translocação na planta. Com o objetivo de avaliar a influência de diferentes relações do K com o Ca e com o Na sobre o crescimento e a nutrição mineral de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.), foi desenvolvido um experimento em solução nutritiva, em condições de casa de vegetação, no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras. Foi adotado o delineamento em blocos casualizados, com 9 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos constaram das relações K/Ca: 0,0/3,0; 1,0/2,5; 2,0/2,0; 3,0/1,5; 4,0/1,0; 5,0/0,5; e 6,0/0,0 mmol L⁻¹ e mais dois adicionais com variação na concentração de Na, constituindo as relações K/Na 2,0/0,0 e 1,0/2,0; neste último, parte do potássio foi substituído por sódio. As unidades experimentais foram constituídas por um vaso contendo uma planta. Avaliou-se altura, perímetro ao nível do coleto, área foliar e matéria seca das folhas, estipes e raízes, teores e acúmulo total de nutrientes. As relações K/Ca 2,0/2,0 e 3,0/1,5 mmol L⁻¹ foram as que proporcionaram maiores valores médios para área foliar e matéria seca das partes da planta, sendo que esta última foi a que mais favoreceu o crescimento das plantas. Nos tratamentos em que foi variada a concentração de Na, todas as variáveis estudadas foram afetadas negativamente. Sintomas de deficiência de K nas folhas apareceram nas plantas submetidas a relações em que se encontrava ausente e com 1 mmol L⁻¹, seguida de redução drástica no crescimento. Os teores adequados de K corresponderam a 14,74 nas folhas, 19,03 nas estipes e 24,09 raízes, em g kg⁻¹, enquanto os de Ca foram 9,91, 9,48 e 7,65 g kg⁻¹ nas folhas estipes e raízes, respectivamente. O maior acúmulo de nutrientes ocorreu na relação K/Ca de 3,0/1,5 mmol L⁻¹. As relações entre os nutrientes nas folhas encontradas no melhor tratamento foram: K/N = 0,45; K/P = 5,50; K/Ca = 1,50; K/Mg = 4,15; K/S = 5,39; K/Na = 10,35; Ca/P = 3,66; Ca/Mg = 2,78; e Ca/Na = 6,94.

ABSTRACT

MINERAL NUTRITION AND GROWTH OF PEACH PALM (*Bactris gasipaes* H.B.K.) SEEDLINGS AS A FUNCTION OF RELATIONSHIPS OF POTASSIUM WITH CALCIUM AND WITH SODIUM, IN NUTRITIVE SOLUTION

Studies characterizing the importance of the equilibrium among the nutrients in the medium for the nutrition of the plants have been frequent, so that a concentration unbalance provokes reciprocal influences in the availability, uptake and translocation in the plant. With the objective of evaluating the influence of different relationships of potassium with calcium and with sodium, upon growth and mineral nutrition of peach palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.) seedlings, an experiment was developed, in nutritive solution, under greenhouse conditions at the Soil Science Department – Federal University of Lavras, Minas Gerais state. The experimental design was in randomized blocks, with nine treatments and four replications. The treatments consisted of the following K/Ca relationships: 0.0/3.0; 1.0/2.5; 2.0/2.0; 3.0/1.5; 4.0/1.0; 5.0/0.5; and 6.0/0.0 mmol L⁻¹ and two additional treatments with variation in the concentration of sodium constituting the K/Na relationships of: 2.0/0.0 and 1.0/2.0. In this last one part of the potassium was substituted by sodium. The experimental units were constituted by one vase containing one plant. Height, perimeter at the stem level, leaf area and dry matter of leaves, stipes and roots were evaluated. The K/Ca relationships of 2.0/2.0 and 3.0/1.5, were the ones that provided larger medium values for leaf area and dry matter of parts of the plant, and this last one, favored more the growth of the plants. In the treatments in which the concentration of sodium varied, the studied variables were negatively affected. Symptoms of deficiency of potassium in the leaves appeared in the plants submitted to relationships where it was absent, followed by drastic reduction in growth. The appropriate contents of K corresponded to 14.74 in leaves, 19.03 in stipes and 24.09 in roots g kg⁻¹, while the ones of Ca were 9.91, 9.48 and 7.65 g kg⁻¹, in leaves; stipes, and roots, respectively. The largest nutrients accumulation happened in the K/Ca relationship of 3.0/1.5 mmol L⁻¹. The best relationships among the nutrients in the leaves were: K/N = 0.45; K/P = 5.50; K/Ca = 1.50; K/Mg = 4.15; K/S = 5.39; K/Na = 10.35; Ca/P = 3.66; Ca/Mg = 2.78; e Ca/Na = 6.94.

1 INTRODUÇÃO

A pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.) é uma palmeira originária da América tropical, cultivada há séculos para a produção de frutos, a qual teve grande importância como fonte alimentícia, reconhecida pelo seu alto valor nutritivo. Os primeiros plantios ocorreram na região Norte do Brasil e foram destinados, principalmente, à produção de frutos, enquanto o cultivo para produção de palmito com caráter empresarial se expandiu a partir de 1988, após os primeiros resultados obtidos com populações de plantas sem espinhos, testadas em diversas regiões (Clement, Chavez Flores e Gomes, 1988 e Bovi, Godoy Júnior e Saes, 1988).

O cultivo em escala comercial deve-se, principalmente, ao grande potencial da cultura, pelas suas características agrônômicas desejáveis, com vantagens sobre as espécies do gênero *Euterpe* (*E. oleraceae* e *E. edulis*), principais produtoras de palmito, como precocidade, produtividade, adaptabilidade e capacidade de perfilhamento ao longo dos anos, além de produzir palmito de boa qualidade industrial (Bovi, 1998).

Apesar de ter despertado grande interesse para produção de palmito em plantios comerciais, e se expandido pelas diversas regiões do Brasil, pouco conhecimento tecnológico foi gerado sobre o seu cultivo, principalmente em relação às suas exigências nutricionais. No entanto, sabe-se que o potássio é o segundo macronutriente mais extraído, sendo exportado em maior quantidade, superado apenas pelo nitrogênio (Herrera, 1989; Cantarella e Bovi 1995 e Cravo, Moraes e Cruz, 1996).

Sendo o K um nutriente bastante exigido pela pupunheira, este passa a ter grande importância na nutrição desta espécie, não obstante os seus múltiplos e variados papéis, e interage com a maioria dos macros e micronutrientes essenciais, bem como com o elemento sódio.

A relação do K com o Ca no meio de cultivo pode ocorrer de forma antagônica, resultado de uma competição iônica (Malavolta, 1976). Por outro lado, o cálcio, em baixa concentração, pode provocar um efeito estimulante na absorção de potássio (efeito Viets); porém, ao aumentar a concentração de Ca, o estímulo diminui até ocorrer antagonismo entre esses cátions, causando redução na absorção de K pelas plantas (Soares et al., 1983). Da mesma forma, altas concentrações de potássio reduzem a absorção de cálcio (Ventura, 1987; Kurihara, 1991). Assim sendo, pretendeu-se comprovar a influência que diferentes relações do K com o Ca podem causar no crescimento e nutrição mineral de mudas de pupunheira.

A relação do K com o Na é bastante complexa e varia com a espécie de planta, pois apresenta efeitos fisiológicos próprios ou substitui parte do potássio requerido pela planta. Por outro lado, o mecanismo de influxo de Na pela membrana plasmática, de acordo com Watad, Reinhold e Lerner (1983), é semelhante ao do K, daí ocorrer uma competição entre ambos no processo de absorção.

O sódio tem sido considerado, por muitos autores, como um elemento útil para as espécies da família *Arecaceae* (palmeiras), como é o caso do coqueiro, uma vez que tem estimulado o crescimento e proporcionado aumentos de produção (Bonneau et al., 1993 e Magat, Padrones e Alforja, 1993). Diante disto, desejou-se, também, com este trabalho, mostrar a importância do Na para a pupunheira, bem como verificar se este elemento poderia substituir parte do K.

Muitos são os estudos caracterizando a importância do equilíbrio entre os nutrientes no meio para a nutrição das plantas, de modo que um desequilíbrio de concentração provoca influências recíprocas na disponibilidade, absorção e translocação na planta. Neste sentido, o trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes relações do K com o Ca e com o Na sobre o crescimento e a nutrição mineral de mudas de pupunheira, em solução nutritiva.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em solução nutritiva, em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo na Universidade Federal de Lavras, utilizando-se mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.).

As unidades experimentais foram constituídas por um vaso contendo uma planta. Os tratamentos constaram de relações K/Ca 0,0/3,0; 1,0/2,5; 2,0/2,0; 3,0/1,5; 4,0/1,0; 5,0/0,5; e 6,0/0,0 mmol L⁻¹ e mais dois adicionais com variação no teor de Na, constituindo as relações K/Na 2,0/0,0 e 1,0/2,0; neste último, parte do potássio foi substituído por sódio. As relações do K com o Ca e com o Na foram estabelecidas a partir da concentração entre estes elementos, de 2,0/2,0/1,0 mmol L⁻¹, respectivamente, na solução considerada por Dufour, Quencez e Schmitz (1978) como padrão para o dendezeiro (Arecaceae).

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com 9 tratamentos e 4 repetições.

As sementes de pupunheira foram colocadas para germinar em bandejas plásticas contendo vermiculita. Após 30 dias, as plântulas foram transferidas para bandejas coletivas com capacidade para 36 litros da solução para o dendezeiro (Tabela 1), a ¼ da força iônica durante 30 dias, ½ força iônica durante mais 30 dias. Após este período, as plantas foram transferidas para vasos com capacidade para 3 litros, contendo a mesma solução para palmáceas com força total, a qual, após 30 dias, foi substituída conforme os tratamentos aplicados, permanecendo por 3 meses. As soluções foram renovadas a cada 15 dias no primeiro mês, e a cada 10 dias a partir do segundo mês. A partir daí, foram colocadas em vasos com capacidade para 9 litros, permanecendo por mais 5 meses, totalizando 8 meses a duração do experimento. Neste recipiente, as soluções foram renovadas a cada 20 dias nos primeiros 2 meses, e a cada 15 dias até o final do experimento.

TABELA 1. Concentrações dos nutrientes utilizados nas soluções de crescimento da pupunheira para as diferentes relações do K com o Ca e com o Na.

Nutriente	K/Ca						K/Na		
	0,0/3,0	1,0/2,5	2,0/2,0	3,0/1,5	4,0/1,0	5,0/0,5	6,0/0,0	2,0/0,0	1,0//2,0
mmol L ⁻¹									
NO ₃ ⁻	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
NH ₄ ⁺	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
H ₂ PO ₄	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
K ⁺	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	2,0	1,0
Ca ²⁺	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,0	2,0	2,0
Mg ²⁺	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
SO ₄ ²⁻	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Na ⁺	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	2,0
Cl ⁻	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

A solução nutritiva foi mantida sob aeração constante durante todo o período experimental, bem como o seu volume, pela reposição diária de água deionizada.

Por ocasião da colheita do experimento, foram medidas a altura, correspondente do coleto ao ápice da última folha totalmente formada, e perímetro do coleto das plantas. Após colhidas, o material vegetal foi separado em raiz, estipe e folha, e em seguida foi medida fotometricamente a área foliar. Posteriormente, todo o material vegetal foi lavado em água destilada corrente e seco em estufa a 65 - 70°C, até atingir peso constante. A matéria seca correspondente a cada uma das partes foi pesada, moída e armazenada em frascos de vidro para as determinações químicas.

No extrato obtido por digestão nitroperclórica do material vegetal, foram obtidos os teores de P por colorimetria, de K e de Na por fotometria de chama,

de S por turbidimetria e de Ca e de Mg por espectrofotometria de absorção atômica. O teor de N total foi determinado pelo método semimicro Kjeldahl. Todos os nutrientes determinados seguiram metodologia adotada por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

As concentrações de micronutrientes em mg L^{-1} e seus respectivos sais utilizados foram: B = 0,20 (H_3BO_4); Cu = 0,05 ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$); Fe = 3,00 (FeEDTA); Mn = 0,35 ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$); Mo = 0,02 [$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$] e Zn = 0,05 ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Os sais que forneceram os macronutrientes foram: KNO_3 ; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; NaNO_3 ; KH_2PO_4 ; NaH_2PO_4 ; MgCl_2 ; $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ e NH_4NO_3 .

A absorção foi calculada pela soma dos acúmulos nas diferentes partes da planta, que por sua vez foram determinados com base nos teores e nas produções de matéria seca.

As relações do K e do Ca com os nutrientes e o elemento Na foram calculadas através dos teores nas diferentes partes da planta.

As correlações foram determinadas levando-se em consideração todos os tratamentos, exceto para as relações K/Na e Ca/Na, nas quais foram desprezados os dois tratamentos adicionais, em que variaram as concentrações de Na.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, e como ocorreram diferenças significativas pelo teste F ($P < 0,05$), foram submetidos ao teste de Duncan ($P < 0,05$), para comparar todos os tratamentos. Foram determinadas correlações lineares entre as relações K/Ca da solução e os teores dos nutrientes nas diferentes partes da planta e relações do K e do Ca com os demais nutrientes nas folhas, assim como os nutrientes foram correlacionados com os teores de K e de Ca.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Crescimento

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para altura, diâmetro, área foliar, matéria seca das folhas, estipes, raízes e matéria seca total, com diferenças significativas ($P < 0,05$) em função das relações K/Ca e K/Na, em solução nutritiva. A altura e perímetro das plantas foram reduzidos significativamente nas relações em que o K e o Ca estavam ausentes e quando parte do K foi substituído pelo Na. Observaram-se diferenças altamente significativas entre as relações K/Ca para área foliar. Esta foi reduzida à medida que o suprimento de K ou Ca foi diminuído a níveis inferiores a 2,0 e 1,5 mmol L^{-1} , respectivamente.

As relações K/Ca, em mmol L^{-1} , de 2,0/2,0 e 3,0/1,5, foram as que proporcionaram maiores valores médios para área foliar e matéria seca das partes da planta. O aumento da concentração de K de 2 para 3 e redução da concentração de Ca de 2 para 1,5 mmol L^{-1} constituiu a relação K/Ca de 3,0/1,5, que apresentou os maiores valores para as variáveis de crescimento, com diferenças significativas para todas as demais, exceto a relação padrão entre esses nutrientes na solução (2,0/2,0 mmol L^{-1}). Isto sugere uma maior exigência da planta em potássio e uma menor em cálcio do que a estabelecida na solução de Dufour, Quencez e Schmitz (1978) para o dendezeiro. Já existem relatos de que a pupunheira é bastante exigente em K, sendo o macronutriente exportado em maior quantidade (Herrera, 1989; Cantarella e Bovi, 1995 e Cravo, Moraes e Cruz, 1996). Por outro lado, uma resposta pouco expressiva da pupunheira à calagem, em relação à produção de matéria seca, levou Pacheco (1997) a concluir que esta espécie apresenta uma baixa exigência nutricional para o Ca.

TABELA 2. Altura, perímetro, área foliar, matéria seca da folha, estipe, raiz e total de plantas de pupunheira, em função de relações do K com o Ca e com o Na, em solução nutritiva.

Tratamentos (K/Ca) mmol L ⁻¹	Altura	Perímetro	A. Foliar	MS Folha	MS Estipe	MS Raiz	MS Total
	-----cm-----		--cm ² --	-----g planta ⁻¹ -----			
0,0/3,0	122,00d	11,13d	4252,99e	32,45f	23,54e	14,99d	70,99f
1,0/2,5	160,00a	16,80ab	7194,12c	46,78cd	59,12bc	34,32bc	140,21bcd
2,0/2,0	163,75a	16,25bc	8323,07ab	58,96ab	70,24ab	41,27ab	170,47ab
3,0/1,5	169,25a	19,00a	9844,74a	62,96a	79,92a	50,26a	193,15a
4,0/1,0	150,00ab	15,75bc	7447,44bc	44,78cde	52,13cd	30,42bc	127,34cde
5,0/0,5	152,25ab	17,50ab	7572,13bc	50,64bc	54,62cd	37,96bc	143,22bc
6,0/0,0	127,50cd	15,13bc	5334,10d	36,34ef	39,84d	28,56c	104,74e
2,0/0,0 ⁺	147,00abc	16,00bc	7519,43bc	48,72cd	55,89bc	35,83bc	140,45bcd
1,0/2,0 ⁺	130,50cd	14,13c	6018,35d	39,58def	40,29d	29,25c	109,12de

(-) Relação K/Na (tratamentos adicionais).

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5%.

Resultados caracterizando a importância das relações entre os nutrientes no meio de crescimento, em que a disponibilidade de um determinado cátion para as plantas é muito melhor prevista pela relação de cátions no meio do que pela simples concentração desse, foram registradas por Carmelo (1989), citando outros autores. Neste sentido, maiores valores para produção de matéria seca de mudas de dendezeiro (*Elaeis guianensis* Jacq.), cultivadas em solução nutritiva, sob diferentes relações K/Ca/Mg, foram obtidos quando a concentração de Ca na solução foi diminuída, aumentando a de Mg e mantendo a de K (Assis, 1995). No entanto, Carmelo (1989), estudando a saturação por bases e relações entre K, Ca e Mg do solo na nutrição do milho, constatou que a produção de matéria seca foi afetada negativamente pelo aumento da relação Ca/Mg do substrato, com decréscimo linear da concentração de K.

Tratamentos adicionais, em que foram alteradas as concentrações de Na na solução, omitindo-o e dobrando a sua concentração, neste último caso

visando substituir 50% da concentração de K, em relação ao tratamento padrão, influenciaram negativamente as variáveis de crescimento estudadas (Tabela 2), exceto a altura, na omissão do Na. A substituição de 1 mmol L⁻¹ de K por 1 mmol L⁻¹ de Na acarretou uma redução das características de crescimento mais significativa do que quando se omitiu o Na da solução, levando a inferir que o Na não poderá substituir parte do K sem perda de produção, quando este estiver numa concentração abaixo da desejada na solução, para o cultivo da pupunheira.

Sintomas de deficiência de K apareceram nas plantas submetidas às relações K/Ca de 0,0/3,0 e 1,0/2,5 mmol L⁻¹, respectivamente (Figura 1a e b), caracterizada por uma redução do crescimento das plantas, seguida de uma leve clorose, inicialmente nos bordos das folhas mais velhas, que se estendeu para uma necrose, com maior intensidade nas pontas da lâmina foliar. Com o tempo, estes sintomas transferiam-se para as folhas intermediárias, sendo que as mais velhas secavam a partir das pontas, no sentido do ráquis. Sintomatologia semelhante foi descrita por La Torraca, Haag e Dechen (1984). Para o cálcio, os sintomas de deficiência para a parte aérea ficaram bem caracterizados apenas por uma redução do crescimento, enquanto as raízes apresentavam-se bastante curtas e grossas em relação àquelas de plantas supridas com cálcio (Figura 1c).

Na Tabela 3, encontram-se as correlações entre as variáveis de crescimento. Pode-se observar que ocorreram correlações altamente significativas entre as variáveis, sugerindo que ocorreu um efeito direto dos tratamentos.

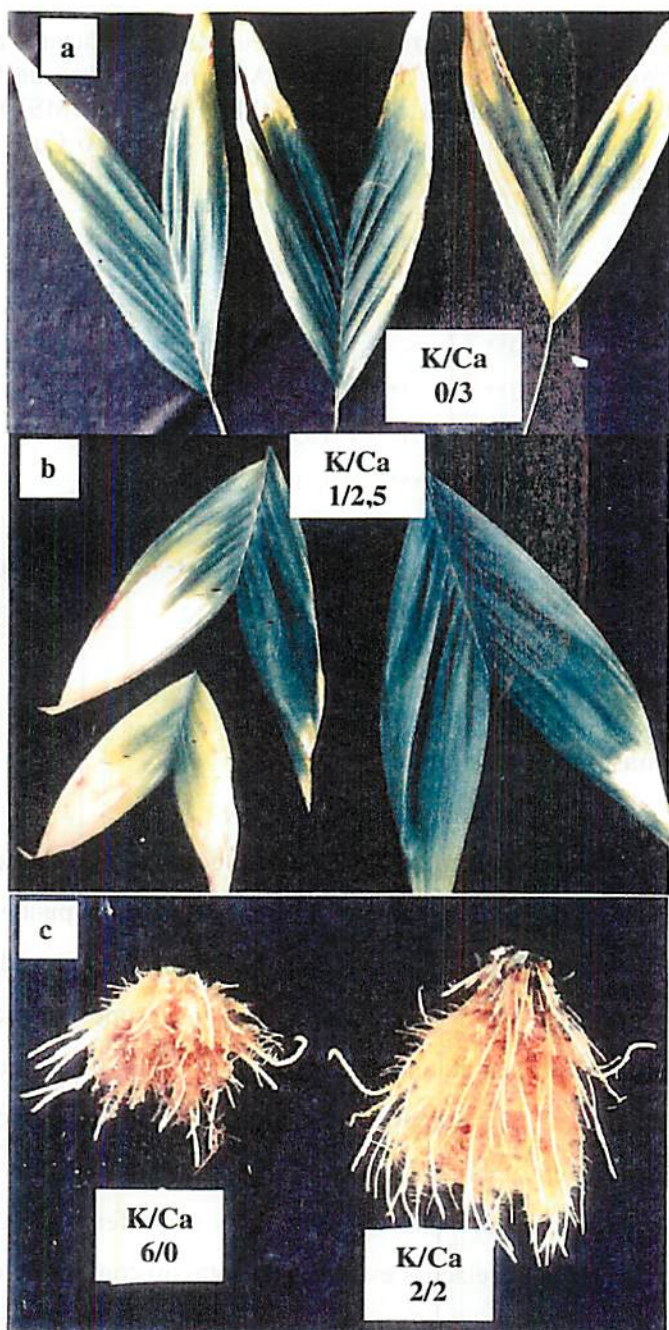


FIGURA 1. Sintomas de deficiência de K nas relações K/Ca de 0/3 (a) e de 1/2,5 (b) mmol L^{-1} e de Ca na relação K/Ca de 6/0 mmol L^{-1} , em mudas de pupunheira cultivadas em solução nutritiva..

TABELA 3. Correlações entre as variáveis de crescimento altura (ALT), perímetro do coleto (PER), área foliar (AF), matéria seca de folhas (MSF), estipe (MSE), raízes (MSR), parte aérea (MSPA) e total (MST) e relação raiz parte aérea (R/PA) em função de relações do K com o Ca e com o Na na solução nutritiva.

Variáveis	ALT	PER	AF	MSF	MSE	MSR	MSPA	MST
PER	0,76**	-	-	-	-	-	-	-
AI	0,81**	0,83**	-	-	-	-	-	-
MSF	0,84**	0,82**	0,91**	-	-	-	-	-
MSE	0,88**	0,87**	0,91**	0,92**	-	-	-	-
MSR	0,79**	0,88**	0,85**	0,91**	0,88**	-	-	-
MSPA	0,88**	0,87**	0,93**	0,97**	0,99**	0,91**	-	-
MST	0,87**	0,89**	0,92**	0,97**	0,98**	0,95**	0,99**	-
R/PA	0,08 ^{ab}	0,36*	0,16 ^{ab}	0,19 ^{ab}	0,12 ^{ab}	0,52*	0,15 ^{ab}	0,26 ^{ab}

(*), (**) significativo a 5 e 1%, respectivamente.

3.2 Teores nas partes da planta

As diferentes relações K/Ca na solução de crescimento afetaram ($P < 0,05$) os teores de N e P nas folhas, estipes e raízes da pupunheira (Tabela 4). As folhas das plantas apresentaram teores de N bem mais elevados do que nas raízes que, por sua vez, foram maiores que nas estipes, caracterizando um armazenamento maior nas folhas para ressuprir as partes de crescimento, ou que maior quantidade de N é requerida para realização dos processos metabólicos sob desequilíbrio nutricional de K ou Ca, em função das diferentes relações destes cátions na solução. Maiores teores de N nas diferentes partes da planta estiveram associados às relações extremas do potássio com o cálcio, que, por sua vez, causaram reduções significativas na matéria seca. De maneira oposta, os menores teores ocorreram na relação K/Ca considerada adequada, para o dendezeiro, por Dufour, Quencez e Schmitz (1978), de 2,0/2,0 mmol L⁻¹, e a

constatada neste trabalho para a pupunheira, de 3,0/1,5 mmol L⁻¹. Tal fato pode ser justificado por uma maior produção de fotossintatos, e por conseguinte, uma maior produção de matéria seca, para uma mesma quantidade de N absorvida, induzindo, desta forma, a um menor teor de N.

Peñalosa, Cáceres e Sarro (1995) mostraram elevação dos teores de N nas folhas e seiva do feijoeiro com aumentos da relação Ca/K na solução. Já Assis (1995) verificou, em plantas de dendezeiro cultivadas em solução nutritiva, que diferentes relações K/Ca/Mg não afetaram os teores de N nas folhas e folha 4, apenas o teor das raízes foi afetado.

TABELA 4. Teores de N e P e coeficientes de correlações destes com as relações do K com o Ca e com o Na na solução nutritiva (CC), bem como com os teores de K (TK) e de Ca (TCa) nas folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira.

Tratamentos (K/Ca) mmol L ⁻¹	N			P		
	Folhas	Estipes	Raízes	Folhas	Estipes	Raízes
0,0/3,0	42,98a	24,05a	31,00a	3,99b	6,68ab	4,10c
1,0/2,5	38,60bcd	15,20cd	18,68c	3,99b	6,73ab	4,20c
2,0/2,0	36,10cde	11,56e	18,53c	3,27cd	5,83bc	6,60a
3,0/1,5	32,90e	11,98e	19,53c	2,73d	5,31c	6,59a
4,0/1,0	38,85bc	17,25bc	19,75c	4,73a	6,56ab	4,01cd
5,0/0,5	37,00bcd	15,23cd	17,78c	3,93bc	7,12a	4,18c
6,0/0,0	40,78ab	18,78b	24,73b	4,79a	6,88a	5,15b
2,0/0,0 ⁺	34,70de	14,48d	20,48c	2,59d	3,97d	3,25d
1,0/2,0 ⁺	39,70abc	14,95cd	19,55c	4,97a	7,27a	4,40bc
CC	0,15	-0,11	-0,23*	0,21*	0,14	0,14
TK	-0,36*	-0,36*	-0,35*	-0,03	-0,13	0,23
TCa	-0,02	-0,08	0,03	-0,17	-0,17	0,38*

(+) Relação K/Na (tratamentos adicionais).

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5%.

(*) significativo a 5%.

O teor de N nas folhas, em todos os tratamentos, está acima do nível adequado proposto por Malavolta (1997) para plantas de pupunheira cultivadas em solução nutritiva (27 g kg⁻¹) e bem mais elevado do que o nível constatado por Assis (1995), de 16,60 g kg⁻¹ para a parte aérea do dendezeiro cultivado na mesma solução, o que pode estar relacionado a uma maior exigência em N da pupunheira. O teor médio de 23,83 g kg⁻¹ estimado para a parte aérea da pupunheira neste experimento quando comparado ao do dendezeiro cultivado no mesmo ambiente, para o tratamento padrão, demonstra a grande variação no requerimento de nutrientes em relação às espécies da mesma família, justificando os estudos individualizados das espécies e até mesmo de cultivares de uma mesma espécie.

Os teores de N nas raízes se correlacionaram negativamente (-0,23*) com a relações na solução (Tabela 4). Do mesmo modo, os teores de K (Tabela 5) se correlacionaram negativamente com os teores de N na matéria seca das folhas (-0,36**), estipes (-0,36**) e raízes (-0,35**). Tais resultados divergem dos obtidos por Gunes, Alpaslan e Inal (1998), que verificaram correlação não significativa entre os teores de K e de N na matéria seca de plantas de tomate, em função da nutrição potássica.

Diferentemente do N, os teores de P na planta obedeceram a seqüência estipes > raízes > folhas, exceto nas relações que apresentaram um melhor balanço entre o K e o Ca na solução, respaldada por um maior crescimento, em que as raízes se constituíram na parte de maior reserva de P (Tabela 4). Os menores teores de P nas folhas estão associados a um balanço mais adequado dos cátions e a omissão de Na na solução. Assim, em função do estresse provocado pelo desbalanço de cátions na solução, ocorreu um maior requerimento de P pelas folhas para realização dos seus processos metabólicos e/ou um maior consumo energético da planta na tentativa de realizar um ajuste osmótico (Salisbury e Ross, 1992).

Para o tratamento em que se omitiu o Na, os menores teores de P estão relacionados a uma menor absorção do nutriente, tendo em vista que o Na faz parte da composição de soluto nas células, necessário às palmáceas ao ajuste osmótico e ao balanço iônico (Marschner, Kylin e Kuiper, 1981 e Aljuburi, 1996), mantendo baixo o potencial osmótico das células das raízes, que é um pré-requisito para a pressão de turgor que determina o transporte de soluto via xilema e o balanço de água na planta (Marschner, 1995), que irá determinar a absorção de P.

Os teores de P nas folhas (2,73), estipes (5,31) e raízes (6,59 g kg⁻¹) da planta, que corresponderam à relação K/Ca (3,0/1,5) que proporcionou o maior crescimento, estiveram sempre acima dos valores preconizados como adequados por Malavolta (1997), de 2,3 g kg⁻¹, para folhas de plantas cultivadas em solução nutritiva, e dentro da faixa proposta por Rajj e Cantarella (1996), de 2 a 3 g kg⁻¹, para a segunda folha com limbo totalmente expandido, no campo. Já Assis (1995) constatou teores de 3,60 g kg⁻¹ para a parte aérea de plantas de dendezeiro cultivados na solução nutritiva de Dufour, Quencez e Schmitz (1978).

Os teores de P nas folhas se correlacionaram positivamente (0,21*) com as relações da solução (Tabela 4), ou seja, nas folhas houve uma tendência de aumento de P com a elevação do K na solução. Por outro lado, uma correlação positiva entre o teor de Ca e o de P nas raízes sugere uma redução de ambos com o aumento da relação K/Ca. Isto pode estar relacionado a um menor transporte até as folhas, uma vez que menores teores médios de P ocorreram na parte aérea nos tratamentos com maior nível de Ca, devido a interações e antagonismo catiônico, conforme sugerem Mengel e Kirkby (1987), De Kreij (1996) e Gunes, Alpaslan e Inal (1998).

Aumentos das relações K/Ca na solução (Tabela 5) proporcionaram elevações (P<0,05) dos teores de K e redução dos de Ca nas diferentes partes da

planta, exceto para o Ca nas raízes, em que maiores teores ocorreram nos tratamentos com balanço de cátions mais adequados, confirmado pela maior produção de matéria seca. Menores teores de K foram constatados nas folhas em relação às estipes e raízes, o que denota se constituírem em áreas de reservas para o ressuprimento de K para as regiões de crescimento da parte aérea. Em trabalho similar, Peñalosa, Cáceres e Sarro (1995) demonstraram que o nível de Ca e K na seiva e folhas de feijoeiro está diretamente relacionado à relação Ca/K dos nutrientes no meio.

TABELA 5. Teores de K e Ca e coeficientes de correlações destes com as relações do K com o Ca e com o Na na solução nutritiva (CC), bem como com os teores de K (TK) nas folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira.

Tratamentos (K/Ca) mmol L ⁻¹	K			Ca		
	Folhas	Estipes	Raízes	Folhas	Estipes	Raízes
0,0/3,0	1,87e	4,40e	3,52g	11,25a	9,00ab	6,82bc
1,0/2,5	8,58d	12,32d	10,01f	10,56ab	9,94a	6,83bc
2,0/2,0	11,99c	17,16c	19,36d	7,66d	7,23cd	7,34ab
3,0/1,5	14,74b	19,03c	24,09bc	9,91bc	9,48a	7,65a
4,0/1,0	16,17a	27,61a	25,85b	9,14c	7,91c	5,35d
5,0/0,5	17,27a	24,86ab	25,85b	7,21d	6,79d	5,18d
6,0/0,0	16,61a	25,74ab	29,04a	5,05e	5,10e	5,72d
2,0/0,0 ⁺	13,09c	23,98b	22,11cd	9,75bc	8,23bc	6,94bc
1,0/2,0 ⁺	8,69d	16,50c	14,96e	10,33abc	9,25a	6,65c
CC	0,89**	0,84**	0,90**	-0,86**	-0,86**	-0,67**
TK	-	-	-	-0,66**	-0,56**	-0,40*

(+) Relação K/Na (tratamentos adicionais).

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5%.

(*) , (**) significativo a 5 e 1%, respectivamente.

Na relação K/Ca 1,0/2,5 mmol L⁻¹, que representou um teor de K de 8,58 g kg⁻¹ nas folhas, as plantas apresentaram sintomas característicos de deficiência de K (Figura 1b), embora nas estipes os teores estejam dentro da faixa considerada adequada por Raij e Cantarella (1996), de 9 a 15 g kg⁻¹, para a segunda folha com limbo totalmente expandido de planta de até 1,60 m de altura, porém bem inferiores ao teor proposto por Malavolta (1997), de 30 g kg⁻¹, para cultivo em solução nutritiva. No cultivo do dendezeiro em solução nutritiva, Assis (1995) constatou teores de 12,6 g kg⁻¹ para a parte aérea e 22,3 g kg⁻¹ para a folha 4, enquanto para a pupunheira, o teor médio estimado para a parte aérea foi de 14,58 g kg⁻¹, em tratamentos com mesmas concentrações de K e de Ca.

Os teores considerados adequados de potássio (melhor relação K/Ca encontrada) para as diferentes partes da pupunheira foram, em g kg⁻¹: folhas = 14,74, estipes = 19,03 e raízes = 24,09, correspondendo à relação K/Ca de 3,0:1,5 mmol L⁻¹ na solução.

Os teores de K nas folhas, estipes e raízes apresentaram uma correlação linear com a relação K/Ca da solução, sugerindo que o teor, nestas partes da planta, foi mais influenciado pela concentração de K na solução e que o efeito antagônico do Ca sobre o potássio parece ter ocorrido numa importância menor.

No tratamento em que se omitiu o Na (Tabela 5) ocorreu uma redução do teor de K nas folhas e um aumento nas estipes, enquanto nas raízes, não foi afetado significativamente (P<0,05). Porém, ao substituir parte do K por Na (1 mmol L⁻¹), houve uma redução dos teores de K em todas as partes da planta, quando comparado ao tratamento em que a relação K/Ca foi mais equilibrada (3,0:1,5). Isto demonstra que a manutenção de teores adequados de K, na pupunheira, depende da presença do sódio em concentrações equilibradas no meio, ao mesmo tempo que o Na não substitui o K quando este se encontrar numa concentração no meio abaixo da adequada.

Os maiores teores de Ca ocorreram nas folhas, seguidos pelas estipes e raízes, independente da relação K/Ca, exceto no tratamento em que se omitiu o Ca (Tabela 5). Os teores constatados nas diferentes partes de 9,91, 9,48 e 7,65 g kg⁻¹, nas folhas, estipes e raízes, respectivamente, para o tratamento de melhor balanço K e Ca, estão bem acima dos valores considerados adequados por Malavolta (1997), de 6,80 g kg⁻¹ para folhas novas de plantas cultivadas em solução nutritiva. Estas diferenças podem estar relacionadas às variações existentes entre as concentrações das soluções nutritivas. Apesar da redução progressiva da concentração de Ca na solução, os teores determinados nas folhas para os diferentes tratamentos são superiores ao proposto como adequado por tal autor, exceto na relação em que se omitiu o Ca (5,05 g kg⁻¹).

Os teores de Ca nas folhas ($r = -0,86^{**}$), estipes ($r = -0,86^{**}$) e raízes ($r = -0,67^{**}$) apresentaram uma correlação negativa com as relações da solução. A diminuição dos teores de Ca nas diferentes partes da planta pode estar associada não só com a redução da concentração de Ca na solução, mas também ao aumento da concentração de K. A interferência negativa do K sobre a absorção e/ou translocação do Ca, ou vice-versa, pela planta é caracterizada como antagonismo (Shukla e Mukhi, 1979; Manciot, Ollagnier e Ochs, 1980 e Mengel e Kirkby, 1987), tendo sido constatados por diversos autores em diferentes culturas (Carmelo, 1989; Kurihara, 1991; Diem e Goldbod, 1993; Callan e Westcott, 1996; Assis, 1995 e Gunes, Alpaslan e Inal, 1998). Comumente, é constatada uma maior interferência do K sobre a redução do teor de Ca nas plantas do que a do Ca sobre o K, estando relacionada à maior capacidade competitiva do K em relação ao Ca (Lundegardh, 1966, citado por Ventura, 1987).

O teor de Ca foi afetado pela concentração de Na na solução. Na ausência do sódio, o teor de Ca aumentou significativamente apenas nas folhas,

quando comparado a uma mesma relação K/Ca (2,0:2,0 mmol L⁻¹), na solução que continha 1 mmol L⁻¹ de Na.

As diferentes relações K/Ca afetaram significativamente os teores de Mg (Tabela 6) nas diferentes partes da planta. Os teores de Mg ocorreram na planta na seguinte ordem: estipes>folhas>raízes.

Os aumentos dos níveis de K e diminuição dos de Ca na solução, representados pela elevação das relações K/Ca, se correlacionaram negativamente com os teores de Mg nas diferentes partes da planta, demonstrando o efeito antagônico do K sobre o Mg (Mengel e Kirbky, 1987 e Diem e Godbold, 1993). A competição do K com o Mg no processo de absorção pelas plantas cultivadas é bastante conhecida (Brauer, 1994 e Callan e Westcott, 1996), mas o mecanismo pelo qual ocorre o antagonismo não está bem esclarecido.

O teor de Mg nas folhas de mudas de pupunheira na melhor relação K/Ca foi de 3,58 g kg⁻¹, enquanto Malavolta (1997) propõe um teor de 4,6 g kg⁻¹, para folhas novas, e Raji e Cantarella (1996) propõem uma faixa de 2 a 4 g kg⁻¹ para a segunda folha de limbo totalmente expandido de plantas com mais de 1,6 m de altura.

A concentração de Na na solução não influenciou o teor de Mg nas folhas e estipes, apenas nas raízes, mas foi resultado de um maior transporte para a parte aérea. Por outro lado, quando foi dobrada a concentração de Na na solução, para substituir parte do K, ocorreram aumentos do teor de Mg nas diferentes partes da plantas, os quais devem estar associados à redução da concentração de K.

TABELA 6. Teores de Mg e S e coeficientes de correlações destes com as relações do K com o Ca e com o Na na solução nutritiva (CC), bem como com os teores de K (TK) e de Ca (TCa) nas folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira.

Tratamentos (K/Ca) mmol L ⁻¹	Mg			S		
	Folhas	Estipes	Raízes	Folhas	Estipes	Raízes
0,0/3,0	5,85a	6,34a	3,68ab	2,51e	1,76abc	3,09bcd
1,0/2,5	4,17cd	4,87b	3,19c	2,74cde	1,70bcd	2,75d
2,0/2,0	3,55d	3,57c	3,84a	2,71de	1,55cd	3,09bcd
3,0/1,5	3,58cd	4,21bc	3,25bc	2,74cde	1,93ab	3,02bcd
4,0/1,0	3,95cd	4,15bc	1,95d	2,78bcd	1,66bcd	2,89cd
5,0/0,5	3,81cd	4,72b	2,02d	3,02ab	1,69bcd	3,07bcd
6,0/0,0	4,22c	4,08bc	1,94d	2,97abc	2,02a	3,79a
2,0/0,0 ⁺	3,99cd	4,05bc	2,38d	2,83abcd	1,45d	3,22bc
1,0/2,0 ⁺	4,97b	6,08a	3,65ab	3,05a	1,77abc	3,44ab
CC	-0,55**	-0,57**	-0,82**	0,56**	0,38**	0,38*
TK	-0,72**	-0,62**	-0,68**	0,46**	-0,01	0,30*
TCa	0,45	0,42*	0,73**	-0,34*	-0,05	-0,11

(+)Relação K/Na (tratamentos adicionais).

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5%.

(*), (**) significativo a 5% e 1%, respectivamente.

As relações K/Ca provocaram alterações significativas nos teores de S (Tabela 6) nas diferentes partes da planta. Maiores teores de S ocorreram nas raízes, seguidas das folhas e estipes. A elevação da relação K/Ca na solução promoveu um efeito sinérgico sobre o S, principalmente nas folhas, com correlações positivas e significativas (0,56**), também com os teores nas demais partes, assim como os teores de K se correlacionaram positivamente com os de S nas folhas e raízes (0,46** e 0,30*, respectivamente).

Os teores de S na melhor relação K/Ca encontrada corresponderam a 2,74, 1,93 e 3,02 g kg⁻¹ nas folhas estipes e raízes, respectivamente, enquanto

Malavolta (1997) considera, como adequado, 2,3 g kg⁻¹ em folhas novas e normais.

Os teores de Na aumentaram significativamente nas folhas e estipes com o aumento da relação K/Ca na solução, se correlacionando positivamente com estas relações e com os teores de K nas folhas (Tabela 7). O aumento dos teores de Na com o aumento da relação K/Ca pode estar relacionado a um efeito sinérgico do K sobre o Na, que dependendo da quantidade de cada um na solução, também pode ser antagônico (Daliparthy, Barker e Mondal, 1994, citando Heimann e Ratner, 1962).

TABELA 7. Teores de Na e coeficientes de correlações destes com as relações do K com o Ca na solução nutritiva (CC), bem como com os teores de K (TK) e de Ca (TCa) nas folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira.

Tratamentos (K/Ca) Mmol L ⁻¹	Na		
	NaF	NaE g kg ⁻¹	NaR
0,0/3,0	0.61d	0.61c	2.09cde
1.0/2,5	0.50d	0.88b	2.64b
2.0/2,0	0.94	0.72bc	2.37bcd
3.0/1,5	1.43a	0.83bc	2.48bc
4.0/1,0	1.10bc	1.27 ^a	1.93e
5.0/0,5	1.27ab	1.32 ^a	1.98de
6.0/0,0	1.27ab	1.49 ^a	2.48bc
2.0/0,0 ⁺	0.44d	0.88b	1.10f
1.0/2,0 ⁺	0.94c	1.27 ^a	3.47a
CC	0.73**	0.75**	-0.18*
TK	0.62**	0.69**	-0.22
TCa	-0.50**	-0.45**	0.16

(+)-Relação K/Na (tratamentos adicionais).

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5%.

(*), (**) significativo a 5% e 1%, respectivamente.

Os teores de Na nas folhas, estipes e raízes, em g kg^{-1} , foram de 1,43, 0,83 e 2,48, respectivamente, correspondendo à melhor relação K/Ca na solução para a pupunheira.

Ao dobrar a concentração de Na na solução, em substituição à parte do K (relação K/Na de 1,0/2,0 mmol L^{-1}), o teor de Na aumentou nas raízes e diminuiu nas folhas, quando comparado aos tratamentos em que a relação K/Ca foi maior que 1. Isto sugere que o transporte de Na das raízes para as folhas foi reduzido, possivelmente pelo Ca, por este se encontrar numa concentração maior que a do K, conforme constatado nos demais tratamentos de mesma condição. De acordo com Sonj e Fujiyama (1996), o Ca inibiu o transporte de Na para a parte aérea em plantas de arroz e tomate.

3.3 Absorção

As relações K/Ca provocaram alterações significativas ($P < 0,05$) na absorção dos macronutrientes e do Na (Tabela 8). As maiores absorções de N, P e Mg estão associadas à relação K/Ca 3,0/1,5 mmol L^{-1} na solução, porém não diferiram estatisticamente da relação 2,0/2,0 mmol L^{-1} proposta por Dufour, Quencez e Schmitz (1978) como ideal para a palmácea dendezeiro. Já as menores relações ocorreram nos níveis zero de K, sendo que para o N total acumulado, não diferiu do tratamento em que a concentração de Na foi dobrada na solução. Isto sugere que uma maior absorção de tais nutrientes é atingida com suprimentos adequados de K e de Ca na solução.

A baixa produção de matéria seca no nível zero de K, na solução, contribuiu para um menor acúmulo dos nutrientes e do Na na planta. Por outro lado, a equivalência na solução entre o K e o Ca (3,0/1,5 mmol L^{-1}) proporcionaram os maiores acúmulos de K, Ca, S e Na na planta. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Peñalosa, Cáceres e Sarro (1995),

que constataram uma relação direta em plantas de feijão entre a absorção de Ca e de K com a relação Ca/K da solução.

TABELA 8. Absorção total de N, P, K, Ca, Mg, S, e Na de plantas de pupunheira, em função de relações do K com o Ca e com o Na em solução nutritiva.

Treatamentos (K/Ca)	N	P	K	Ca	Mg	S	Na
mmol L ⁻¹	mg planta ⁻¹						
0,0/3,0	2422,88e	345,08f	216,48e	682,18de	392,82de	168,83d	65,39c
1,0/2,5	3324,27bc	723,59bc	1466,10d	1318,57b	591,74b	319,60bc	165,25b
2,0/2,0	3676,92ab	861,14a	2685,60bc	1274,78b	617,77ab	395,28b	203,09b
3,0/1,5	4007,02a	925,91a	3644,88a	1761,33a	726,15a	479,01a	280,39a
4,0/1,0	3211,11bcd	666,27bcd	2960,08bc	988,09c	447,11cde	298,98c	174,08b
5,0/0,5	3363,13bc	744,11b	3194,82ab	932,44cd	525,43bc	361,42bc	211,61b
6,0/0,0	2930,57cd	596,38d	2459,35c	548,70e	369,44e	296,43c	176,18b
2,0/0,0*	3212,46bcd	461,03e	2759,47bc	1183,35bc	504,26bcd	334,79bc	109,52c
1,0/2,0*	2748,23de	614,96cd	1438,39d	980,35c	549,98bc	292,85c	189,36b

(-)Relação K/Na (tratamentos adicionais).

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5%.

A omissão do Na na solução não alterou significativamente a absorção total de N, K, Ca, Mg e S pelas plantas, quando comparado ao tratamento com mesma relação K/Ca (controle), afetando apenas o acúmulo de P e Na; porém, quando comparado ao tratamento que proporcionou o maior crescimento (K/Ca = 3,0/1,5 mmol L⁻¹), as reduções na absorção foram significativas. No entanto, quando a concentração de Na foi dobrada para substituir parte do K (K/Na = 1,0/2,0 mmol L⁻¹), a acumulação de N, P, K, Ca e S diminuiu significativamente quando comparado ao tratamento referência, com igual nível de Ca (K/Ca = 2,0:2,0).

3.4 Relações K/N, K/P, K/Ca, K/Mg, K/Na, Ca/Mg e Ca/Na nas folhas

As relações K/Ca (Tabela 9) na solução influenciaram as diferentes relações entre os nutrientes nas folhas. A relação do K e do Ca com os nutrientes nas folhas corresponderam a funções lineares. A intensidade dessas relações é definida pelos coeficientes de correlação, em que as relações K/N, K/Ca, K/Mg, K/S e Ca/Na, caracterizadas por “r”, iguais a 0,67**, 0,93**, 0,72**, 0,86** e 0,58**, respectivamente, foram significativas e bem representativas da relação direta do efeito dos tratamentos. Por outro lado, as relações K/P, K/Na, Ca/P e Ca/Mg, apesar de significativas, apresentaram baixas correlações, em função dos tratamentos aplicados. De acordo com Peñalosa, Cáceres e Sarro (1995) e Mortvedt e Khasawneh (1986), a relação Ca/K na seiva e nas folhas é representada por uma função linear correspondente à relação destes nutrientes na solução.

Os maiores coeficientes de correlação, em valores absolutos, para as relações Ca/P e Ca/Na, quando comparados às relações K/P e K/Na, caracterizam uma influência negativa maior do Ca sobre tais nutrientes do que o K, ou seja, nas menores relações K/Ca na solução, pelo aumento da concentração de Ca, os teores de Ca elevaram-se e os de P e Na reduziram nas folhas. De forma inversa ocorreu com o Mg, aumentos das relações K/Ca pela elevação da concentração de K, além de elevarem o teor de K nas folhas, também diminuiram o de Mg.

As relações entre os nutrientes nas folhas na relação K/Ca, na solução, que proporcionaram o maior crescimento, foram: K/N = 0,45; K/P = 5,50; K/Ca = 1,50; K/Mg = 4,15; K/S = 5,39; K/Na = 10,35; Ca/P = 3,66; Ca/Mg = 2,78; e Ca/Na = 6,94. As relações K/N, K/P, K/Mg, K/S, Ca/P e Ca/Mg consideradas adequadas nas folhas se constituíram nas maiores relações,

independente da relação K/Ca da solução. Já as relações K/Ca nas folhas aumentaram e a Ca/Na diminuiu, com a elevação da relação K/Ca na solução.

TABELA 9. Relações K/N, K/P, K/Ca, K/Mg, K/Na, Ca/Mg e Ca/Na nas folhas de plantas de pupunheira e coeficiente de correlações (r), em função de relações do K com o Ca e com o Na em solução nutritiva.

Tratamentos (K/Ca) mmol L ⁻¹	K/N	K/P	K/Ca	K/Mg	K/S	K/Na	Ca/P	Ca/Mg	Ca/Na
	g kg ⁻¹ / g kg ⁻¹								
0,0/3,0	0,04g	0,48e	0,17f	0,32e	0,75d	3,17f	2,89b	1,93d	18,99a
1,0/2,5	0,22f	2,15d	0,81e	2,06d	3,14c	17,83b	2,66bc	2,53ab	22,02a
2,0/2,0	0,33e	3,67c	1,59cd	3,42bc	4,43b	13,31cd	2,37bcd	2,16cd	8,59bc
3,0/1,5	0,45ab	5,50a	1,50cd	4,15a	5,39a	10,35de	3,66a	2,78a	6,94cd
4,0/1,0	0,42bc	3,46c	1,78c	4,14a	5,84a	14,95bc	1,95d	2,34bc	8,46bc
5,0/0,5	0,47a	4,40b	2,41b	4,59a	5,74a	13,94c	1,84d	1,91d	5,86cd
6,0/0,0	0,41cd	3,48c	3,33a	3,98ab	5,59a	13,22cd	1,06e	1,21e	4,05d
2,0/0,0 ⁺	0,38d	5,09a	1,35d	3,31c	4,65b	29,75a	3,78a	2,45abc	22,16a
1,0/2,0 ⁺	0,22f	1,76d	0,85e	1,76d	2,87c	9,60e	2,12cd	2,09cd	11,66b
"r"	0,82**	0,56**	0,97**	0,85**	0,86**	0,36**	-0,58**	-0,46**	-0,82**

(-)Relação K/Na (tratamentos adicionais)

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5%.

(*) , (**) significativo a 5 e 1% respectivamente.

4 CONCLUSÕES

As relações K/Ca influenciaram o crescimento das mudas de pupunheira, sendo que a melhor relação foi 3,0/1,5 mmol L⁻¹.

A pupunheira é mais exigente em K e menos exigente em Ca do que o dendezeiro.

O Na é um elemento indispensável ao cultivo da pupunheira.

Parte do K não poderá ser substituída pelo Na no cultivo de mudas de pupunheira.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALJUBURI, H.J. Effects of salinity and gibberellic acid on mineral concentration of date palm seedlings. *Fruits*, Paris, v.51, n.6, p.429-435, Nov./Dec.1996.
- ASSIS, R.P. de. **Nutrição mineral e crescimento de mudas de dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) em função de diferentes relações entre K, Ca e Mg na solução nutritiva.** Lavras: ESAL, 1995. 41p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- BONNEAU, X; OCHS, R; KITU, W.T.; YUSWOHADI. Chlorine: an essential element in the mineral nutrition of hybrid coconuts in Lampung (Indonesia). *Oleagineux*, Paris, v.48, n.4, p.179-190, 1993.
- BOVI, M.L.A. **Palmito pupunha: informações básicas para cultivo.** Campinas: IAC, 1998. 50p. (IAC. Boletim técnico, 173)
- BOVI, M.L.A.; GODOY JÚNIOR, G.; SAES, L.A. Pesquisas com os gêneros *Euterpe* e *Bactris* no Instituto Agrônomo de Campinas. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES DE PALMITO, 1., 1988, Curitiba. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1988. p.1-43. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 19).
- BRAUER, D. Potassium inhibition of calcium and magnesium accumulation in roots of intact naize seedlings. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.17, n.5, p.709-716, 1994.
- CALLAN, N.W.; WESTCOTT, M.P. Drip irrigation for application of potassium to tart cheery. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.19, n.1, p.163-172, 1996.
- CANTARELLA, H.; BOVI, M.L.A. Extração e reciclagem de nutrientes em plantas de pupunha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa - MG. **Resumos Expandidos...** Viçosa: SBCS, 1995. v.2, p.788-790.

- CARMELO, Q.A. de C. Saturação por bases e relações entre K, Ca e Mg no solo na nutrição potássica do milho (*Zea mays* L.) cv. Piranão. Piracicaba: ESALQ, 1989. 105p. (Tese de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- CLEMENT, C.R.; CHAVEZ FLORES, W.B.; GOMES, J.B.M. Considerações sobre a pupunha (*Bactris gasipaes* H.B.K.) como produtora de palmito. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES DE PALMITO, 1., 1988, Curitiba. Anais... Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1988. p.225-247. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 19).
- CRAVO, M.S.; MORAES, C.R.A., CRUZ, L.A.A. Extração de nutrientes por palmitos de pupunha. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25., 1996, Manaus - AM. Resumos Expandidos... Manaus: SBCS, 1996. p.624-625.
- DALIPARTHY, J.; BARKER, A.V.; MONDAL, S.S. Potassium fractions with other nutrients in crops: a review focusing on the tropics. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.17, n.11, p.1859-1886, 1994.
- DE KREIJ, C. Interactive effects of air humidity, calcium and phosphate on blossom-end rot, leaf deformation, production and nutrient contents of tomato. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.19, n.2, p.361-377, 1996.
- DIEM, B.; GODBOLD, D.L. Potassium, calcium and magnesium antagonism in clone of *Populus trichocarpa*. *Plant and Soil*, Dordrecht, v. 155/156, p.411-414, Oct. 1993.
- DUFOUR, F.; QUENCEZ, P.; SCHMITY, G. Technique de culture en solutions nutritives du palmier à huile et du cocotier. *Oléagineux*, Paris, v.33, n.10, p.485-490, Oct. 1978.
- GUNES, A.; ALPASLAN, M.; INAL, A.. Critical nutrient concentrations and antagonistic and synergistic relationships among the nutrients of NFT-grown young toamto plants. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.21, n.10, p.2035-2047, 1998.
- HERRERA, W. Fertilización del pijuayo para palmito. *Boletín Informativo de la Universidad de Costa Rica*, Costa Rica, v.1, n.2, p.4-10, 1989.

- KURIHARA, C.H.** Nutrição mineral e crescimento da soja sob influência do equilíbrio entre Ca, Mg e K. Lavras: ESAL, 1991. 95p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- LA TORRACA, S.M.; HAAG, H.P.; DECHEN, A.R.** Nutrição mineral de frutíferas tropicais. I sintomas de carências nutricionais em pupunha. *O Solo*, Piracicaba. v.76, p.53-6, 1984.
- MAGAT, S.S.; PADRONES, G.D.; ALFORJA, L.M.** Residual effects of three chloride fertilizers on yield and leaf nutrient levels of coconuts grown on an inland soil of Davao (Mindanao, Philippines). *Oleagineux*, Paris, v.48, p.237-242, 1993.
- MALAVOLTA, E.** Manual de química agrícola. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 528p.
- MALAVOLTA, E.** Nutrição e adubação da pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.): curso sobre nutrição e adubação de pupunheira. Belém/PA, 1997. 24p. Apostila
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A.** Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. rev. e atual. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MANCIOT, R.; OLLAGNIER, M.; OCHS, R.** Mineral nutrition and fertilization of the coconut around the world. *Oleagineux*, Paris, v.35, p.41-55, 1980.
- MARSCHNER, H.** Mineral nutrition of higher plant. 2.ed. New York: Academy Press, 1995. 889p.
- MARSCHNER, H.; KYLIN, A.; KUIPER, P.** Difference in tolerance of tree sugar beet genotypes. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.51, p.234-238, 1981.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A.** Principles of plant nutrition. 4.ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.
- MORTVEDT, J.J.; KHASAWNEH, F.E.** Effects of growth response on cationic relationships in plants. *Soil Science*, Baltimore, v.141, n.3, p.200-207, Mar. 1986.

- PACHECO, R.G. Crescimento de mudas de pupunha (*Bactris gasipaes* H.B.K.) em resposta à calagem e às relações cálcio/magnésio do solo e em resposta às relações nitrato/amônio e alumínio em soluções nutritivas. Viçosa: UFV, 1997. p.102. (Tese – Doutorado em Fitotecnia)
- PEÑALOSA, J.M.; CÁCERES, M.D.; SARRO, M.J. Nutrition of beans plants in sand culture: influence of calcium/potassium ratio in the nutrient solution. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.18, n.10, p.2023-2032, 1995.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. Outras culturas industriais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. et al. (eds). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico & Fundação IAC, 1996. p.233-236. (IAC. Boletim, 100).
- SALISBURY, F.B.; ROSS, C.V. *Plant physiology*. Wadsworth, Belmont: Marcel Dekker, 1992. 682p.
- SHUKLA, U.C.; MUKHI, A.K. Sodium, potassium and zinc relationships in com. *Agronomy Journal*, New York, v.71, n.2, p.235-237, Mar./Apr. 1979.
- SILVA, A. A. da; MATTOS, W.T. de; SANTOS, A.R. dos et al. Potássio e sódio em capim-tanzânia-1 cultivado em solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. *Resumos...* Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD-ROM.
- SOARES, E.; LIMA, L.A.; MISCAN, M.M. MELLO, F.A.F. de; BOARETTO, A.E. Efeito da relação entre teores trocáveis de Ca e Mg do solo na absorção de K por plantas de centeio. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v.58, n.4, p. 315-330, dez. 1983.
- SONJ, J.Q; FUJIYAMA, H. Difference in response of rice and tomato subjected to sodium salinization to the addition of calcium. *Soil Science and Plant Nutrition*, Tokyo, v.42, p.503-510, 1996.
- VENTURA, C.A.D. Níveis de potássio, cálcio e magnésio em solução nutritiva influenciando o crescimento e a composição da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), cv. Paraná. Piracicaba: ESALQ, 1987. 65p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).

WATAD, A.E.; REINHOLD, L.; LERNER, H.R. Comparison between a stable NaCl selected Nicotiana cell line and wild type: K⁺, Na⁺ and proline pools as a function of salinity. *Plant Physiology*, Rockville, v.73, p.624-629, 1983.

CAPÍTULO 3

CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DE MUDAS DE PUPUNHEIRA (*Bactris gasipaes* H.B.K.) EM FUNÇÃO DE RELAÇÕES DO P COM O Cl, EM SOLUÇÃO NUTRITIVA

RESUMO

O fósforo é um dos macronutrientes exigidos em menor quantidade pelas culturas; por outro lado, é aquele aplicado em maior quantidade nos solos brasileiros, o que tem levado, muitas vezes, a deficiências de outros nutrientes. A relação do fósforo com o cloro parece ser muito complexa. Em alguns casos, a disponibilidade do P foi aumentada quando o nível de Cl era elevado; em outros foi diminuída ou não foi afetada. Com o objetivo de avaliar a influência de diferentes relações do P com o Cl sobre o crescimento e a nutrição mineral de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.), foi desenvolvido um experimento em solução nutritiva, em condições de casa de vegetação, no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras. Foi adotado o delineamento em blocos casualizados, com 9 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos corresponderam a relações P/Cl 0,00/1,50, 0,25/1,25, 0,50/1,00, 0,75/0,75, 1,00/0,50, 1,25/0,25, 1,50/0,00, 1,00/1,00 e 2,00/1,00 mmol L⁻¹. As relações 1,00/1,00 e 2,00/1,00 foram definidas como tratamentos adicionais. As unidades experimentais foram constituídas por um vaso contendo uma planta. Avaliou-se altura, perímetro ao nível do coleto, área foliar e matéria seca das folhas, estipes e raízes, teores e acúmulo total de nutrientes. O crescimento das mudas foi afetado pelas diferentes relações P/Cl da solução. As relações P/Cl com concentrações de P a partir de 1,0 mmol L⁻¹, independente da concentração do Cl na solução, apresentaram os maiores valores médios para as variáveis de crescimento perímetro do coleto, área foliar e matéria seca de folhas, estipes e total. Os teores de P aumentaram, enquanto os de Cl diminuíram, com a elevação da relação P/Cl da solução. Ocorreu uma elevação da absorção total e da relação do P com os macronutrientes, enquanto as relações Cl/N, Cl/K, Cl/Ca, Cl/Mg, Cl/S e Cl/Na diminuíram, com o aumento da relação P/Cl da solução.

ABSTRACT

MINERAL NUTRITION AND GROWTH OF PEACH PALM (*Bactris gasipaes* H.B.K.) SEEDLINGS AS A FUNCTION OF RELATIONSHIPS OF PHOSPHORUS WITH CHLORINE IN NUTRITIVE SOLUTIONS

The phosphorus is one of the macronutrientes demanded in smaller amount by crops, on the other hand, it is one that is applied in larger amount in the Brazilian soils, what has leaded a lot of times to deficiencies of other nutrients. The relationship of the phosphorus with chlorine seems to be very complex. In some cases the availability of P was increased when the level of Cl was elevated, in others it was decreased or it was not affected. With the objective of evaluating the influence of different relationships of P with Cl, upon growth and mineral nutrition of peach palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.) seedlings an experiment was developed in nutritive solution, under greenhouse conditions at the Soil Science Departament – Federal University of Lavras, Minas Gerais state. The experimental design was in randomized blocks, with 9 treatments and 4 replications. The treatments corresponded to the following P/Cl relationships: 0.00/1.50; 0.25/1.25; 0.50/1.00; 0.75/0.75; 1.00/0.50; 1.25/0.25; 1.50/0.00; 1.00/1.00; and 2.00/1.00 in mmol L^{-1} . The 1.00/1.00 and 2.00/1.00 relationships were defined as additional treatments. The experimental units were constituted by one vase containing one plant. Height, perimeter at the stem level, leaf area and dry matter of the leaves, stipes and roots, contents and total accumulation of nutrients were evaluated. The growth of seedlings was affected by the different P/Cl relationships of the solution. The P/Cl relationships with concentrations of P starting from 1.0 mmol L^{-1} , independent of the concentration of Cl in the solution, presented the largest medium values for the variables of growth perimeter of the stem, leaf area and dry matter of leaves, stem and total. The contents of P increased, while the ones of Cl decreased, with the increase of the P/Cl relationship of the solution. It occurred an increase of the uptake and of the relationship of P with the macronutrientes, while the Cl/N, Cl/K, Cl/Ca, Cl/Mg, Cl/S and Cl/Na relationships decreased, with the increase of the P/Cl relationship of the solution.

1 INTRODUÇÃO

A constante e crescente demanda de matéria prima das indústrias de palmito para suprir o mercado nacional e internacional tem despertado um maior interesse por parte da pesquisa em outros gêneros da família Arecaceae, que não o *Euterpe*, particularmente aqueles que apresentem características desejáveis a uma exploração racional. Dentre as espécies atualmente estudadas, destaca-se a pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K), pois além de ser uma planta perene, é bastante precoce (18 a 36 meses para o primeiro corte, enquanto o açaí leva 8 anos e o juçara de 8 a 12 anos), é uma planta rústica, apresenta elevada capacidade de perfilhamento e um produto de boa qualidade (Bovi, 1998).

Em função de tais características, o seu cultivo tem se expandido por quase todo o país, sob diferentes níveis tecnológicos.

Por outro lado, elevadas quantidades de P tem sido utilizadas nas adubações, tendo em vista as características dos solos brasileiros que apresentam intensa fixação de P, na maioria das vezes sem um estudo prévio para uma recomendação adequada (Büll et al., 1998), o que poderá levar a uma interação com outros nutrientes, como o Cl, Zn, etc., ou a um desequilíbrio, causando deficiências nutricionais.

Do mesmo modo, sendo a pupunheira exigente em K, tem-se no cloreto de potássio de alta concentração o fertilizante mais utilizado, o qual contém aproximadamente 60% de K_2O e 50% de Cl (Zehler, Kreipe e Gething (1986). Com isto, elevadas quantidade de cloreto são adicionadas através da adubação potássica, o que leva as plantas a absorver e acumular grandes quantidades deste nutriente. Elevadas concentrações de Cl na solução do solo podem reduzir a atividade iônica, resultando em extremas relações do cloro com os nutrientes, principalmente os micronutrientes. Isto pode conduzir a um dano osmótico,

provocado por um íon específico, ou a desordens nutricionais, que resultam em perdas de rendimento e de qualidade (Grattan e Grieve, 1999).

A fertilização com Cl tem proporcionado aumentos significantes de produção às espécies da família *Arecaceae*, como o coqueiro e o dendezeiro, em solos com baixa concentração deste nutriente (Ollagnier e Olivin, 1984; Ollagnier e Wahyuni, 1984 e Souza et al., 1997), o qual tem sido exigido em quantidades superiores a muitos macronutrientes, só sendo superado pelo N e o K (Souza et al., 1997).

Embora seja exigido em grandes quantidades por algumas espécies cultivadas, o efeito antagônico do Cl sobre a absorção de outros nutrientes, como o nitrato, é bastante comentado na literatura, enquanto com o fósforo, poucos são os trabalhos que tratam da relação entre estes nutrientes e, mesmo assim, com respostas bastante contraditórias. Dessa forma, pretendeu-se, com este estudo, comprovar a importância de relações do fósforo com o cloro para o cultivo de mudas de pupunheira. Assim sendo, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes relações do P com o Cl sobre o crescimento e a nutrição mineral de mudas de pupunheira, em solução nutritiva.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em solução nutritiva, na casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo na Universidade Federal de Lavras, utilizando mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.).

As unidades experimentais foram constituídas por um vaso contendo uma planta. Os tratamentos corresponderam às seguintes relações P/Cl: 0,00/1,50, 0,25/1,25, 0,50/1,00, 0,75/0,75, 1,00/0,50, 1,25/0,25, 1,50/0,00, 1,00/1,00 e 2,00/1,00 mmol L⁻¹. Tais relações foram estabelecidas a partir da

relação P/Cl de 1,00/0,50 mmol L⁻¹, enquanto 1,33/0,50 é a relação P/Cl considerada por Dufour, Quencez e Schmitt (1978) como ideal para o crescimento da palmácea dendezeiro, em solução nutritiva. As relações 1,00/1,00 e 2,00/1,00 de P/Cl foram definidas como tratamentos adicionais.

Adotou-se o delineamento em blocos casualizados, com 9 tratamentos e 4 repetições.

As sementes de pupunheira foram colocadas para germinar em bandejas plásticas contendo areia lavada. Após 60 dias, as plântulas foram transferidas para bandejas coletivas com capacidade para 36 litros de solução de Dufour, Quencez e Schmitt (1978) para palmácea (Tabela 1), a ¼ da força iônica durante 15 dias, e ½ força iônica durante mais 30 dias. Após este período, as plantas foram transferidas, mais uma vez, para vasos com capacidade para 3 litros, contendo a mesma solução para palmácea com força total, a qual, após 30 dias, foi substituída conforme os tratamentos aplicados, permanecendo por 4 meses. As soluções foram renovadas a cada 15 dias no primeiro mês, e a cada 10 dias a partir do segundo mês. A partir daí, foram colocadas em vasos com capacidade para 9 litros, nos quais permaneceram por mais 4 meses, perfazendo um período experimental de 8 meses. Naqueles recipiente, as soluções foram renovadas a cada 20 dias, nos primeiros 2 meses, e a cada 15 dias, até o final do experimento.

A solução nutritiva foi mantida sob aeração constante durante todo o período experimental, bem como o seu volume, pela reposição diária de água deionizada.

Por ocasião da colheita do experimento, foram medidas a altura correspondente do coleto ao ápice da última folha completamente formada e perímetro do coleto das plantas. Após colhido, o material vegetal foi separado em raiz, estipe e folha, e em seguida foi medida fotometricamente a área foliar. Posteriormente, todo o material vegetal foi lavado em água destilada corrente e seco em estufa a 65 - 70°C, até atingir peso constante. A matéria seca

correspondente a cada uma das partes foi pesada, moída e armazenada em frascos de vidro para as determinações químicas.

TABELA 1. Concentrações dos nutrientes utilizados nas soluções de crescimento da pupunheira para as diferentes relações P/Cl.

Nutriente	Relações P/Cl (tratamentos)									
	0,00/1,50	0,25/1,25	0,50/1,00	0,75/0,75	1,00/0,50	1,25/0,25	1,50/0,00	1,00/1,00	2,00/1,00	1,00
mmol L ⁻¹										
NO ₃ ⁻	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
NH ₄ ⁺	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
H ₂ PO ₄	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,00	2,00	2,00
K ⁺	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Ca ²⁺	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Mg ²⁺	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
SO ₄ ²⁻	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Na ⁺	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Cl ⁻	1,50	1,25	1,00	0,75	0,50	0,25	0,00	1,00	1,00	1,00

As concentrações de micronutrientes em mg L⁻¹ e seus respectivos sais foram: B = 0,20 (H₃BO₄); Cu = 0,05 (CuSO₄.5H₂O); Fe = 3,00 (FeEDTA); Mn = 0,35 (MnSO₄.H₂O); Mo = 0,02 [(NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O] e Zn = 0,05 (ZnSO₄.7H₂O). Os sais que forneceram os macronutrientes foram: KNO₃; Ca(NO₃)₂; NaNO₃; KH₂PO₄; NaH₂PO₄; MgCl₂; Mg(NO₃)₂; (NH₄)₂SO₄ e NH₄NO₃.

No extrato obtido por digestão nitroperclórica do material vegetal, foram obtidos os teores de P por colorimetria, de K e de Na por fotometria de chama, de S por turbidimetria e de Ca e de Mg por espectrofotometria de absorção atômica. O teor de N total foi determinado pelo método semimicro Kjeldahl, enquanto o teor do Cl foi determinado por titulação com Ag(NO₃)₂. Todos os

nutriente determinados seguiram metodologia adotada por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

A absorção foi calculada pela soma dos acúmulos nas diferentes partes da planta, que, por sua vez, foram determinados com base nos teores e nas produções de matéria seca.

A relação do P e do Cl com os nutrientes foi calculada através dos teores nas folhas da planta.

Para a determinação das correlações, não foram considerados os tratamentos adicionais.

Os resultados foram submetidas à análise de variância, e como ocorreram diferenças significativas pelo teste F ($P < 0,05$), foram submetidos ao teste de Duncan ($P < 0,05$) para comparar todos os tratamentos. Foram determinadas correlações lineares entre as variáveis de crescimento, das relações P/Cl da solução e os teores nas diferentes partes da planta e relações dos teores do P e do Cl com os demais nutrientes nas folhas, assim como os nutrientes foram correlacionados com os teores de P e de Cl.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Crescimento

As relações P/Cl da solução afetaram as características de crescimento da pupunheira (Tabela 2). Na relação em que ocorreu omissão do P, ocorreu uma redução significativa de todas as variáveis de crescimento, enquanto nos tratamentos em que a concentração de P foi igual ou maior que $1,0 \text{ mmol L}^{-1}$, independente da redução da concentração de Cl, ocorreram os maiores índices de produção. Tais aumentos estão relacionados à maior concentração de P na

solução, possivelmente pelo maior requerimento deste nutriente durante a fase de crescimento.

Para as características altura e matéria seca de raízes, os tratamentos com doses de P acima de 1 mmol L^{-1} , independente do Cl, não diferiram significativamente, enquanto para o perímetro do coleto, área foliar, matéria seca de folhas, estipes e matéria seca total, tal fato ocorreu a partir do referido tratamento, sugerindo que a redução do nível de cloro, e até mesmo a sua omissão na solução nutritiva, não se constituiu num fator limitante para o crescimento, nas condições deste experimento, tendo em vista que o Cl não esteve totalmente ausente do ambiente de cultivo, pois teores de 2,50, 4,38 e $2,50 \text{ mmol L}^{-1}$ foram constatados nas folhas, estipes e raízes, respectivamente. A água deionizada utilizada na solução nutritiva e o ar na casa de vegetação possivelmente foram as fontes contaminantes de Cl.

Em trabalho com diferentes relações Cl/S, com plantas de pupunheira, Carvalho et al. (1995) verificaram um crescimento satisfatório na relação em que foi omitido o Cl, inferior apenas à relação padrão (0,5 e $1,0 \text{ mmol L}^{-1}$ de Cl e S, respectivamente). Acredita-se que fatos similares possam ter ocorrido em relação ao suprimento de Cl.

Por outro lado, quando a concentração de Cl foi igual ou superior à de P na solução nutritiva, ocorreu uma redução nas variáveis de crescimento em todas as doses, em relação à padrão ($1,0/0,5 \text{ mmol}$ de P/Cl), exceto naquela com $0,25$ e $1,25 \text{ mmol L}^{-1}$ de P e de Cl, respectivamente, para o perímetro, matéria seca de raízes e relação raiz/parte aérea.

TABELA 2. Altura, perímetro, área foliar, matéria seca das folha, das estipes, das raízes e matéria seca total e, relação raiz/parte aérea de plantas de pupunheira, em função de relações do P com o Cl em solução nutritiva.

P/Cl	Altura	Perímetro	A. Foliar	MS Folha	MS Estipe	MS Raiz	MS Total	R/PA
mmol L ⁻¹	-----cm-----	---cm ² ---	-----g planta ⁻¹ -----					
0,00/1,50	128,75c	9,63c	3415,75e	25,23d	20,25d	18,88d	64,36e	40,71bc
0,25/1,25	140,75bc	14,63ab	5182,00d	41,23c	38,23c	42,05ab	121,51cd	52,91a
0,50/1,00	144,00b	14,13b	6252,50bc	43,39c	43,53bc	33,46bc	120,38cd	38,52bc
0,75/0,75	145,75b	14,13b	5457,00cd	38,42c	42,67bc	34,81bc	115,89d	42,84b
1,00/0,50	142,50bc	16,00a	6616,75ab	51,52ab	54,14a	35,69bc	141,35abc	33,85c
1,25/0,25	154,25ab	15,88a	6666,00ab	52,97ab	56,59a	40,93abc	150,49a	37,22bc
1,50/0,00	162,50a	15,63ab	7404,25a	54,81a	59,11a	46,62a	160,54a	40,74bc
1,00/1,00 ⁺	152,50ab	15,13ab	5934,25bcd	43,53c	51,80ab	32,50c	127,83bcd	34,50bc
2,00/1,00 ⁺	149,75ab	15,89a	6490,25abc	46,25bc	55,70a	42,40abc	144,34ab	41,71bc

(+)Tratamentos adicionais

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5%.

Nos tratamentos adicionais, quando aumentou a concentração de Cl para 1 mmol L⁻¹ na solução, sem alterar a de P (P/Cl = 1,0/1,0), ocorreram reduções na área foliar, matéria seca de folhas e raízes e matéria seca total; porém, ao elevar a de P para 2 mmol L⁻¹ (P/Cl = 2,0/1,0), tal redução ocorreu apenas na matéria seca das folhas, quando comparada ao tratamento padrão (P/Cl = 1,0/0,5 mmol L⁻¹). Tal fato pode estar relacionado ao maior requerimento de P pelas plantas pelo aumento da concentração de Cl (Awad, Edwards e Campbell, 1990)

O Cl, quando esteve numa concentração, na solução, mais elevada que a do P, afetou negativamente o crescimento das mudas de pupunheira.

A maior relação da raiz com a parte aérea ocorreu no tratamento com 0,25 mmol L⁻¹ de P, fato explicado por uma maior drenagem de fotossintetados para as raízes quando na carência de P, que normalmente leva à formação de um maior número de raízes, mais finas. Tais resultados estão de acordo com os constatados por Brown et al. (1988), citado por Marschner (1995), que demonstraram um peso seco de raízes proporcionalmente maior em relação à parte aérea em baixo suprimento de P.

De acordo com Clarkson (1985), os nutrientes que mais afetam a produção de raízes são o nitrogênio e o fósforo.

As variáveis de crescimento se correlacionaram positiva e significativamente entre si, sugerindo que o efeito dos tratamentos tendeu a uma correlação direta entre as variáveis, possibilitando maior confiabilidade as inferências sobre o crescimento (Tabela 3).

Sintomas de deficiência para P apareceram nas plantas submetidas às relações P/Cl de 0,00/1,50 (Figura 1) e 0,25/1,25 mmol L⁻¹, respectivamente. Foram caracterizados por uma redução do crescimento das plantas, seguida de manchas pardo-amareladas, inicialmente nas folhas mais velhas, acompanhadas de manchas menores, escurecidas (pintas), estendendo-se para um secamento

geral das folhas a partir das pontas da lâmina foliar. Tal sintomatologia é similar

a descrita para plantas novas por Malavolta (1977).

TABELA 3. Correlações entre as variáveis de crescimento altura (ALT), perimetro do coleto (PER), área foliar (AF), matéria seca de folhas (MSF), estipe (MSE), raízes (MSR), parte aérea (MSPA) e total (MST) e relação raiz parte aérea (R/PA) em função de relações do P com o Cl em solução nutritiva.

Variáveis	ALT	PER	AF	MSE	MSE	MSE	MSR	MSPA	MST
PER	0.70**	-	-	-	-	-	-	-	-
AF	0.74**	0.92**	-	-	-	-	-	-	-
MSE	0.78**	0.92**	0.94**	-	-	-	-	-	-
MSE	0.81**	0.91**	0.91**	0.93**	-	-	-	-	-
MSR	0.78**	0.87**	0.86**	0.88**	0.82**	-	-	-	-
MSPA	0.81**	0.93**	0.94**	0.98**	0.99**	0.86**	-	-	-
MST	0.82**	0.94**	0.94**	0.98**	0.96**	0.96**	0.99**	-	-
R/PA	0.22	0.10	0.07	0.05	0.06	0.48*	0.01	0.15	

(*) e (**) significativo a 5 e 1%, respectivamente.

Para o Cl, não foram constatados sintomas visuais de deficiência. diferentemente de Carvalho et al. (1995), que visualizaram, nas folhas mais velhas, um amarelecimento e posterior necrosamento das pontas dos folíolos, em algumas plantas, no tratamento em que foi omitido o Cl, quando estudaram diferentes relações Cl/S na pupunheira.

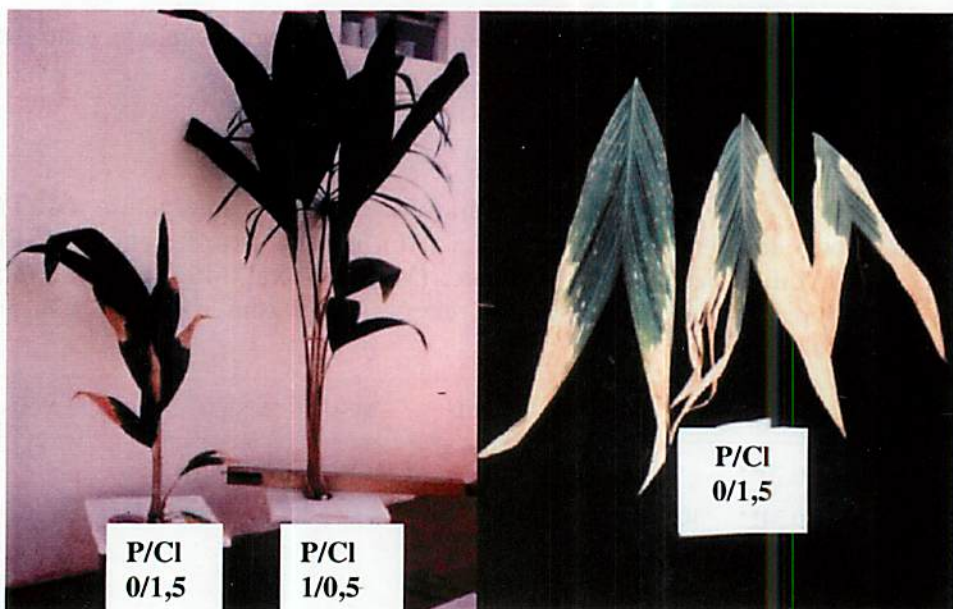


FIGURA 1. Sintomas de deficiência de P na relação P/Cl de 0/1,5 mmol L^{-1} , em mudas de pupunheira cultivadas em solução nutritiva..

3.2 Teores nas partes da planta

Os teores de N nas folhas não foram afetados pelas relações P/Cl da solução, enquanto nas estipes e raízes, nesta última mais intensamente, principalmente no nível mais elevado de Cl, ocorreu o menor teor (Tabela 4). Já Carvalho et al. (1996), estudando diferentes relações Cl/S, constataram reduções significativas do teor de N nas folhas e raízes de plantas de pupunheira, para uma mesma concentração de Cl na solução ($1,5 \text{ mmol L}^{-1}$). Observou-se uma correlação positiva entre os teores de N nas raízes e as relações P/Cl da solução, bem como com os teores de P nas raízes, enquanto se correlacionaram negativamente com os teores de Cl nas folhas e raízes. Apesar de não estar claro se a redução do teor de N nas raízes deve-se à redução do P na solução, uma vez que este se correlaciona positivamente com o teor de N (Gunes, Alpaslan e Inal

(1998), ou ao aumento do Cl, algumas pesquisas têm relacionado decréscimo do teor de N a uma menor atividade da redutase do nitrato pela inibição da absorção do NO_3^- pelo Cl (Wilkinson e Crawford, 1993 e Imsande e Touraine, 1994), resultado de um efeito antagônico entre ambos (Kirkby e Knight, 1977 e Gunes et al., 1994).

TABELA 4. Teores de N e P e coeficientes de correlações destes, em função das relações do P com o Cl na solução (CP/Cl), bem como dos teores de P (CTP) e de Cl (CTCl) com os de N nas folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira.

Tratamentos (P/Cl) Mmol L ⁻¹	N			P		
	Folhas	Estipes	Raízes	Folhas	Estipes	Raízes
0.00/1,50	34,35a	17,58ab	19,50c	1,93f	2,66c	1,36e
0,25/1,25	37,35a	18,48ab	20,33bc	2,59e	3,29c	3,31d
0,50/1,00	34,33a	16,60b	23,08abc	3,54d	6,10b	4,69c
0,75/0,75	33,93a	20,35a	26,80a	4,30bc	5,65b	6,86b
1,00/0,50	33,25a	17,23b	23,65abc	3,82cd	6,36b	7,33ab
1,25/0,25	34,15a	16,85b	22,70abc	3,81cd	6,00b	7,88ab
1,50/0,00	35,85a	18,15ab	24,00ab	7,00a	8,65a	8,07a
1,00/1,00 ⁺	34,13a	18,60ab	23,10abc	3,66d	7,81a	7,29ab
2,00/1,00 ⁺	36,08a	19,03ab	23,33abc	4,50b	8,16a	8,31a
CP/Cl	0,17	-0,05	0,60**	0,86**	0,91**	0,96**
CTP	0,04	0,01	0,59**	-	-	-
CTCl	-0,62**	0,17	-0,36 [†]	-	-	-

(+) Tratamentos adicionais.

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5%.

(*), (**) significativo a 5 e 1%, respectivamente.

Os teores de P nas diferentes partes da planta (Tabela 4) aumentaram com a elevação da relação P/Cl na solução, apresentando diferenças

significativas ($F < 0,05$). O tratamento que apresentou os maiores teores de P, principalmente nas folhas, foi aquele que apresentava zero de Cl. Isto sugere que o Cl pode afetar mais a translocação do que a absorção de P, tendo em vista, ainda, que mesmo numa concentração maior de P na solução (2 mmol L^{-1}), porém na presença do Cl, menor teor de P foi transportado para as folhas. O transporte de P para a parte aérea é afetado pela salinidade (Grattan e Grieve, 1999), estando relacionado ao excesso de Cl (Papadopoulos e Rendig, 1983 e Satti, Lopez e Al-Rawahy, 1995). Hang (1993) constatou redução significativa dos teores de P nos caules e folhas de batata, provocada pela inibição do transporte a longa distância, induzida pelo aumento da concentração de Cl na solução.

Por outro lado, teores mais elevados de P nas plantas podem estar relacionados ao fato de que quando o Cl se encontra em baixa concentração na solução ou o seu suprimento é interrompido, a planta passa a consumir mais energia, já que se utiliza de sais orgânicos de elevado custo energético para o controle do turgor (Fixen, 1993), enquanto o Cl, em concentrações adequadas, representa um baixo custo de energia para a planta (Sanders, 1984, citado por Fixen, 1993).

O Cl numa concentração de $1,5 \text{ mmol L}^{-1}$, na solução, reduziu os teores de P nas folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira, com diferenças significativas nas duas últimas partes da planta (Carvalho et al., 1996).

Correlações altamente significativas foram constatadas entre a relação P/Cl da solução e o teor de P nas diferentes partes da planta (Tabela 4).

Os teores de P nas folhas de 3,82, estipes de 6,36 e raízes de 7,33 g kg^{-1} , no tratamento considerado padrão ($P/Cl = 1,0/0,50 \text{ mmol L}^{-1}$), foram muito elevados quando comparado aos encontrados por Carvalho et al. (1996) nas folhas de 2,60, estipes de 2,18 e raízes de 1,60 g kg^{-1} , e o preconizado, como

adequado, para as folhas, de 2,3 g kg⁻¹, por Malavolta (1997), para plantas cultivadas em solução nutritiva.

Com o aumento da relação P/Cl da solução, ocorreu uma diminuição do teor de K nas folhas (Tabela 5), justificada por uma correlação negativa e significativa, enquanto nas demais partes, o efeito foi variado. A redução do teor de K nas folhas pode estar relacionada ao efeito diluição, uma vez que ocorreu maior crescimento com o aumento da relação P/Cl (Tabela 2).

TABELA 5. Teores de K e Ca e coeficientes de correlações destes, em função das relações do P com o Cl na solução (CP/Cl), bem como com os teores de P (CTP) nas folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira.

Tratamentos (P/Cl) mmol L ⁻¹	K			Ca		
	Folhas	Estipes	Raízes	Folhas	Estipes	Raízes
0,00/1,50	21.12a	25.96ab	15,40cd	9,64a	7,90a	4.37b
0.25/1,25	18,04bcd	27,17ab	17,16bc	8,44ab	7,36ab	4.63b
0,50/1,00	19,58abc	26,62ab	20,79a	7,56bcd	7,39ab	3.97b
0,75/0,75	17,60cd	24,97b	14,30d	7,11bcd	6,34b	3.98b
1,00/0,50	18,59bcd	28,71a	17,71b	5,70d	6,83ab	6.71a
1,25/0,25	17,49d	26,29ab	17,27bc	6,65bcd	6,01b	5.89a
1,50/0,00	18,26bcd	26,51ab	15,84bcd	6,14cd	6,29b	4.56b
1,00/1,00 ⁺	19,69ab	25,52b	6,27e	7,83bc	6,43b	4.69b
2,00/1,00 ⁺	17,38d	26,07ab	14,08d	8,43ab	6,78ab	4.91b
CP/Cl	-0,64**	0,13	-0,06	-0,93**	-0,89**	0,43**
CTP	-0,32	0,08	-0,02	-0,62**	-0,46*	0,39*

(+) Tratamentos adicionais.

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5%.

(*) (***) significativo a 5 e 1%, respectivamente.

Os teores de Ca nas folhas e estipes (Tabela 5) se correlacionaram negativamente com a relação P/Cl da solução e com os teores de P. Mesmo sabendo da possibilidade de um efeito antagônico do fósforo sobre o cálcio (Gunes, Alpaslan e Inal, 1998, citando Jones et al., 1991 e Biesiada e Kolata, 1995), a redução dos teores de Ca naquelas partes da planta com o aumento da relação P/Cl parece estar mais associada a um desequilíbrio nutricional da solução do que ao aumento do P, tendo em vista que, no tratamento adicional, em que apresenta o maior nível de P na solução (2 mmol L⁻¹), os teores de Ca ocorreram em valores estatisticamente iguais àqueles tratamentos com baixa concentração ou zero de P e em teores bem mais elevados do que os considerados adequados por Malavolta (1997), de 6,8 g kg⁻¹, para plantas cultivadas em solução nutritiva. Já nas raízes ocorreu uma correlação positiva dos teores de Ca com a relação P/Cl da solução e com os teores de P.

Os teores de Mg nas folhas e estipes (Tabela 6) reduziram com o aumento da relação P/Cl na solução, caracterizado por uma correlação negativa e significativa, enquanto nas raízes, não foram alterados. Tais reduções podem estar relacionadas ao efeito diluição, tendo em vista que um maior crescimento das plantas ocorreu com a elevação da concentração de P na solução (Tabela 2).

As diferentes relações P/Cl afetaram significativamente os teores de S nas várias partes da planta (Tabela 6). As variações nos teores de S não estiveram relacionadas à maior ou menor concentração de P e de Cl na solução. No entanto, maior teor foi constatado nas raízes, seguidas pelas folhas. De acordo com Pasricha e Fox (1993), a interação do P com o S pode ser negativa ou positiva, dependendo do nível e da combinação em que cada um é aplicado.

TABELA 6. Teores de Mg e S e coeficientes de correlações destes, em função das relações do P com o Cl na solução (CP/Cl), bem como com os teores de P (CTP) nas folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira.

Tratamentos (P/Cl) mmol L ⁻¹	Mg			S		
	Folhas	Estipes	Raízes	Folhas	Estipes	Raízes
0,00/1,50	4,41a	2,82a	1,58a	3,60ab	2,60ab	3,56d
0,25/1,25	3,05bc	2,30abc	1,90a	3,25bc	2,21bcde	4,23abcd
0,50/1,00	2,47cd	2,57ab	1,63a	3,60ab	2,79a	4,31abc
0,75/0,75	3,44b	2,19bc	2,04a	3,63ab	2,06cde	4,19abcd
1,00/0,50	2,29d	2,10bc	1,99a	3,06c	1,90de	3,88bcd
1,25/0,25	2,80cd	2,14bc	1,78a	3,42abc	2,24bcd	4,61a
1,50/0,00	2,43cd	1,86c	1,65a	3,85a	2,45abc	3,69cd
1,00/1,00 ⁺	2,98bc	2,18bc	1,76a	3,50abc	1,82e	3,63cd
2,00/1,00 ⁺	3,57b	2,54ab	2,03a	3,22b	2,15cde	4,56ab
CP/Cl	-0,69**	-0,89**	0,13	0,16	-0,32	0,15
CTP	-0,52**	-0,45*	0,24	0,33	-0,02	0,19

(+) Tratamentos adicionais.

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5%.

(*) (**), significativo a 5 e 1%, respectivamente.

Os teores de Na variaram em função das relações P/Cl, com diferenças significativas nas diferentes partes da planta (Tabela 7), se correlacionando negativamente com o aumento da relação P/Cl da solução e com o teor de P, ambos nas folhas. Tal redução parece estar mais relacionada à redução do Cl do que propriamente à elevação do P na solução, tendo em vista que um aumento do teor de Cl nos tecidos das plantas leva a um aumento do total de cátions (von Uexkull, 1990).

TABELA 7. Teores de Na e Cl e coeficientes de correlações destes, em função das relações do P com o Cl na solução (CP/Cl), bem como com os teores de P (CTP) nas folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira.

Tratamentos (P/Cl) mmol L ⁻¹	Na			Cl		
	Folhas	Estipes	Raízes	Folhas	Estipes	Raízes
0.00/1.50	1,43abc	1,27bc	1,32cd	11,88ab	19,38ab	11,25a
0,25/1,25	1,16cd	1,32abc	1,60abcd	13,75a	20,63a	9,38ab
0,50/1,00	1,54a	1,32abc	1,49bcd	9,38b	15,63c	5,00de
0,75/0,75	0,99d	1,27bc	1,87a	10,00b	16,88bc	6,25cd
1,00/0,50	1,21bcd	1,54a	1,32cd	3,75c	10,63d	5,00de
1,25/0,25	1,21bcd	1,49ab	1,27d	2,50c	6,25e	3,13ef
1,50/0,00	0,99d	1,21c	1,65abc	2,50c	4,38e	2,50f
1,00/1,00 ⁺	1,49ab	1,49ab	1,65abc	10,63b	15,00c	6,88cd
2,00/1,00 ⁺	1,27abcd	1,38abc	1,76ab	10,63b	14,38c	8,13bc
CP/Cl	-0,57	0,24	0,06	-0,93	-0,95**	-0,93**
CTP	-0,50**	0,11	0,11	-0,62**	-0,79**	-0,84**

(+)-Tratamentos adicionais.

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5%.

(*) , (**) significativo a 5 e 1%, respectivamente.

O aumento das relações P/Cl na solução (Tabela 7) reduziram os teores de Cl nas diferentes partes da planta, que, por sua vez, se correlacionaram negativamente com as relações P/Cl da solução e com o teor de P na planta. Apesar disto, os teores de cloro na pupunheira só foram superados pelos de N e K, nas diferentes partes da planta, com exceção dos teores de P no tratamento com zero de Cl e dos de Ca quando a concentração de Cl foi igual ou inferior a 0,5 mmol L⁻¹, na solução. A exigência de cloro, em quantidades que superam a condição de micronutriente, por algumas espécies da família Arecaceae, foi ressaltada por Viégas (1993) para o dendezeiro e por Ouvrier e Taffin (1990) para o coqueiro.

Os maiores teores de Cl ocorreram nas estipes > folhas > raízes; seqüência similar foi constatado por Viégas (1993) no dendezeiro estipe > peciolo > folíolos, etc.

3.3 Absorção

A absorção dos nutrientes aumentou com a elevação da relação P/Cl da solução, com diferenças significativas entre os tratamentos, exceto o Ca, com variação entre os mesmos e o Cl, que teve a sua absorção reduzida em função da diminuição dos seus teores (Tabela 8).

A maior acumulação de N e de P ocorreu no tratamento em que o Cl foi omitido ($P/Cl = 1,5/0,0 \text{ mmol L}^{-1}$). Para o P, tal resultado deve-se ao elevado teor de P nas diferentes partes da planta na ausência da adição de Cl, o qual pode estar associado a um maior requerimento de P pela planta sob tais condições. O Cl por exercer um papel fundamental na osmoregulação (Marschner, 1995); quando em baixa concentração, leva a planta a um maior consumo energético, na tentativa de realizar o ajuste osmótico e, por conseguinte, a um maior requerimento de P (Salisbury e Ross, 1992).

A absorção de K, Ca e Na aumentou com a relação P/Cl da solução até a dose de $1,0/0,5 \text{ mmol L}^{-1}$, enquanto para o Mg e o S, este aumento ocorreu até a dose de $1,25/0,25 \text{ mmol L}^{-1}$, independente da concentração de Cl.

Acumulação total de Cl pela pupunheira só não foi superior aos nutrientes N e K, para os diferentes tratamentos, e ao P no tratamento com zero de Cl.

Com relação aos tratamentos adicionais, quando a concentração de P foi igual a de Cl (porém tida como suficiente para um bom crescimento), ocorreu uma redução da acumulação de todos os macronutrientes, exceção feita apenas para o Ca, assim como o Na, que aumentaram. Diferentemente, no outro

tratamento adicional em que a concentração de P foi o dobro da de Cl, porém igual ao do tratamento anterior, a acumulação dos nutrientes foi estatisticamente igual às obtidas com o tratamento que proporcionou o maior crescimento das plantas. Deste modo, pode-se inferir que o Cl exerce uma influência negativa sobre a absorção do P, a menos que este se encontre numa concentração mais elevada no meio (2,0 para 1,0 mmol L⁻¹), como ocorreu neste experimento.

TABELA 8. Absorção de N, P, K, Ca, Mg, S, Na e Cl de plantas de pupunheira, em função das relações do P com o Cl em solução nutritiva.

Tratamentos (P/Cl)	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cl
mmol L ⁻¹	mg planta ⁻¹							
0,00/1,50	1585,76e	126,22f	1352,03e	481,30c	200,73c	209,31d	88,61d	911,29d
0,25/1,25	3058,84cd	370,21e	2499,66cd	845,39ab	295,97b	399,15bc	166,91bc	1720,24a
0,50/1,00	2945,41d	574,00d	2704,14bcd	778,40ab	271,72b	420,27bc	173,50abc	1244,21c
0,75/0,75	3100,89d	643,87d	2241,53d	680,93bc	297,48b	373,31c	157,48c	1326,56c
1,00/0,50	3480,47bc	799,11c	3139,34ab	916,59ab	308,35b	403,76bc	192,20abc	946,63d
1,25/0,25	3660,49b	857,57c	3133,15ab	929,62a	336,98ab	492,94ab	197,74ab	619,49e
1,50/0,00	4132,91a	1269,20a	3305,55a	929,02a	322,44ab	529,89a	203,15ab	519,24e
1,00/1,00 ⁺	3182,59cd	798,58c	2386,34cd	830,42ab	301,25b	364,91c	195,49ab	1467,39bc
2,00/1,00 ⁺	3709,03ab	1012,44b	2856,61abc	973,96a	392,73a	460,76abc	210,75a	1617,24ab

(+) Tratamentos adicionais.

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5%.

3.4 Relações P/N, P/K, P/Ca, P/Mg, P/S, P/Na, P/Cl, Cl/N, Cl/K, Cl/Ca Cl/Mg, Cl/S e Cl/Na nas folhas

Os efeitos das relações P/Cl da solução foram evidentes sobre a relação do P com todos os nutrientes nas folhas (Tabela 9), apresentando correlações significativas e positivas, confirmando a tendência de aumento das relações do P com os nutrientes, com a elevação da relação P/Cl na solução. Aumentos das relações P/N, P/K, P/Ca e P/Mg, com a elevação das doses de P na solução, foram constatados por Gunes, Alpaslan e Inal (1998).

TABELA 9. Relações P/N, P/K, P/Ca, P/Mg, P/S, P/Na e P/Cl e coeficientes de correlações destas (CP/Cl) nas folhas de plantas de pupunheira, em função das relações do P com o Cl na solução nutritiva.

Tratamentos (P/Cl) mmol L ⁻¹	P/N	P/K	P/Ca	P/Mg g ⁻¹ /g ⁻¹	P/S	P/Na	P/Cl
0,00/1,50	0,056c	0,091f	0,200d	0,439c	0,536f	1,383e	0,166e
0,25/1,25	0,070c	0,143e	0,322d	0,865d	0,810e	2,362d	0,191de
0,50/1,00	0,104b	0,182d	0,474c	1,452bc	0,988de	2,307d	0,592de
0,75/0,75	0,127b	0,244bc	0,604bc	1,256bcd	1,190bcd	4,441b	0,457d
1,00/0,50	0,115b	0,206d	0,676b	1,696b	1,269bc	3,210cd	1,139c
1,25/0,25	0,113b	0,218cd	0,592bc	1,376bc	1,119cd	3,124cd	1,522b
1,50/0,00	0,198a	0,383a	1,164a	2,968a	1,825a	7,143a	2,798a
1,00/1,00 ⁺	0,107b	0,188d	0,466c	1,230cd	1,043d	2,482d	0,550de
2,00/1,00 ⁺	-0,125b	0,261b	0,541bc	1,290bcd	1,405b	3,570bc	0,430de
CP/Cl	0,88**	0,88**	0,91**	0,86**	0,91**	0,81**	0,91**

(+) Tratamentos adicionais.

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si (Duncan a 5%).

(**) significativo 1%.

As relações do P com os macronutrientes e com Na e o Cl, constatadas no tratamento padrão, corresponderam a $P/N = 0,115$, $P/K = 0,206$, $P/Ca = 0,676$, $P/Mg = 1,296$, $P/S = 1,269$, $P/Na = 3,210$ e $P/Cl = 1,139$, respectivamente. As relações do P com tais nutrientes foram muito elevadas no tratamento em que ocorreu omissão de Cl, em função do elevado teor de P ocorrido nas folhas.

Não obstante, relações entre dois nutrientes são mais confiáveis do que a simples avaliação das concentrações ou conteúdos de modo isolado (Beaufils e Sumner, 1976). Neste sentido, Korndorfer e Alcarde (1992) demonstraram que a avaliação do estado nutricional do P na cana soca, através da relação N/P da folha, mostrou-se melhor do que o próprio teor de P isoladamente.

As relações P/Cl da solução influenciaram a relação do Cl com o N, K, Ca, Mg, S e Na nas folhas das plantas de pupunheira (Tabela 10). Pode-se observar que a relação do Cl, com os nutrientes referidos acima, diminuiu com o aumento da relação P/Cl na solução, correlacionando-se negativamente. Tal resposta pode ser justificada, em parte, pela redução da concentração do Cl na solução, resultando em um menor teor nas folhas, culminando numa menor absorção.

As relações do Cl com os nutrientes, no tratamento padrão, corresponderam a $Cl/N = 0,112$, $Cl/K = 0,200$, $Cl/Ca = 0,657$, $Cl/Mg = 1,677$, $Cl/S = 1,271$ e $Cl/Na = 3,125$.

Nos tratamentos adicionais, as relações do Cl com os nutrientes não diferiram estatisticamente entre si ($P < 0,05$), demonstrando que a elevação da concentração de P, na solução, de 1 para 2 mmol L^{-1} , não foi suficiente para alterar tais relações.

TABELA 10. Relações Cl/N, Cl/K, Cl/Ca Cl/Mg, Cl/S e Cl/Na e coeficientes de correlações, nas folhas de plantas de pupunheira, em função de relações do P com o Cl na solução nutritiva.

Tratamentos P:Cl mmol L ⁻¹	Cl/N	Cl/K	Cl/Ca	Cl/Mg	Cl/S	Cl/Na
0,00/1,50	0,348ab	0,621ab	1,247a	2,680c	3,308b	8,405bc
0,25/1,25	0,367a	0,763a	1,706a	4,576a	4,298a	12,399a
0,50/1,00	0,272b	0,485b	1,261a	3,886ab	2,606b	6,088c
0,75/0,75	0,295ab	0,574b	1,406a	2,888c	2,724b	10,228ab
1,00/0,50	0,112c	0,200c	0,657b	1,677d	1,271c	3,125d
1,25/0,25	0,074c	0,144c	0,390b	0,905d	0,734c	2,111d
1,50/0,00	0,071c	0,137c	0,408b	1,053d	0,652c	2,557d
1,00/1,00 ⁻	0,315ab	0,541b	1,366a	3,575bc	3,053b	7,170c
2,00/1,00 ⁺	0,295ab	0,621ab	1,277a	3,026bc	3,325b	8,428bc
CP/Cl	-0,94**	-0,87**	-0,85**	-0,80**	-0,92**	-0,78**

(+)-Tratamentos adicionais.

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si (Duncan a 5%).

(**) significativo a 1%.

4 CONCLUSÕES

As relações do P com o Cl na solução nutritiva afetaram o crescimento das mudas de pupunheira. À medida que aumentou a relação P/Cl na solução, até a dose padrão (P/Cl = 1,0/0,5 mmol L⁻¹), ocorreram elevações dos teores e da acumulação de P, nas diferentes partes da planta, e das relações P/Cl nas folhas, resultando num maior crescimento.

Nas relações P/Cl em que a concentração de Cl na solução nutritiva foi igual ou superior a 1 mmol L⁻¹, ocorreram reduções no crescimento das mudas; no entanto, tais reduções foram amenizadas quando a concentração de P foi aumentada para 2 mmol L⁻¹.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEAUFILS, E.R.; SUNNER, M.E. Application of DRIS approach for calibrating soil, plant yield and plant quality factor of sugarcane. Proceedings of the South African Sugar Technologists Association. Pietermaritzburg, Pinetown, v.6, p.1-7, 1976.
- BOVI, M.L.A. **Palmito pupunha: informações básicas para cultivo.** Campinas: IAC, 1998. 50p. (IAC. Boletim técnico, 173)
- CARVALHO, J.G.; MATOS, A.O.; GUERRERO, J.A.; VARGAS, J.A. Efeito da relação Cl:S no teor de macronutrientes em pupunha cultivada em areia e solução nutritiva. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus. Resumos expandidos... Manaus: SBCS, 1996. p.654-655.
- CARVALHO, J.G.; MATOS, A.O.; GUERRERO, J.A.; VARGAS, J.A. Relação Cl:S em pupunha (*Bactris gasipaes*) cultivada em areia e solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. Anais... Viçosa: SBCS, 1995. p.1023-1025.
- CLARKSON, D.T. Adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas a ambientes de baixa fertilidade. In: ROSAND, P.C. (ed.). **Reciclagem de nutrientes e agricultura de baixos insumos nos trópicos.** Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1985. p.45-75.
- DUFOUR, F.; QUENCEZ, P.; SCHMITY, G. Technique de culture en solutions nutritives du palmier à huile et du cocotier. **Oléagineux**, Paris, v.33, n.10, p.485-490, Oct. 1978.
- FIXEN, P.E. Crop responses to chloride. **Advances in Agronomy**, London, v.50, p.107-150, 1993.
- GRATTAN, S.R.; GRIEVE, C.M. Salinity-mineral relations in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.78, p.127-157, 1999.
- GUNES, A.; WITSE, N.K.P.; KIRKBY, E.A.; AKTAS, M. Influence of partial replacement of nitrate by amino acid nitrogen or urea in the nutrient medium on nitrate accumulation in NFT grown winter lettuce. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.17, n.11, p.1929-1938, 1994.

- GUNES, A.; ALPASLAN, M; INAL, A.. Critical nutrient concentrations and antagonistic and synergistic relationships among the nutrients of NFT-grown young toamto plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.21, n.10, p.2035-2047, 1998.
- HANG, Z. Influence of chloride on the uptake and translocation of phosphorus in potato. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.16, n.9, p.1733-1737, 1993.
- IMSANDE, J.; TOURAINÉ, B. N demand and the regulation of nitrat uptake. **Plant Physiology**, Rockville, v.105, n.1, p.3-7, 1994.
- KIRKBY, E.A.; KNIGHT, A.H. The influence of the level of nitrate nutrition on ion uotake and assimilation, organic acid accumulation and cation anion balance in whole tomato plants. **Plant Physiology**, Rockville, v.60, n.3, p.349-353, Sept. 1977.
- KORNDORFER, G.H.; ALCARDE, J.C. Acúmulo e teor de fósforo em folhas de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, n.2, p.217-222, 1992.
- MALAVOLTA, E. **Nutrição e adubação da pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.): curso sobre nutrição e adubação de pupunheira**. Belém/PA, 1997. 24p. Apostila
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. rev. e atual. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. 2.ed. New York: Academy Press, 1995. 889p.
- OLLAGNIER, M.; OLIVIN, J. Effects of potassium nutrition on the productivity of the oil palm. **Oléagineux**, Paris, v.39, p.349-362, 1984.
- OUVRIER, M.; TAFFIN, G. de. Evolution de la matière minérale des bourres de cocotier laissées au champ. **Oléagineux**, Paris, v.40, n.8/9, p.431-434, 1990.
- PAPADOPOULOS, I.; RENDIG, V.V. Interactive effects of salinity and nitrogen on growth and yield of tomato plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.73, n.1, p.47-57, 1983.

- PASRICHA, N.S.; FOX, R.L. Plant nutrient sulfur in the tropics and subtropics. *Advances in Agronomy*, New York, v.50, p.209-269, 1993.
- SALISBURY, F.B.; ROSS, C.V. *Plant physiology*. Wadsworth, Belmont: Marcel Dekker, 1992. 682p.
- SATTI, S.M.F.; LOPEZ, M.; AL-RAWAHY, S.A. Effects of saline nutrient solutions on the growth and accumulation of mineral elements in some tomato cultivars. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, Montecelo, v.26, p.2097-2106, 1995.
- SOUZA, C.A.S.; CORRÊA, F.L. de O.; CUNHA, R.L. da.; LIMA, S.F. de; CARVALHO, J.G. de. O nutriente cloro em três palmeiras cultivadas. *Agrotrópica*, Itabuna, v.9, n.1, p.83-98, set./dez. 1997.
- VIÉGAS, I. de J.M. Crescimento do dendezeiro (*Elaeis guineensis*, Jacq.), concentração, conteúdo e exportação de nutrientes nas diferentes partes da planta com 2 a 8 anos de idade, cultivado em Latossolo Amarelo distrófico, Tailândia, Pará. Piracicaba:ESALQ, 1993. 217p. (Tese – Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- von UEXKULL, H.R. Chloride in the nutrition of coconut and oil palm. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 14., 1990, Kioto. *Trasactions...* Rome: International Society of Soil Science, 1990. v.3, p.133-139.
- WILKINSON, J.Q.; CRAWFORD, N.M. Identification and characterization of chlorate-resistance mutant of *Arabidopsis thaliana* with mutations in both nitrate reductase structural genes NIA1 and NIA2. *Molecular and General Genetics*, Berlin, v.239, p.289-297, 1993.
- ZEHLER, E.; KREIPE, H.; GETHING, P.A. Sulfato de potássio e cloreto de potássio: sua influência na produção e na qualidade das plantas cultivadas. Campinas: Fundação Cargil, 1986. 111p.

CAPÍTULO 4

CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DE MUDAS DE PUPUNHEIRA (*Bactris gasipaes* H.B.K.) SUBMETIDA A DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE, EM SOLUÇÃO NUTRITIVA

RESUMO

A salinidade geralmente causa redução do crescimento das culturas, induzindo a desordens nutricionais que vão afetar a absorção, transporte e distribuição dos nutrientes essenciais. Com o objetivo de estudar a influência de diferentes níveis de salinidade sobre o crescimento e nutrição mineral de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.), montou-se um experimento em solução nutritiva, em condições de casa de vegetação, no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras. O experimento foi instalado em blocos ao acaso, com sete tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constaram das seguintes doses de NaCl: 0,0 Na e 0,5 Cl; 1 Na e 0,5 Cl (controle); 5,0; 15,0; 30,0; 60,0 e 120,0 mmol L⁻¹. A resposta à salinidade foi avaliada através de altura, perímetro, área foliar, matéria seca das folhas, estipes e raízes, teores e acúmulo total dos macronutrientes e relações entre estes. Reduções significativas em todas as variáveis de crescimento ocorreram à medida que aumentou o nível de salinidade, justificado por correlações negativas com a condutividade elétrica da solução de crescimento. A adição de 1 mmol L⁻¹ de Na na solução proporcionou aumentos significativos em todas as variáveis de crescimento, enquanto a adição de 5 mmol L⁻¹, apesar de ter reduzido o crescimento em relação ao tratamento controle, foi superior àquele em que se omitiu Na. As variáveis de crescimento se correlacionaram positivamente entre si e negativamente com a condutividade elétrica da solução. Os teores dos macronutrientes variaram em função da salinidade, sendo que o P e K reduziu nas raízes, o Ca nas folhas e o S nas diferentes partes, enquanto o Na e o Cl aumentaram nas diferentes partes da planta. As relações entre o Na/K, Na/Ca, Na/Mg, Cl/N, Cl/P e Cl/S aumentaram, causando um desbalanço nutricional na planta, provavelmente pela ausência de mecanismos de exclusão ou de alocação de sais. A acumulação de Na e Cl aumentou mesmo tendo ocorrido uma drástica redução da produção de matéria seca, enquanto a absorção dos macronutrientes reduziu.

ABSTRACT

MINERAL NUTRITION AND GROWTH OF PEACH PALM (*Bactris gasipaes* H.B.K.) SEEDLINGS UNDER SALINE STRESS IN NUTRITIVE SOLUTION

The salinity, usually, causes reduction of growth of crops inducing nutritional disorders that will affect uptake, transport and distribution of the essential nutrients. With the objective of studying the influence of different salinity levels upon growth and mineral nutrition of peach palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.) seedlings, an experiment was established in nutritive solution, under greenhouse conditions at the Soil Science Department – Federal University of Lavras, Minas Gerais state. The experimental design was in randomized blocks, with seven treatments and four replications. The treatments consisted of the following levels of NaCl: 0.0 and 0.5 Cl; 1 and 0.5 Cl (control); 5.0; 15.0; 30.0; 60.0 and 120.0 mmol L⁻¹. Response to salinity was evaluated through height, perimeter, leaf area, dry matter of the leaves, stipes and roots, content and total accumulation of macronutrients and relationships among them. Significant reductions in all growth variables occurred as the salinity level increased, justified by the negative correlations with the electric conductivity of the growth solution. The addition of 1 mmol L⁻¹ of Na in the solution provided significant increases in all growth variables, while the addition of 5 mmol L⁻¹, in spite of having reduced the growth in relation to the control treatment was superior than in that it was omitted. The growth variables positively were correlated to each other, and negatively with the electric conductivity of the solution. The content of the macronutrients varied as a function of the salinity, being that P and K reduced in the roots, Ca in the leaves and S in the different parts, while the Na and the Cl increased in the different parts of the plant. The relationships among Na/K, Na/Ca, Na/Mg, Cl/N, Cl/P and Cl/S increased, causing a nutrient imbalance in the plant, probably due to the absence of exclusion mechanisms or allocation of salts. The accumulation of Na and Cl increased even having happened a drastic reduction of the production of dry matter, while the uptake of the macronutrients reduced.

1 INTRODUÇÃO

A pupunheira é uma palmeira originária da América tropical, cultivada há séculos por diferentes tribos indígenas. Tem grande importância como fonte alimentícia, sendo reconhecida pelo alto valor nutritivo dos seus frutos. No Brasil é bastante difundida nos estados da região Norte, onde tomou-se, também, uma alternativa economicamente viável para produção de palmito.

Diante da escassez das palmeiras nativas e conseqüente aumento dos custos de exploração, além de ser ecologicamente desejável, o cultivo em escala comercial da pupunheira vem se expandindo para outros estados, como Rio de Janeiro, Espírito Santo, São Paulo e Bahia. Além disso, esta planta apresenta algumas características agrônômicas desejáveis, como precocidade, produtividade, adaptabilidade e capacidade de perfilhamento ao longo dos anos, além de produzir palmito de boa qualidade industrial, com vantagens em relação às espécies do gênero *Euterpe* (*E. oleraceae* e *E. edulis*) (Bovi, 1998).

A expansão das áreas de cultivo, até mesmo para o semi-árido, como mais uma atividade agro-industrial alternativa para a região, acompanhada de uma melhoria do nível tecnológico, como a utilização de calagens, adubações e irrigações, tem possibilitado uma exploração mais precoce. No entanto, isto leva à necessidade do conhecimento e do desenvolvimento de tecnologias agrônômicas que conduzam ao aumento dos cultivos viáveis economicamente e de forma sustentável.

O uso de elevadas quantidades de fertilizantes, a ascendência do nível da água ou o uso na irrigação de água salina têm sido as maiores causas da salinização dos solos (Sonnoheld e Welles, 1988). É um problema que cresce ano a ano devido à escassez de chuvas e à demanda sempre crescente de água e fertilizantes pela agricultura moderna. Além disso, o aumento da população mundial e, conseqüentemente, da urbanização têm forçado os produtores a

utilizarem cada vez mais solos marginais, inclusive aqueles salinos. Estes fatores têm aumentado a necessidade do desenvolvimento de tecnologias alternativas de uso destes solos, bem como a busca de espécies potencialmente promissoras para estas áreas.

Nesse contexto, as espécies da família *Arecaceae* têm apresentado características favoráveis, tendo em vista que o seu crescimento tem sido estimulado e a sua produção aumentada pela presença do Na (Bonneau et al., 1993 e Magat, Padrones e Alforja, 1993), e que quantidades elevadas de Cl têm sido requeridas por tais espécies para expressar todo o seu potencial produtivo (Ollagnier, 1985; von Uexkull, 1985; Braconnier e d'Auzac, 1990; Marschner, 1995 e Sobral e Leal 1999), inclusive a pupunheira (Carvalho et al., 1996). No entanto, não se conhecem as concentrações adequadas de Cl e de Na, na solução, que possam estimular o crescimento e promover um melhor equilíbrio nutricional na pupunheira. Assim sendo, este trabalho teve como objetivo estudar a influência de diferentes níveis de salinidade sobre o crescimento e nutrição mineral de mudas de pupunheira, em solução nutritiva.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em solução nutritiva, na casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo na Universidade Federal de Lavras, utilizando mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.).

Os tratamentos constaram das seguintes doses de NaCl: 0,0 Na e 0,5 Cl; 1,0 Na e 0,5 Cl (controle); 5,0; 15,0; 30,0; 60,0 e 120,0 mmol L⁻¹, correspondendo a uma condutividade elétrica (CE) de 1,28; 1,34; 2,06; 2,88; 4,42; 7,51 e 13,20 dS m⁻¹. O tratamento controle foi definido a partir da solução nutritiva determinada por Dufour, Quencez e Schmith (1978) para o dendezeiro.

Determinou-se a CE a 25°C, com condutivímetro Micronal 330, visando fundamentar a tolerância da pupunheira à salinidade, tendo em vista que os limites de tolerância são expressos em dS m^{-1} e as referências se encontram normalmente nesse padrão. Relacionou-se com as doses de sal, ajustando-se a uma equação $\text{CE} = 1,3973 + 0,0992\text{NaCl}$ $R^2 = 0,999$.

Adotou-se o delineamento em blocos casualizados, com 7 tratamentos e 4 repetições.

As unidades experimentais foram constituídas por um vaso contendo uma planta, com uma solução nutritiva básica para macronutrientes, composta de: $\text{NO}_3 = 8$; $\text{NH}_4 = 2$; $\text{P} = 1$; $\text{K} = 2$; $\text{Ca} = 2$; $\text{Mg} = 1,5$; $\text{S} = 1$; $\text{Na} = 1,0$ e $\text{Cl} = 0,5 \text{ mmol L}^{-1}$. Os sais que forneceram os nutrientes foram: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; NH_4NO_3 ; NaNO_3 ; $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$; KH_2PO_4 ; K_2SO_4 e MgCl_2 . As concentrações de micronutrientes em mg L^{-1} e seus respectivos sais foram: $\text{B} = 0,20$ (H_3BO_4); $\text{Cu} = 0,05$ ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$); $\text{Fe} = 3,00$ (FeEDTA); $\text{Mn} = 0,35$ ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$); $\text{Mo} = 0,02$ ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{27} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) e $\text{Zn} = 0,05$ ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).

As sementes de pupunheira foram colocadas para germinar em bandejas plásticas contendo areia. Após 60 dias de germinadas, as plântulas foram selecionadas e colocadas em bandejas coletivas com capacidade para 36 litros da solução nutritiva de Dufour, Quencez e Schmitt (1978) para palmácea, a $\frac{1}{4}$ da força iônica, durante 30 dias e a $\frac{1}{2}$ força iônica durante mais 30 dias. Após este período, as plantas foram selecionadas e transferidas para vasos com capacidade para 3 litros, contendo a mesma solução para palmácea, com força iônica total. Depois de 30 dias em tais recipientes, as plantas foram distribuídas uniformemente em blocos e a solução modificada foi substituída conforme os tratamentos aplicados, permanecendo por 4 meses. As soluções foram renovadas a cada 15 dias nos dois primeiros meses e semanalmente a partir do terceiro mês. Após este período, foram transferidas para vasos com capacidade para 9 litros, permanecendo por mais 2 meses, perfazendo um período experimental de 6

meses. Nestes recipientes, as soluções foram renovadas a cada 20 dias no primeiro mês e a partir daí a cada 15 dias.

A solução nutritiva foi mantida sob aeração constante durante todo o período experimental, bem como o seu volume, pela reposição diária de água deionizada.

Por ocasião da colheita do experimento, foram medidas a altura, correspondente do coleto ao ápice da última folha completamente formada e o perímetro do coleto das plantas. Após colhido, o material vegetal foi separado em raiz, estipe e folha, e em seguida foi medida fotometricamente a área foliar. Posteriormente, todo o material vegetal foi lavado em água corrente e destilada e seco em estufa a 65 - 70°C, até atingir peso constante. A matéria seca correspondente a cada uma das partes da planta foi pesada, moída e armazenada em frascos de vidro para as determinações químicas.

No extrato obtido por digestão nitroperclórica do material vegetal, foram obtidos os teores de P por colorimetria, de K e Na por fotometria de chama, de S por turbidimetria e de Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica. O teor de N total foi determinado pelo método semimicro Kjeldahl, enquanto o teor de Cl foi determinado por titulação com $\text{Ag}(\text{NO}_3)_2$. Todos os nutrientes determinados seguiram metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

A absorção foi calculada pela soma dos acúmulos nas diferentes partes da planta, que, por sua vez, foi determinada com base nos teores e nas produções de matéria seca.

As relações do Na e do Cl com os nutrientes foi calculada através dos teores nas diferentes partes da planta.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, e como ocorreram diferenças significativas pelo teste F ($P < 0,05$), foram submetidos a análises de regressão utilizando o sistema de análises estatísticas SANEST.

Testaram-se diversos modelos para as equações, sendo a escolha baseada no coeficiente de determinação e na sua significância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Crescimento

Sintomas de deficiência de Na, no tratamento em que este elemento foi omitido, foram caracterizados apenas pela redução crescimento (Figura 1a), enquanto sintomas de toxidez por NaCl foram constatados durante o período de crescimento, os quais foram caracterizados por reduções no número de folhas e sinais de injúrias, como clorose, seguida de necrose nas pontas e margens das folhas, sintomas estes que ocorreram nas doses a partir de 15 mmol L⁻¹ de NaCl. A redução no número de folhas, bem como as injúrias, se tornaram mais severas à medida que aumentava a concentração salina da solução (Figuras 1b, c, d).

Os valores médios de altura, perímetro do coleto, área foliar, matéria seca das folhas, estipes e raízes das plantas, encontram-se na Figura 1. A análise de regressão entre as variáveis de crescimento aqui estudadas, e a salinidade, apresentaram um comportamento similar, caracterizado por um decréscimo consistente e significativo, com o aumento do estresse salino. A redução e/ou inibição do crescimento das plantas pela salinidade tem sido atribuída ao efeito osmótico, associado à toxicidade pela absorção excessiva dos íons Na e Cl e ao desequilíbrio nutricional causado pelos distúrbios na absorção e/ou distribuição dos nutrientes essenciais (Yahya, 1998).

A altura e o perímetro (Figura 2a, b) foram as variáveis de crescimento menos afetadas pelo estresse salino. Atingiram valores correspondentes a 153,25 cm de altura e 15,34 cm de perímetro no tratamento controle (1 Na e 0,5 Cl mmol L⁻¹), contra valores de 76,75 cm e 7,0 cm, respectivamente, no tratamento

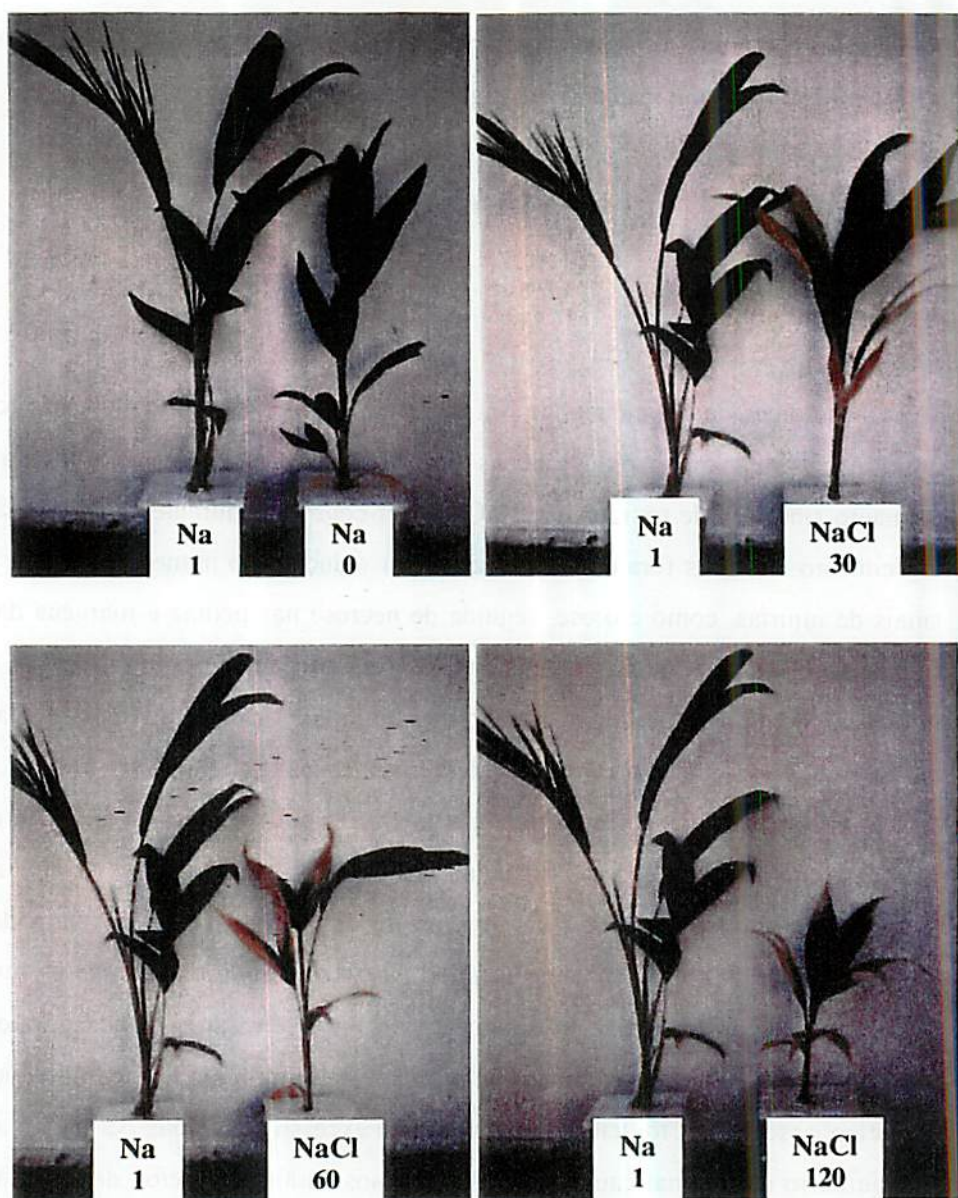


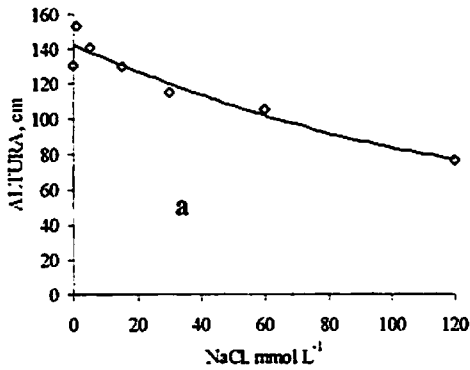
FIGURA 1. Sintomas de deficiência de Na (a) e sintomas de toxidez por NaCl nas doses de 30 (b), 60 (c) e 120 mmol L⁻¹ (d), em mudas de pupunheira cultivadas em solução nutritiva..

de maior dose (120 mmol L⁻¹ de NaCl). As variáveis altura e perímetro têm sido utilizadas com frequência para avaliar o crescimento das plantas por apresentarem uma boa correlação com o peso da matéria seca, que expressa o crescimento e é resultado da fotossíntese líquida acumulada ao longo do tempo.

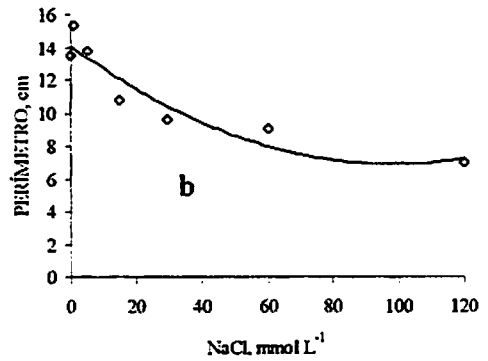
A área foliar e a matéria seca das folhas, estipes e raízes apresentaram reduções bastante expressivas. Os maiores valores para tais partes no tratamento controle corresponderam a 4632,0 cm², 34,4 43,4 e 36,8 g kg⁻¹, enquanto no tratamento com maior dose de NaCl, os valores atingiram 1269,3 cm², 12,8, 8,0 e 4,1 g kg⁻¹, respectivamente (Figuras 2c, d). A redução da área foliar afeta a assimilação de carbono pela planta, conduzindo a uma menor taxa fotossintética, com conseqüências no crescimento (Munns, 1993). Já Läuchli e Epstein (1990) afirmam que a redução da área foliar pode aumentar, indiretamente, a concentração de solutos na folha, contribuindo para o ajustamento osmótico, ou seja, à adaptação da planta a salinidade, a menos que os solutos elevem-se a níveis tóxicos em compartimentos celulares específicos da folha.

De acordo com Munns (1993), a parte aérea das plantas é mais sensível ao estresse salino do que a raiz, devido aos desequilíbrios entre os cátions, em conseqüência das complexas interações no sistema de transporte. Porém, existe uma diferença muito grande entre as espécies, e mesmo entre genótipos, na habilidade de prevenir ou tolerar elevadas concentrações de Na na folha, como o fazem as glicófitas que utilizam a exclusão de sal como estratégia predominante de adaptação (Gorham, Wyn Jones e McDonnell, 1985). Assim sendo, conhecer o comportamento do crescimento da parte aérea das plantas é de grande importância, uma vez que esta característica é um indicador do estresse salino em espécies não halófitas (Läuchli e Epstein 1990).

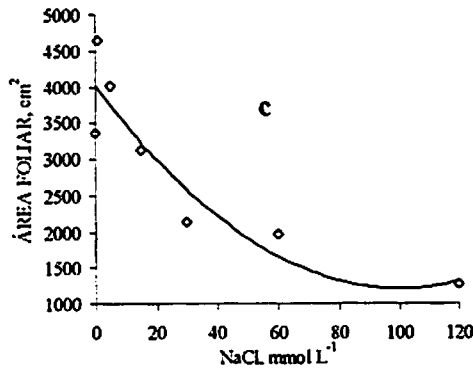
$$Y = 142,3149 - 0,8081X + 0,0022X^2 \quad R^2 = 0,92^*$$



$$Y = 14,0877 - 0,1462X + 0,0007X^2 \quad R^2 = 0,89^{**}$$



$$Y = 4009,2851 - 55,965X + 0,2795X^2 \quad R^2 = 0,85^{**}$$



$$\diamond \text{MSF: } Y = 30,2057 - 0,3337X + 0,0016X^2 \quad R^2 = 0,83^{**}$$

$$\square \text{MSE: } Y = 34,8532 - 0,5457X + 0,0027X^2 \quad R^2 = 0,78^{**}$$

$$\Delta \text{MSR: } Y = 33,8013 - 0,7446X + 0,0042X^2 \quad R^2 = 0,93^{**}$$

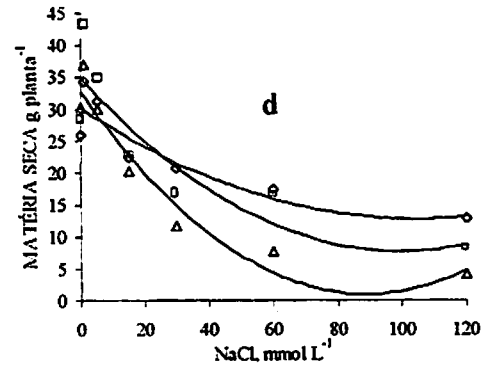


FIGURA 2. Altura (a), perímetro do coleto (b), área foliar (c), matéria seca (d) de folhas (MSF), estipe (MSE) e de raízes (MSR) das plantas de pupunheira, em função das doses de salinidade, em solução nutritiva. (*), (**) significativos a 5 e 1%, respectivamente

No caso da pupunheira, o que se constatou é que tanto a parte aérea como as raízes (Figuras 2c, d) foram afetadas negativamente pelo estresse salino, representadas por equações quadráticas com coeficientes de determinação altamente significativos. Estes resultados estão de acordo com os

obtidos em outros estudos, nos quais o excesso de NaCl nos substratos reduziu o crescimento de várias espécies de interesse agrônômico (Cramer e Läubli, 1986; Araújo, 1994; Porcelli, Gutierrez Boem e Lavado, 1995; Satti, Lopez e Al-Rawahy, 1995; Gunes, Inal e Alpaslan, 1996; Hu, Oertli e Schmidhalter, 1997; Viana, 1997; Lima, 1998; Pardossi et al., 1998 e Yahya, 1998).

He e Cramer (1992), avaliando a resposta de crescimento de espécies de *Brassica* à salinidade, verificaram uma redução na matéria seca total de 39, 56 e 71% em 4, 8 e 12 dS m⁻¹ para as sensíveis, enquanto a pupunheira apresentou reduções de 57, 63,9 e 78,2% em 4,42, 7,51 e 13,20 dS m⁻¹. Isto leva a inferir que a pupunheira não apresenta mecanismos de tolerância à salinidade, não se enquadrando no grupo das halófitas, podendo, portanto, ser enquadrada no grupo das espécies sensíveis à salinidade. A canola (*Brassica* spp.), que é tolerante à salinidade, suporta até 10 dS m⁻¹ no extrato saturado do solo sem declinar o rendimento, sendo que reduziu 11,2% para cada unidade de aumento da salinidade acima deste nível (François, 1994).

Quando se comparou o tratamento controle (1,0 e 0,5 mmol L⁻¹ de Na e Cl, respectivamente), o que proporcionou o maior incremento em todas as variáveis de crescimento estudadas, com o de zero de Na, nota-se que o Na elevou o crescimento das mudas de pupunheira, representado por aumentos significativos nas diferentes variáveis (Figura 2). Ao mesmo tempo, o tratamento zero de Na afetou mais o crescimento do que aquele representado pelo nível de salinidade de 5 mmol L⁻¹.

O estudo de correlação entre as variáveis de crescimento (Tabela 1) foi realizado para verificar as interrelações entre as mesmas perante a resposta da pupunheira à salinidade. Existe uma correlação positiva e significativa entre as variáveis de crescimento como resultado do estresse salino. De maneira oposta, tais variáveis se correlacionaram negativa e significativamente com a CE. Isto revela a sensibilidade da pupunheira à salinidade, representada pela redução das

funcção quadrática, com diferenças significativas, enquanto para as raízes, não Os teores de N (Figura 3a) nas folhas e estípes se ajustaram a uma severamente os teores dos nutrientes nas folhas, estípes e raízes (Figura 3a). Na pupunheira, os níveis de NaCl a partir de 5 mmol L⁻¹ afetaram nutricional e fitotoxidez.

Sob estresse salino, a nutrição das plantas pode ser afetada drasticamente, principalmente aquelas sensíveis, devido ao aumento na concentração de ions específicos como Na e Cl que provocam um desbalanço

3.2 Teores nas partes da planta

Varáveis	ALT	PER	AF	MSF	MSE	MSR	MSPA	MST	R/PA	CE
	0,87**	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,93**	0,91**	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,91**	0,90**	0,95**	-	-	-	-	-	-	-
	0,91**	0,92**	0,91**	0,88**	-	-	-	-	-	-
	0,87**	0,93**	0,90**	0,86**	0,94**	-	-	-	-	-
	0,93**	0,94**	0,96**	0,96**	0,98**	0,93**	-	-	-	-
	0,92**	0,95**	0,95**	0,94**	0,98**	0,97**	0,99**	-	-	-
	0,68**	0,74**	0,66**	0,57*	0,71**	0,87**	0,67**	0,76**	-	-
	-0,95**	-0,89**	-0,87**	-0,87**	-0,83**	-0,88**	-0,86**	-0,85**	-0,91**	-

(*), (**), (***) significativo a 5 e 1%, respectivamente.

TABELA 1. Correlações entre as variáveis de crescimento altura (ALT), perímetro do coleto (PER), área foliar (AF), matéria seca de folhas (MSF), estípe (MSE), raízes (MSR), parte aérea (MSPA) e total (MST), relação raiz/parte aérea e condutividade elétrica em dS m⁻¹ (CE) da solução em resposta aos níveis de salinidade.

variáveis de crescimento. Estudos de correlação entre as características de crescimento, de rendimento e da CE da solução foram utilizados por Satti, Lopez e Al-Rawahy (1995) para demonstrar a resposta do tomate a salinidade.

houve ajuste. Estes resultados são similares aos obtidos por Saur et al. (1995) utilizando *Pinus pinaster* Ait. de diferentes regiões da França. Já Al-Harbi (1995) constatou um aumento nos teores de N nas raízes até um nível de salinidade de $4,0 \text{ mS cm}^{-1}$, enquanto na parte aérea, não foi afetado. O aumento no teor de N nas folhas, até 60 mmol L^{-1} de NaCl ($7,51 \text{ dS m}^{-1}$), e estipes, neste trabalho, pode estar relacionado ao menor desenvolvimento da planta, tendo em vista um menor acúmulo de N à medida que se aumentou o estresse (Figura 9a). Outros trabalhos têm demonstrado redução dos teores de N com o estresse salino (Gunes, Inal e Alpaslan, 1996; Hu e Schmidhalter, 1997 e Pardossi et al., 1998). O decréscimo do teor de N tem sido atribuído a uma menor atividade da redutase do nitrato, pela inibição da absorção do NO_3^- pelo Cl (Wilkinson e Crawford, 1993; Imsande e Touraine, 1994), resultado de um efeito antagônico entre ambos (Kirkby e Knight, 1977 e Gunes et al., 1994). Reduções dos teores de N na parte aérea e raízes da palmeira (*Phoenix dactylifera*), cultivar Lulu, pelo estresse salino, foi constatado por Aljuburi (1996).

No entanto, o efeito da salinidade sobre o teor de N parece depender do nível de salinidade, da duração do tempo a que a planta é submetida ao estresse salino e, de maior importância, dos diferentes graus de tolerância entre as espécies ou genótipos (Peres-Alfocea et al., 1993; Al-Harbi, 1995).

Os teores de P (Figura 3b) nas folhas e estipes não se ajustaram a nenhuma função, porém foi constatada diferença significativa pela análise de variância (Tabela 2C, anexo), enquanto nas raízes, ajustaram-se a uma função quadrática. No tratamento controle, verificou-se o menor teor de P, em ambas as partes, sendo que, com o início do estresse salino (5 mmol L^{-1}), maior quantidade de P foi requerida pela planta para a realização de suas funções metabólicas, ocorrendo, assim, um maior teor, indicando que a absorção de P até esse nível não havia sido afetada. Algumas pesquisas têm demonstrado que o estresse salino pode aumentar o requerimento de P por algumas culturas, como

constatarem Awad, Edwards e Campbell (1990) com o tomate. Com a intensificação do estresse (30 mmol L⁻¹) o teor de P reduziu nas estipes e se estabilizou nas folhas. Para tanto, houve translocação das raízes.

Nas raízes, a redução no teor de P ocorreu a partir de 15 mmol L⁻¹ de NaCl, estando de acordo com resultado obtidos por Aljuburi (1996) em palmáceas e Saur et al. (1995) em *Pinus*. A redução pode estar relacionada a uma baixa atividade do P₂O₄ na solução, com o aumento do NaCl (Sentenac e Grignon, 1985 e Al-Karaki, 1997), que eleva a força iônica, ou a uma desordem nutricional induzida por elevados teores de Cl nos tecidos da planta, inibindo a absorção de P (Manchanda et al., 1982 e Mor e Manchanda, 1992, citados por Curtin, Steppuhn e Selles, 1993; Hang, 1993).

◇F: $Y = 30,468 + 0,1583X - 0,0015X^2$ $R^2 = 0,54^{**}$

□E: $Y = 16,71 + 0,1785X - 0,001X^2$ $R^2 = 0,77^*$

△R: $Y = \text{Sem ajuste}$.

◇F: $Y = \text{Sem ajuste}$

□E: $Y = \text{Sem ajuste}$

△R: $Y = 6,3362 - 0,0909X + 0,0004X^2$ $R^2 = 0,97^{**}$

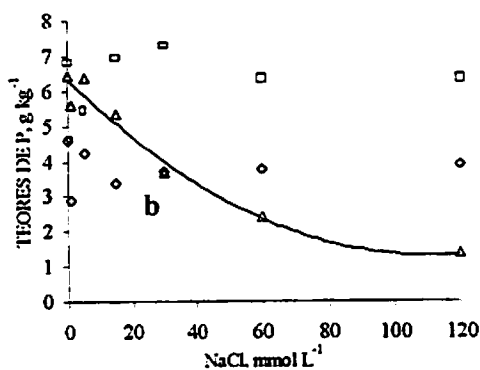
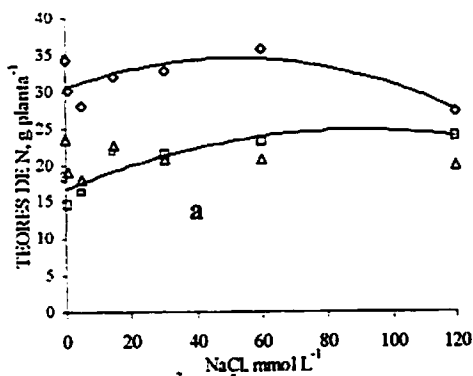


FIGURA 3. Teores de N (a) e P (b) nas folhas (F), estipes (E) e raízes (R) das plantas de pupunheira, em função dos níveis de salinidade, em solução nutritiva. (*), (**) significativo a 5 e 1%, respectivamente.

Os teores de P nas folhas das plantas sob estresse estiveram sempre acima do constatado no tratamento controle (2,87 g kg⁻¹), que, por sua vez, está dentro da faixa considerada adequada por Raji e Cantarela (1996), 2 a 3 g kg⁻¹,

em folhas de plantas com mais de 1,6 m no campo, ou acima do obtido por Malavolta (1997), $2,3 \text{ g kg}^{-1}$, em folhas de plantas cultivadas em solução nutritiva, demonstrando um maior requerimento de P nas folhas de plantas sob estresse salino.

Satti, Lopez e Al-Rawahy (1995) constataram que o teor de P nas folhas de tomate decresceu a valores abaixo do nível crítico, com a salinidade. No entanto, quando foi adicionado P na solução salina de crescimento, aumentou a absorção, elevando os seus teores nas folhas em 4 a 5 vezes, quando comparado ao controle. O maior requerimento de P por plantas submetidas à salinidade pode estar relacionado ao seu papel no armazenamento de energia e no transporte e particionamento de carboidratos (Gibson, 1988). Além disso, o P está envolvido na síntese de lipídios nas membranas, a qual é vital para a regulação iônica (Bielecki e Ferguson, 1983).

Nas folhas e nas estipes, os teores de K (Figura 4a) ajustaram-se a uma função quadrática, sendo que, nas raízes, ocorreu um ajuste linear decrescente e significativo. O aumento da concentração de Na na solução foi acompanhado por declínio nos teores de K nas raízes, retratando uma menor absorção de K como consequência do aumento do estresse salino, resultado do efeito antagônico do Na sobre o K (Siegel et al., 1980; Marschner, 1995), sugerindo uma competição entre os íons pelo sítio de absorção na plasmalema (Epstein, 1966) e/ou um aumento do efluxo de K das raízes no meio de crescimento por causa de distúrbios na integridade das membranas (Cramer, Laüchli e Polito, 1985). O teor médio nas folhas, estipes e raízes, no tratamento controle, atingiu $11,55$, $19,8$ e $15,29 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente, enquanto Malavolta (1997) sugere um valor de 30 g kg^{-1} nas folhas de plantas cultivadas em solução nutritiva.

A manutenção de níveis adequados de K é essencial para a sobrevivência de plantas em ambientes salinos. O K é o mais proeminente soluto inorgânico da planta, como tal tem uma contribuição fundamental para o baixo potencial

osmótico das células das raízes, que é um pré-requisito para a pressão de turgor que determina o transporte de soluto via xilema e o balanço de água na planta (Marschner, 1995).

Os teores de Ca (Figura 4b) e de Mg (Figura 5a) nas folhas e raízes se ajustaram a uma função quadrática, com as curvas apresentando uma tendência de queda, voltando a subir na dosagem mais alta de NaCl. Tal fato pode ser justificado como um efeito de concentração, uma vez que, na referida dose o crescimento foi reduzido drasticamente. Já nas estipes, não houve ajuste para o teor de Ca, enquanto para o Mg, ocorreu um ajuste linear. Datta et al. (1995) constataram um declínio gradual dos conteúdos de Ca e de Mg nas folhas e raízes de diferentes cultivares de trigo em função do aumento na salinidade, assim como Hu e Schmidhalter (1997) verificaram uma redução dos teores nas folhas e caules do trigo. Elevadas concentrações de Na no meio externo podem reduzir a atividade do Ca na solução, resultando num decréscimo da quantidade de cálcio disponível para a absorção pelas plantas (Grattam e Grieve, 1992 e Alam, 1994). Já o decréscimo do Mg pode estar relacionado a uma competição iônica com o Na (Hu e Schmidhalter, 1997).

A redução significativa no teor de cálcio, nas folhas, pode ter contribuído para um maior distúrbio nutricional na planta provocado pelos elevados teores dos íons tóxicos Na e Cl, devido à maior porosidade das membranas induzida pelo Na (Rengel, 1992). Dentro deste contexto, pode-se inferir que o Ca tem um importante papel na resposta das plantas em condições salinas, já que é essencial para manter a seletividade e a integridade das membranas, o que pode ser justificado pelos resultados de pesquisas indicando que a suplementação de Ca, em tais condições, melhora o crescimento de várias espécies cultivadas (He e Cramer, 1992; Alberico e Cramer, 1993 e Cachorro, Otiz e Cerdá, 1994).

$$\diamond F: Y = 13.2332 - 0.1108X - 0.00088X^2 \quad R^2 = 0,41^{**}$$

$$\square E: Y = 21.3702 + 0.13978X - 0.00091X^2 \quad R^2 = 0,59^*$$

$$\Delta R: Y = 17.599 - 0.0704X \quad R^2 = 0,88^{**}$$

$$\diamond F: Y = 5.6555 - 0.0274X + 0.0002X^2 \quad R^2 = 0,36^*$$

$$\square E: Y = \text{Sem ajuste}$$

$$\Delta R: Y = 4.1758 - 0.011X + 0.0001X^2 \quad R^2 = 0,47^*$$

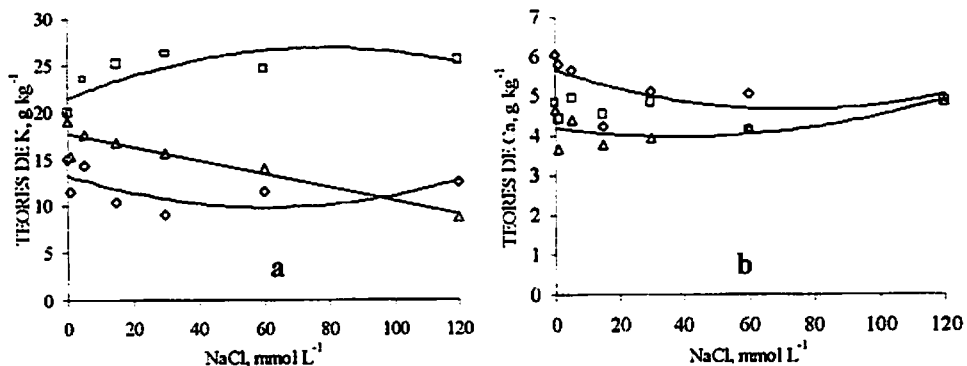


FIGURA 4. Teores de K (a) e Ca (b) nas folhas (F), estipes (E) e raízes (R) das plantas de pupunheira, em função dos níveis de salinidade, em solução nutritiva. (*), (**) significativo a 5 e 1%, respectivamente.

Os maiores teores de Ca ocorreram nas folhas de plantas crescidas na solução que não recebeu Na (6,04 g kg⁻¹), declinando à medida que aumentou a salinidade. Tais teores foram inferiores aos considerados adequados por Malavolta (1997), 6,8 g kg⁻¹, para folhas de plantas cultivadas em solução nutritiva, e sempre superiores aos indicados por Raij e Cantarella (1996), 2,5 a 4,0 g kg⁻¹, e também superiores ao nível crítico sugerido por Pacheco (1997) para plantas cultivadas no solo, 4,6 g kg⁻¹. Nas raízes, a elevação nas doses de NaCl promoveu um aumento dos teores de Ca em relação ao controle, que pode ser devido ao incremento do Ca estrutural necessário à manutenção da integridade da membrana plasmática em células de raízes, desestruturadas pelo excesso de Na (Araújo, 1994 e Marschner, 1995)

De maneira similar ao Ca ocorreu com o Mg, tomando como base os resultados obtidos pelos mesmo pesquisadores.

As equações de regressões que melhor se ajustaram para o teor de enxofre, nas diferentes partes da planta, foram as quadráticas (Figura 5b), com

variações significativas. Em ambas as partes ocorreram quedas dos teores com o aumento da salinidade, sendo que foi constatado um maior teor nas raízes. Tal comportamento pode ser justificado por uma competição iônica entre o Cl e o S, resultando numa menor absorção e transporte para a parte aérea. Curtin, Steppuhn e Selles (1993) constataram redução dos teores de S em cevada com o aumento da salinidade com NaCl.

$$\diamond F: Y = 1.9068 - 0.0163X + 0.00013X^2 \quad R^2 = 0.40^*$$

$$\square E: Y = 1.9369 + 0.0037X \quad R^2 = 0.36^{**}$$

$$\triangle R: Y = 1.4534 - 0.0018X + 0.00005X^2 \quad R^2 = 0.59^*$$

$$\diamond F: Y = 2.6132 - 0.0259X + 0.0002X^2 \quad R^2 = 0.45^{**}$$

$$\square E: Y = 1.6933 - 0.0141X + 9E-05X^2 \quad R^2 = 0.75^{**}$$

$$\triangle R: Y = 4.0534 - 0.0399X + 0.0003X^2 \quad R^2 = 0.89^*$$

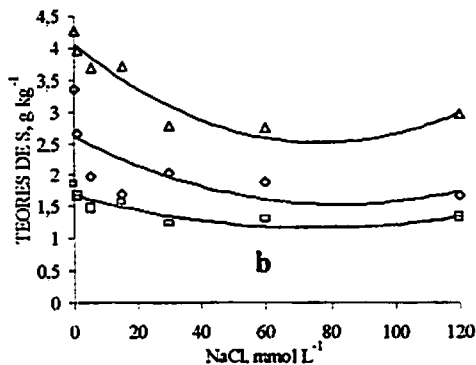
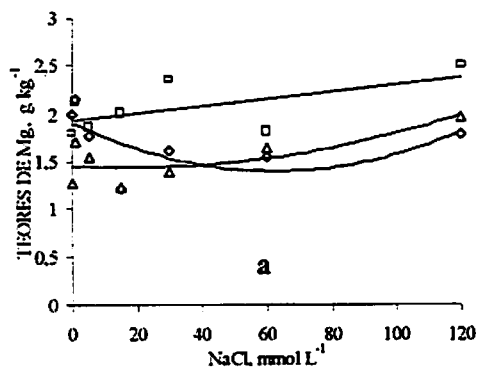


FIGURA 5. Teores de Mg (a) e S (b) nas folhas (F), estipes (E) e raízes (R) das plantas de pupunheira, em função dos níveis de salinidade, em solução nutritiva. (*), (**) significativo a 5 e 1%, respectivamente.

Os maiores teores de S ocorreram nas plantas que não foram supridas com Na (3,35 g kg⁻¹ nas folhas), sendo reduzidos à medida que foi aumentada a dose de NaCl na solução. Com a redução nas folhas, os teores atingiram 1,68 g kg⁻¹, com o maior estresse salino, valor este menor que o nível considerado adequado por Malavolta (1997), 2,3 g kg⁻¹, para plantas cultivadas em solução nutritiva.

Os maiores teores de N, P, K, Ca e S do tratamento em que o Na foi omitido em relação ao controle devem-se, provavelmente, a um efeito concentração (Figura 2), devido ao menor crescimento ou uma maior exigência destes nutrientes para suprir o Na na composição de soluto nas células, necessário às palmáceas ao ajuste osmótico e ao balanço iônico (Marschner, Kylin e Kuiper, 1981 e Aljuburi, 1996).

Os teores de Na (Figuras 6a) aumentaram significativamente com o aumento da dose de NaCl na solução de crescimento. O aumento do teor de Na nas folhas foi maior que nas estipes e raízes, indicando a inexistência de mecanismos de exclusão ou de alocação de Na, limitando o transporte para as folhas, características de espécies tolerantes à salinidade (Greenway e Muns, 1980; Cheesemen, 1988; Araújo, 1994 e Yahya, 1998). Os teores de Cl (Figura 6b) nas diferentes partes da planta aumentaram com a elevação da dose de NaCl na solução, ajustando-se a funções quadráticas.

Os valores médios para os teores de Na e Cl, obtidos das diferentes partes da planta, para o tratamento que correspondeu ao maior crescimento da pupunheira (controle), corresponderam a 1,58 e 3,96 g kg⁻¹, respectivamente.

Os teores internos de Cl foram bem superiores aos do Na, dada a sua mobilidade e transporte elevados, devido a ocorrer como ânion livre na planta (Marschner, 1995). Os maiores teores ocorreram nas estipes, seguidas de folhas e raízes. Estes resultados, tanto para Na como para Cl, estão de acordo com os obtidos por Aljuburi (1996) com palmáceas.

Em elevadas concentrações internas de Na e Cl, plantas tolerantes à salinidade devem ser capazes de desenvolver mecanismos de ajuste osmótico com baixo consumo de energia e, ao mesmo tempo, realizar a compartimentalização celular desses íons (Greenway e Muns, 1980). Assim, o crescimento de espécies não tolerantes é afetado pelas interações do Na ou do Cl com outros nutrientes minerais, que causam desequilíbrio na disponibilidade,

absorção ou distribuição dentro das plantas, e também, aumentando as suas exigências para os elementos essenciais (Grattan e Grieve, 1992).

$$\diamond F: Y = 1.2538 + 0.2542X - 0.0009X^2 \quad R^2 = 0.97^{**}$$

$$\square E: Y = 1.1543 + 0.1338X \quad R^2 = 0.99^{**}$$

$$\triangle R: Y = 1.9801 + 0.1592X - 0.0005X^2 \quad R^2 = 0.99^{**}$$

$$\diamond F: Y = 5.7742 + 0.5297X - 0.0016X^2 \quad R^2 = 0.94^{**}$$

$$\square E: Y = 7.6585 + 0.765X - 0.0032X^2 \quad R^2 = 0.95^{**}$$

$$\triangle R: Y = 5.809 + 0.4467X - 0.0025X^2 \quad R^2 = 0.83^{**}$$

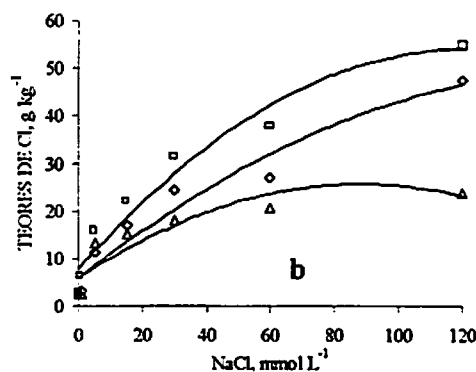
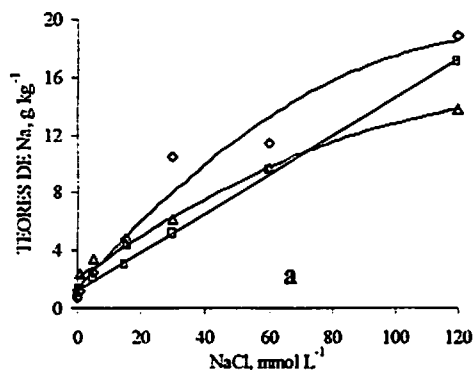


FIGURA 6. Teores de Na (a) e Cl (b) nas folhas (F), estipes (E) e raízes (R) das plantas de pupunheira, em função dos níveis de salinidade, em solução nutritiva. (**) significativo a 1%.

3.3 Absorção

O conteúdo total dos macronutrientes na planta (Figura 7) foi reduzido significativamente pelo estresse salino, ajustando-se a funções quadráticas, e como conseqüência, maior do decréscimo na produção de matéria seca (Figura 2d).

A absorção de N (Figura 7a) decresceu em função da menor produção de matéria seca das plantas. No entanto, trabalhos em casa de vegetação têm demonstrado que a salinidade reduz a acumulação de N nas plantas (Feigin et al., 1991; Pessaraki, 1991 e Al-Rawahy, Stroehlein e Pessaraki, 1992).

Contudo, outros trabalhos indicam que a suplementação de N a níveis superiores àqueles exigidos para condições não salinas melhoram o crescimento e o rendimento das plantas (Cordovilla et al., 1995 e Bar et al., 1997).

O maior acúmulo de P (Figura 7a) se deu na dose de 5 mmol L⁻¹ de NaCl, promovido por um maior teor médio nas partes da planta. Isto induz a acreditar que ocorreu um maior requerimento de P pela pupunheira quando submetida à salinidade moderada. Com a intensificação do estresse, uma queda acentuada do teor de P nas raízes contribuiu para o decréscimo na absorção de P.

A salinidade causa, na planta, por alguns mecanismos desconhecidos, a perda do controle da absorção de P (Roberts et al., 1984) e transporte para a parte aérea (Grattan e Grieve, 1999). Tais distúrbios podem estar relacionados à supressão da absorção e acumulação de P na parte aérea, provocadas pelo excesso de Cl, conforme constataram Papadopoulos e Rendig (1983) e Satti, Lopez e Al-Rawahy (1995) em plantas de tomate. Isto justifica, em parte, o aumento da relação Cl/P na planta (Figura 5a), uma vez que a maior contribuição para tal deveu-se à significativa elevação dos teores de Cl.

O K (Figura 7a) teve o seu conteúdo total reduzido em função do aumento da concentração salina na solução. Uma diminuição drástica do seu teor, nas raízes, também contribuiu para tal, resultado de uma menor absorção pelas raízes. Concomitantemente, a absorção de K é prejudicada pela salinidade e elevados teores deste nutriente são requeridos nos tecidos para manter o crescimento da parte aérea (Grattan e Grieve, 1999), especificamente para a síntese de proteína, ativação enzimática e a capacidade fotossintética, através de elevadas concentrações nos cloroplastos (Marschner, 1995).

A absorção de Ca (Figura 7b) reduziu significativamente com o estresse salino, ajustando-se a uma função quadrática. O efeito do Na na redução da absorção e do transporte de Ca para a parte aérea é bem conhecido (Lynch e

Läuchli, 1985; Cachorro, Otiz e Cerdá, 1994 e Asrhaf e O'Leary, 1997) e/ou mudanças intracelular do nível de Ca (Lynch, Polito e Laüchli, 1989).

A redução do conteúdo de Mg (Figura 7b) foi significativa, porém deveu-se exclusivamente à diminuição da matéria seca da planta.

O conteúdo de S (Figura 7b) diminuiu com a salinidade em função, também, de uma redução no teor do nutriente nas diferentes partes da planta.

$$\begin{aligned} \hat{\Delta}N: Y &= 2162.3 - 27.573X + 0.125X^2 \quad R^2 = 0,94^{**} & \hat{\Delta}Ca: Y &= 477.11 - 8.5399X + 0.047X^2 \quad R^2 = 0,87^{**} \\ \hat{\square}P: Y &= 514.02 - 9.12X + 0.0481X^2 \quad R^2 = 0,94^{**} & \hat{\square}Mg: Y &= 177.7 - 3.2223X + 0.0183X^2 \quad R^2 = 0,74^{**} \\ \hat{\Delta}K: Y &= 1714.4 - 28.65X + 0.15X^2 \quad R^2 = 0,89^{**} & \hat{\Delta}S: Y &= 271,06 - 5.9981X + 0,0347X^2 \quad R^2 = 0,91^{**} \end{aligned}$$

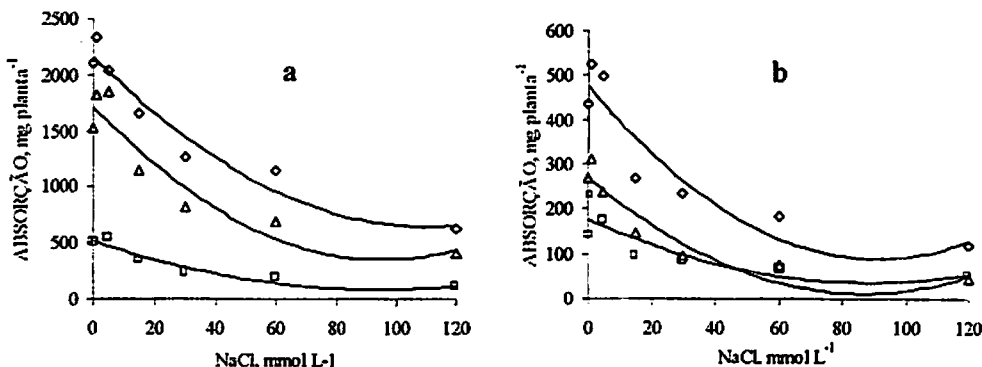


FIGURA 7. Absorção N, P, K (a), e de Ca, Mg, S (b) das plantas de pupunheira, em função dos níveis de salinidade, em solução nutritiva. (**) significativo a 1%.

As quantidades acumuladas de Na e Cl (Figura 8) aumentaram significativamente, ajustando-se a funções quadráticas, exclusivamente em função da elevação dos teores nas partes da planta. Elevados teores de Na, e principalmente de Cl, levaram ao desbalanço nutricional da planta, acarretando uma redução acentuada da produção de matéria seca. Um maior acúmulo de Cl

pode indicar uma maior sensibilidade das plantas a danos deste nutriente do que ao Na (Alam, 1994).

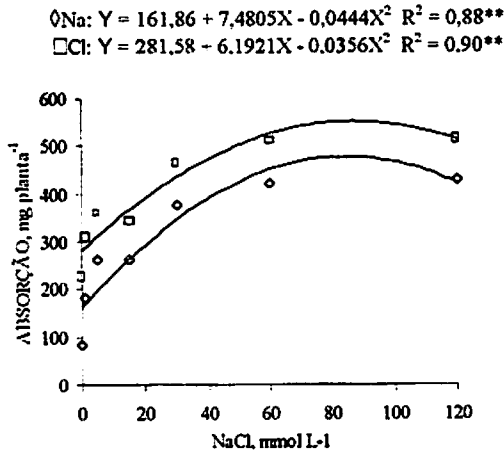


FIGURA 8. Absorção de Na e Cl das plantas de pupunheira, em função dos níveis de salinidade, em solução nutritiva. (**) significativo a 1%.

3.4 Relações Na/K, Na/Ca, Na/Mg, Cl/N, Cl/P e Cl/S na planta

A relação Na/K nas partes da planta se ajustaram a funções quadrática nas folhas e lineares nas estipes e raízes (Figura 9a), em função do aumento das doses de NaCl, sendo que a menor relação ocorreu nas estipes devido ao maior teor de K nestas partes. Com o aumento da salinidade, a relação Na/K, nas diferentes partes da planta, aumentou significativamente, como ocorre na maioria das espécies não halófitas, como feijão (Araújo, 1994), trigo (Gorham, Wyn Jones e Bristol, 1990; Hu e Schmidhalter, 1997), sorgo (Yang, Newton e Miller, 1990). A relação Na/K nas diferentes partes da planta é tida por alguns autores como um importante critério na caracterização da tolerância das plantas à salinidade (Ashraf e McNeilly, 1990; Suhayda et al., 1992; Araújo, 1994 e Saur et al. 1995), uma vez que a manutenção de teores de K e de relações Na/K

adequados nos tecidos são necessários para o funcionamento normal das células sob condições salinas (Greenway e Muns, 1980).

Por outro lado, He e Cramer (1993) e Porcelli, Gutierrez Boem e Lavado (1995) declararam que a relação K/Na em espécies de *Brassicas* não se correlacionou com a tolerância à salinidade.

No tratamento que proporcionou o maior crescimento, a relação Na/K nas folhas estipes e raízes correspondeu a 0,101, 0,064 e 0,158, respectivamente.

A relação Na/Ca nas partes da planta (Figura 9b) aumentou com a intensificação do estresse salino, se ajustando a funções quadráticas, com diferenças significativas. Esse efeito pode estar relacionado à relação Na/Ca na solução externa (Cramer e Laüchli, 1986), uma vez que o Na desloca o Ca da membrana celular, conduzindo a um aumento da permeabilidade e, por conseguinte, do teor intracelular de Na (Marschner, 1995). Resultados similares foram obtidos por Ashraf e O'Leary (1997) com girassol, por Porcelli, Gutierrez Boem e Lavado (1995) com *Brassica napus* e Saur et al. (1995) com *Pinus*, segundo os quais a acumulação de Na foi progressivamente elevada pelo aumento da relação Na/Ca no meio externo. Em elevada relação Na/Ca no substrato, plantas de milho sensíveis à salinidade tiveram o seu crescimento inibido e exibiram significativas mudanças na morfologia e anatomia (Maas e Grieve, 1987 e Cramer, 1992).

A relação Na/Ca nas folhas, estipes e raízes, ocorrida no melhor tratamento, foram 0,201, 0,285 e 0,652, respectivamente.

A capacidade da planta em manter uma baixa relação Na/Ca nas folhas sob variação desta no meio externo tem sido relacionado à tolerância à salinidade. Araújo (1994) constatou um acentuado aumento da relação Na/Ca nas folhas de uma variedade de feijoeiro sensível à salinidade, quando comparada a outras menos sensíveis. Do mesmo modo, Ashraf e O'Leary (1997) relacionaram o melhor crescimento de uma linhagem de girassol tolerante sobre

uma sensível à salinidade à baixa acumulação de Na e à elevada relação Ca/Na nas folhas.

◊F: $Y = 0.0997 + 0.0278X - 0.0001X^2$ $R^2 = 0.89^{**}$

◻E: $Y = 0.0524 + 0.0052X$ $R^2 = 0.99^{**}$

ΔR: $Y = 0.0843 + 0.012X$ $R^2 = 0.99^{**}$

◊F: $Y = 0.2474 + 0.0516X - 0.0002X^2$ $R^2 = 0.96^{**}$

◻E: $Y = 0.1851 - 0.0379X - 8E-05X^2$ $R^2 = 0.99^{**}$

ΔR: $Y = 0.4912 + 0.0426X - 0.0002X^2$ $R^2 = 0.98^{**}$

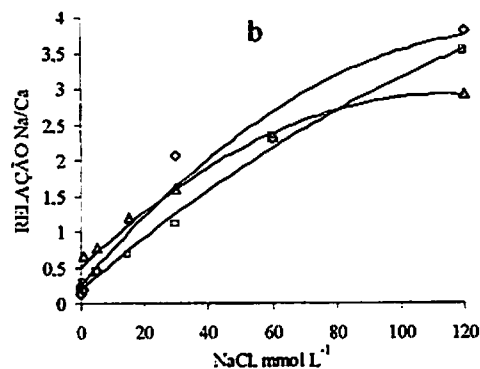
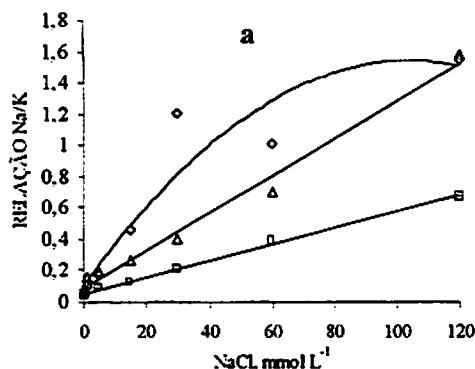


FIGURA 9. Relações Na/K (a) e Na/Ca (b) nas folhas, estipes e raízes das plantas de pupunheira, em função das doses de NaCl, em solução nutritiva. (*), (**) significativo a 5 e 1%.

A relação Na/Mg nas partes da planta (Figura 10a) ajustou-se a funções quadráticas com diferenças significativas, em função do estresse salino, sendo que a maior relação ocorreu nas folhas, a partir da dose de 15 mmol L⁻¹ de NaCl, resultado de um maior teor de Na nestas, o que levou a um desequilíbrio nutricional. Saur et al. (1995) obtiveram resultados semelhantes com *pinus* de diferentes origens, e Araújo (1994), com diferentes variedades de feijão, os quais constataram uma maior relação Na/Mg nas folhas das variedades sensíveis, sugerindo como um fator indicativo de tolerância.

As melhores relações Na/Mg encontradas nas folhas, estipes e raízes são: 0,548, 0,567 e 1,419, respectivamente.

A relação Cl/N nas partes da planta (Figura 10b) ajustaram-se a uma função linear nas folhas e a funções quadráticas nas estipes e raízes, com diferenças significativas. Tal relação pode ser um importante indicativo da tolerância de plantas à salinidade por sais de Cl, já que são causados distúrbios quando este nutriente estiver em teores internos excessivos, associados a teores internos de nitrato inadequados, o que é resultado de um efeito antagônico entre tais íons (Greenway e Muns, 1980). Tal hipótese ganha suporte através dos trabalhos de Curtin, Steppuhn e Selles (1993), que constataram redução do teor de N e aumento do teor de Cl, expressivos, em cevada (sensível à salinidade), enquanto em *Kochia scoparia* L. (tolerante) ocorreu um aumento do N e do Cl; porém, deste último, pouco expressivo quando comparado ao ocorrido na espécie sensível. Segundo Kafkafi et al. (1992), cultivares de tomate e melão tolerantes à salinidade tinham uma maior taxa de influxo de nitrato do que as sensíveis. Correlação negativa entre o teor de nitrato e o de Cl na parte aérea de plantas de tomate, sendo que as regressões lineares tiveram o seu ângulo de inclinação aumentado, ou seja, mais negativos, com o aumento da sensibilidade genotípica à salinidade, foi constatada por Pérez-Alfocea et al. (1993).

A maior relação Cl/N ocorreu nas estipes, independente do tratamento, ocasionada por um maior teor de Cl nestas partes. Por outro lado, as relações Cl/N nas folhas, estipes e raízes, que corresponderam ao melhor tratamento, foram: 0,103, 0,423 e 0,133, respectivamente.

A relação do N com a salinidade nas plantas cultivadas é, obviamente, bastante complexa. Um grande número de estudos indicam que a absorção ou acumulação de N na parte aérea pode ser reduzida pela salinidade, enquanto outros apresentam o oposto ou nenhum efeito. Não obstante, os estudos nos quais as plantas tratadas com NaCl continham menos N que as não tratadas não apresentaram evidências suficientemente fortes para apoiar o fato de que este efeito é o limitador do crescimento (Muns e Termaat, 1986).

$$\diamond F: Y = 0,7542 - 0,18X - 0,0008X^2 \quad R^2 = 0,96^{**}$$

$$\square E: Y = 0,4114 + 0,0934X - 0,0003X^2 \quad R^2 = 0,98^{**}$$

$$\triangle R: Y = 1,4236 + 0,1158X - 0,0006X^2 \quad R^2 = 0,98^{**}$$

$$\diamond F: Y = 0,2112 + 0,0124X \quad R^2 = 0,93^{**}$$

$$\square E: Y = 0,4891 + 0,0312X - 0,0001X^2 \quad R^2 = 0,89^*$$

$$\triangle R: Y = 0,305 + 0,0204X - 0,0001X^2 \quad R^2 = 0,78^{**}$$

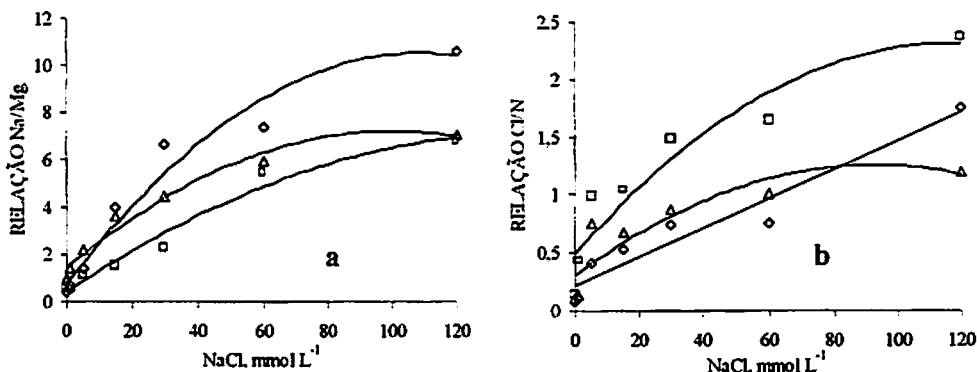


FIGURA 10. Relações Na/Mg (a) e Cl/N (b) nas folhas, estipes e raízes das plantas de pupunheira, em função das doses de NaCl, em solução nutritiva. (*), (**) significativo a 5 e 1%.

A relação Cl/P aumentou nas diferentes partes da planta (Figura 11a), ajustando-se a uma função quadrática nas folhas e a funções lineares nas estipes e raízes, com diferenças significativas. A maior relação nas raízes, a partir da dose de 60 mmol L⁻¹ de NaCl, foi devida, também, a um menor teor de P nas mesmas, resultado de uma menor absorção, seguida de uma continuada translocação, em função do maior requerimento de P (Awad, Edwards e Campbell, 1990) pelas folhas para realização dos seus processos metabólicos e/ou um maior consumo energético da planta na tentativa de realizar um ajuste osmótico (Salisbury e Ross, 1992).

A relação do cloro com o fósforo é muito complexa e parece depender da concentração de P no meio. Em alguns casos, a disponibilidade de P foi aumentada quando o nível de Cl⁻ era elevado, em outros foi diminuída ou não foi afetada (Fixen, 1993). Em plantas de tomate, elevadas concentrações de P na solução salina têm resultado na acumulação de P em níveis tóxicos (Awad,

Edwards e Campbell, 1990). A baixas concentrações no meio radicular, a salinidade inibe a absorção de P, a translocação das raízes para a parte aérea e a redistribuição das folhas velhas para as novas devido à redução na mobilidade do P armazenado nos vacúolos (Martinez, Berstein e Laüchli, 1996).

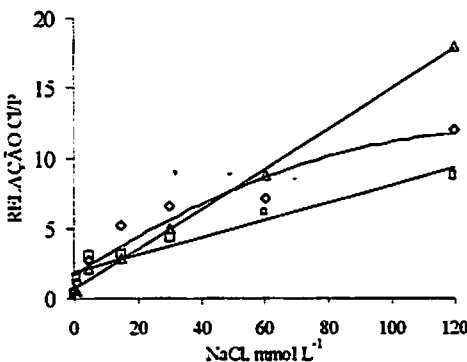
A relação Cl/P foi mais elevada nas folhas a partir do tratamento de 15 mmol L⁻¹ de NaCl, resultado de maiores aumentos nos teores de Cl em relação ao P. No entanto, a relação Cl/P nas folhas, estipes e raízes, que correspondeu ao melhor tratamento, foi 1,088, 1,379 e 0,453, respectivamente.

A relação do Cl/S na planta (Figura 11b) se ajustou a funções lineares nas folhas e quadráticas nas estipes e raízes, com diferenças significativas. A maior relação entre os nutrientes, nas diferentes partes, independente do tratamento, ocorreu nas estipes, em função do maior teor de Cl e do menor de S nestas partes, enquanto nas raízes aconteceu exatamente o contrário. Mor e Manchanda (1992), citados por Grattan e Grieve (1999), constataram que a salinidade provocada pelo Cl reduziu o conteúdo de S na palha de ervilha, enquanto nas raízes, o acúmulo foi aumentado.

◊F: $Y = 1.6026 - 0.1508X - 0.0005X^2$ $R^2 = 0.93^{**}$

◻E: $Y = 1.8354 + 0.0622X$ $R^2 = 0.91^{**}$

ΔR: $Y = 0.647 + 0.1428X$ $R^2 = 0.99^{**}$



◊F: $Y = 3.6365 + 0.2093X$ $R^2 = 0.93^{**}$

◻E: $Y = 4.5421 + 0.6786X - 0.0031X^2$ $R^2 = 0.96^{**}$

ΔR: $Y = 1.3872 + 0.1787X - 0.001X^2$ $R^2 = 0.92^{**}$

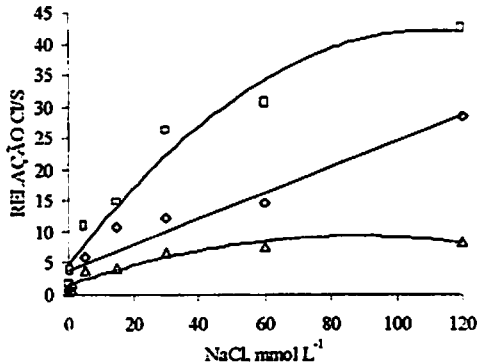


FIGURA 11. Relações Cl/P (a) e Cl/S (b) nas folhas, estipes e raízes das plantas de pupunheira, das doses de NaCl, em solução nutritiva. (**) significativo a 1%.

No melhor tratamento, as relações Cl/S corresponderam a 1,202, 3,823 e 0,637 nas folhas, estipes e raízes, respectivamente.

Os estudos realizados até o momento têm dado pouca importância à influência da salinidade por cloro sobre a absorção e transporte do S nas plantas cultivadas.

4 CONCLUSÕES

A pupunheira foi beneficiada pela presença do Na, na dosagem de 1 mmol L⁻¹, uma vez que as variáveis de crescimento apresentaram os maiores índices de produção.

Doses de NaCl a partir de 5 mmol L⁻¹ provocaram reduções no crescimento das mudas de pupunheira.

A ausência do sódio provocou uma redução do crescimento das mudas de pupunheira maior do que 5 mmol L⁻¹.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAM, S.M. Nutrient uptake by plants under stress conditions. In: PESSARAKLI, M. (ed.). *Handbook of plant and crop stress*. New York: Marcel Dekker, 1994. p.227-246.
- ALBERICO, G.J.; CRAMER, G.R. Is the salt tolerance of maize related to sodium exclusion? I. Preliminary screening of seven cultivars. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.16, n.7, p.2289-2303, 1993.
- AL-HARBI, A.R. Growth and nutrient composition of tomato and cucumber seedlings as affected by sodium chloride salinity and supplemental calcium. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.18 n.7, p.1403-1416, 1995.

- ALJUBURI, H.J. Effects of salinity and gibberellic acid on mineral concentration of date palm seedlings. *Fruits*, Paris, v.51, n.6, p.429-435, Nov./Dec.1996.
- AL-KARAKI, G.N. Barley response to salt stress at varied levels fo phosphorus. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.20 n.11, p.1635-1643, 1997.
- AL-RAWAHY, S.A.; STROEHLEIN, J.L.; PESSARAKLI, M. Dry matter yield and nitrogen-15, Na⁺, Cl⁻ and K⁺ content of tomatoes under sodium chloride stress. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.15, n.2, p.341-358, 1992.
- ARAÚJO, C.A. de S. Avaliação de feijoeiros quanto a tolerância à salinidade em solução nutritiva. Viçosa: UFV, 1994. 87p. (Dissertação – Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- ASHRAF, M. MCNEILLY, T. Response of four *Brassica* species to sodium chloride. *Environmental and Experimental Botany*, Oxford, v.30, p.475-487, 1990.
- ASHRAF, M.; O'LEARY, J.W. Responses of a salt-tolerant and a sal-sensitive line of sunflower to varying sodium/calcium ratios in saline sand culture. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.20, n.2/3, p.361-377, 1997.
- AWAD, A.S.; EDWARDS, D.G.; CAMPBELL, L.C. Phosphorus enhancement of salt tolerance of tomato. *Crop Science*, Madison, v.30, n.1, p.123-128, Jan./Feb. 1990.
- BAR, Y.; APELBAUM, A.; KAFKAFI, U.; GOREN, R. Relationship between chloride and nitrate and is effect on growth and mineral composition of avocado and citrus plants. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.20, n.6, p.715-731, 1997.
- BIELESKI, R.L.; FERGUSON, I.B. Physiology and metabolism of phosphate and its compounds. In: LAUCHLI, A.; BIELESKI, R.L. (eds). *Inorganic plant nutrition*. New York: Spring-Verlag, 1983. p.422-449. (Encyclopedia of Physiology. New Series, v.15a).
- BONNEAU, X; OCHS, R; KITU, W.T.; YUSWOHADI. Chlorine: an essential element in the mineral nutrition of hybrid coconuts in Lampung (Indonesia). *Oleagineux*, Paris, v.48, n.4, p.179-190, 1993.

- BOVI, M.L.A. **Palmito pupunha: informações básicas para cultivo.** Campinas: IAC, 1998. 50p. (IAC. Boletim técnico, 173)
- BRACONNIER, S.; d'AUZAC, J. Chloride and stomatal conductance in coconut. **Oléagineux**, Paris, v.45, n.6, p.259-266, 1990.
- CACHORRO, P.; OTIZ, A.; CERDÁ, A. Implications of calcium nutrition on the response of *Phaseolus vulgaris* L. to salinity. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.159, n.2, p.205-212, Jan. 1994.
- CARVALHO, J.G.; MATOS, A.O.; GUERRERO, J.A.; VARGAS, J.A. Efeito da relação Cl:S no teor de macronutrientes em pupunha cultivada em areia e solução nutritiva. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus. **Resumos expandidos...** Manaus: SBCS, 1996. p.654-655.
- CHEESEMAN, J.M. Mechanisms of salinity tolerance in plants. **Plant Physiology**, Rockville, v.87, p.547-550, 1988.
- CORDOVILLA, M.P.; OCAÑA, A.; LIGERO, F.; LLUCH, C. Growth and macronutrient contents of faba bean plants: effects of salinity and nitrate nutrition. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.8, n.8, p.1611-1628, 1995.
- CRAMER, G.R. Kinetics of maize leaf elongation. II. Responses of a Na-excluding cultivar and a Na-including cultivar to varying Na/Ca salinities. **Journal and Experimental Botany**, Oxford, v.43, p.857-864, 1992.
- CRAMER, G.R.; LÄUCHLI, A. Ion activities in solution in relation to Na^+ - Ca^{2+} interaction at the plasmalemma. **Journal and Experimental Botany**, Oxford, v.37, p.321-330, 1986.
- CRAMER, G.R.; LÄUCHLI, A.; POLITO, V.S. Displacement of Ca^{2+} by Na^+ from the plasmalemma of root cells: a primary response to stress? **Plant Physiology**, Rockville, v.79, n.1, p.207-211, Sept. 1985.
- CURTIN, D.; STEPPUHN, H.; SELLES, F. Plant responses to sulfate and chloride salinity: growth and ionic relations. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.57, n.5, p.1304-1310, Sept./Oct.1993.

- DATTA, K.S.; KUMAR, A.; VARMA, S.K.; ANGRISH, R. Differentiation of chloride and sulphate salinity on the basis of ionic distribution in genetically diverse cultivars of wheat. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.18, n.10, p.2199-2212, 1995.
- DUFOUR, F.; QUENCEZ, P.; SCHMITY, G. Technique de culture en solutions nutritives du palmier à huile et du cocotier. *Oléagineux*, Paris, v.33, n.10, p.485-490, Oct. 1978.
- EPSTEIN, E. Dual pattern of ion absorption by plant cells and by plants. *Nature*, Paris, v.212, p.1324-1327, 1966.
- FEIGIN, A.; PRESSMAN, E.; IMAS, P.; MILTAU, O. Combined effects of KNO^3 and salinity on yield and chemical composition of lettuce and chinese cabbage. *Irrigation Science*, Berlin, v.12, p.223-230, 1991.
- FIXEN, P.E. Crop responses to chloride. *Advances in Agronomy*, London, v.50, p.107-150, 1993.
- FRANÇOIS, L.E. Growth, seed yield, and oil content of canola grown under saline conditions. *Agronomy Journal*, Madison, v.86, n.2, p.233-237, Jan./Apr. 1994.
- GIBSON, T.S. Carbohydrate metabolism and phosphorus/salinity interactions in wheat (*Triticumaestivum* L.). *Plant and Soil*, Dordrech, v.111, p.25-35, 1988.
- GORHAM, J.; WYN JONES, R.G.; MCDONNELL, R. Some mechanisms of salt tolerance in crop plants. *Plant Soil*, Dordrech, v.89, p.15-40, 1985.
- GORHAM, J.; WYN JONES, R.G.; BRISTOL, A. Partial characterization of the trait for enhanced K^+-Na^+ discrimination in the D genome of wheat. *Planta*, Berlin, v.180, p.590-597, 1990.
- GRATTAN, S.R.; GRIEVE, C.M. Mineral element acquisition and growth response of plant growth in saline environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v.38, p.275-300, 1992.
- GRATTAN, S.R.; GRIEVE, C.M. Salinity-mineral relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v.78, p.127-157, 1999.
- GREENWAY, H.; MUNS, R. Mechanisms of salt tolerance in crop plants. *Plant Physiology*, Rockville, v.31, p.149-190, 1980.

- GUNES, A.; WITSE, N.K.P.; KIRKBY, E.A.; AKTAS, M. Influence of partial replacement of nitrate by amino acid nitrogen or urea in the nutrient medium on nitrate accumulation in NFT grown winter lettuce. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.17, n.11, p.1929-1938, 1994.
- GUNES, A.; INAL, A.; ALPASLAN, M. Effect of salinity on stomatal resistance, proline, and mineral composition of pepper. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.19, n.2, p.389-396, 1996.
- HANG, Z. Influence of chloride on the uptake and translocation of phosphorus in potato. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.16, n.9, p.1733-1737, 1993.
- HE, T.; CRAMER, G.R. Growth and mineral nutrition of six rapid-cycling *Brassica* species in response to seawater salinity. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.139, n.2, p.285-294, Jan. 1992.
- HE, T.; CRAMER, G.R. Sal tolerance of six rapid-cycling *Brassica* species in relation to potassium/sodium ratio and selectivity at the whole plant and callus levels. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.16, n.7, p.1263-1277, 1993.
- HU, Y.; OERTLI, J.; SCHMIDHALTER, U. Interactive effects of salinity and macronutrient level on wheat. Part I. Growth. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.20, n.9, p.1155-1167, 1997.
- HU, Y.; SCHMIDHALTER, U. Interactive effects of salinity and macronutrient level on wheat. Part II. Composition. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.20, n.9, p.1169-1182, 1997.
- IMSANDE, J.; TOURAINÉ, B. N demand and the regulation of nitrate uptake. **Plant Physiology**, Rockville, v.105, n.1, p.3-7, 1994.
- KAFKAFI, U.; SIDDIQI, M.Y.; RITCHIE, R.J.; GLASS, A.D.M.; RUTH, T.J. Reduction of nitrate ($^{13}\text{NO}_3$) influx and nitrogen (^{15}N) translocation by tomato and melon varieties after short exposure to calcium and potassium chloride salts. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.15, p.959-975, 1992.

- KIRKBY, E.A.; KNIGHT, A.H. The influence of the level of nitrate nutrition on ion uptake and assimilation, organic acid accumulation and cation anion balance in whole tomato plants. *Plant Physiology*, Rockville, v.60, n.3, p.349-353, Sept. 1977.
- LÄUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Plant response to saline and sodic conditions. In: TANJI, K.K *Agricultural salinity assessment and management*. New York: ASCE, 1990. Cap. 6, p.113-137.
- LIMA, V.L. A. de. Efeitos da qualidade da água de irrigação e da fração de lixiviação sobre a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em condições de lisímetro de drenagem. Viçosa: UFV, 1998. 87p. (Tese – Doutorado em Engenharia Agrícola).
- LYNCH, J.; LÄUCHLI, A. Salt stress disturbs the calcium nutrition of barley (*Hordeum vulgare* L.). *New Phytology*, Rockville, v.99, p.345-354, 1985.
- LYNCH, J.; POLITO, V.S.; LÄUCHLI, A. Salinity stress increases cytoplasmic Ca activity in maize root protoplasts. *Plant Physiology*, Rockville, v.90, p.1271-1274, 1989.
- MAAS, E.V.; GRIEVE, C.M. Sodium-induced calcium deficiency in salt-stressed corn. *Plant, Cell and Environment*, Oxford, v.10, p.559-564, 1987.
- MAGAT, S.S.; PADRONES, G.D.; ALFORJA, L.M. Residual effects of three chloride fertilizers on yield and leaf nutrient levels of coconuts grown on an inland soil of Davao (Mindanao, Philippines). *Oleagineux*, Paris, v.48, p.237-242, 1993.
- MALAVOLTA, E. Nutrição e adubação da pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.): curso sobre nutrição e adubação de pupunheira. Belém/PA, 1997. 24p. Apostila .
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. rev. e atual. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MANCHANDA, H.R.; SHARMA, S.K.; BHANDARI, D.K. Response of barley and wheat to phosphorus in the presence of Cl and sulfate salinity. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.66, p.233-241, 1982.

- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. 2.ed. New York: Academy Press, 1995. 889p.
- MARSCHNER, H.; KYLIN, A.; KUIPER, P. Difference in tolerance of tree sugar beet genotypes. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.51, p.234-238, 1981.
- MARTÍNEZ, V.; BERSTEIN, N.; LAÜCHLI, A. Sal-induced inhibition of phosphorus transport in lettuce plants. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.97, n.1, p.118-122, May 1996.
- MUNS, R. Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.16, p.15-24, 1993.
- MUNS, R.; TERMAAT, A. Whole-plant responses to salinity. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.13, p.143-160, 1986.
- OLLAGNIER, M. Ionic reactions and fertilizer management in relation to drought resistance of perennial oil crops (oil palm and coconut). **Oleagineux**, Paris, v.40, p.1-10, 1985.
- PACHECO, R.G. Crescimento de mudas de pupunha (*Bactris gasipaes* H.B.K.) em resposta à calagem e às relações cálcio/magnésio do solo e em resposta às relações nitrato/amônio e alumínio em soluções nutritivas. Viçosa: UFV, 1997. p.102. (Tese – Doutorado em Fitotecnia)
- PAPADOPOULOS, I.; RENDIG, V.V. Interactive effects of salinity and nitrogen on growth and yield of tomato plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.73, n.1, p.47-57, 1983.
- PARDOSSI, A.; MALORGIO, F.; ORIOLO, D.; GUCCI, R.; SERRA, G.; TOGNONI, F. Water relations and osmotic adjustment in *Apium graveolens* during long term NaCl stress and subsequent relief. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.102, n.3, p.369-376, Mar. 1998.
- PERES-ALFOCEA, F.; ESTAN, M.T.; SANTA CRUZ, A.; BOLARIN, M.C. Effects of salinity on nitrate, total nitrogen, soluble protein and free amino acid levels in tomato plants. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.68, n.6, p.1021-1027, Nov. 1993.

- PESSARAKLI, M. Dry matter yield nitrogen-15 absorption by tomatoes under sodium chloride stress. *Crop Science*, Madison, v.31:1633-1640, 1991.
- PORCELLI, C.A.; GUTIERREZ BOEM, F.H.; LAVADO, R.S. The K/Na and Ca/Na ratios and rapeseed yield, under soil salinity or sodicity. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.175, n.2, p.251-255, Aug. 1995.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. Outras culturas industriais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. et al. (eds). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico & Fundação IAC, 1996. p.233-236. (IAC. Boletim, 100).
- RENGEL, Z. Role of calcium in salt toxicity. *Plant, Cell and Environment*, Oxford, v.15, p.625-632, 1992.
- ROBERTS, J.K.M.; LINKER, C.S; BENOIT, A.G.; JAARDETZKY, O.; NIEMAN, R.H. Salt stimulation of phosphate uptake in maize root tips studied by ³¹P nuclear magnetic resonance. *Plant Physiology*, Rockville, v.75, n.4, p.947-950, Aug. 1984.
- SALISBURY, F.B.; ROSS, C.V. *Plant physiology*. Wadsworth, Belmont: Marcel Dekker, 1992. 682p.
- SATTI, S.M.F.; LOPEZ, M.; AL-RAWAHY, S.A. Effects of saline nutrient solutions on the growth and accumulation of mineral elements in some tomato cultivars. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, Montecelo, v.26, p.2097-2106, 1995.
- SAUR, E.; LAMBROT, C.; LOUSTAU, D.; ROTIVAL, N.; TRICHET, P. Growth and uptake of mineral elements in response to sodium chloride of three provenances of maritime pine. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.18, n.2, p.243-256, 1995.
- SENTENAC, H.; GRIGNON, C. Effect of pH on orthophosphate uptake by corn roots. *Plant Physiology*, Rockville, v.77, p.136-141, 1985.
- SIEGEL, S.M.; SIEGEL, B.Z.; MASSEY, J.; LAHNE, P.; CHEN, J. Growth of corn in saline waters. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.50, p.71-73, 1980.

- SOBRAL, L.F; LEAL, M.L.S. Resposta do coqueiro à adubação com ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio em dois solos do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.23, p.85-89, 1999.
- SONNOVELD, C.; WELLES, G.W.H. Yield and quality of rockwool-grown tomatoes as affected by various in EC-value and climatic conditions. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.111, p.37-42, 1988.
- SUHAYDA, C.G; REDMANN, R.E. HARVEY, B.L.; CIPYWNYK, A.L. Comparative response of cultivated and wild barley species to salinity stress and calcium supply. *Crop Science*, Madison, v.32, p.154-163, 1992.
- VIANA, A.P. Avaliação da tolerância de porta-enxerto de videira a condições de salinidade em solução nutritiva. Viçosa: UFV, 1997. 58p. (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia).
- von UEXKULL, H.R. Chlorine in the nutrition of palm trees. *Oléagineux*, Paris, v.40, p.7-74, 1985.
- WILKINSON, J.Q.; CRAWFORD, N.M. Identification and characterization of chlorate-resistance mutant of *Arabidopsis thaliana* with mutations in both nitrate reductase structural genes NIA1 and NIA2. *Molecular and General Genetics*, Berlin, v.239, p.289-297, 1993.
- YAHYA, A. Salinity effects on growth and on uptake and distribution of sodium and some essential mineral nutrients in sesame. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.21, n.7, p.1439-1451, 1998.
- YANG, Y.W.; NEWTON, R.J.; MILLER, F.R. Salinity tolerance in *Sorghum*. I. Whole plant response to sodium chloride in *S. bicolor* and *S. halepense*. *Crop Science*, Madison, v.30, n.4, p.775-781, July/Aug. 1990.

ANEXOS

ANEXO A

		Página
TABELA 1A	Resumo das análises de variância para altura, perímetro, área foliar, matéria seca da folha, estipe, raiz e total de plantas de pupunheira, em função de relações K/Ca, em solução nutritiva.....	132
TABELA 2A	Resumo das análises de variância para os teores de N e P nas folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira, em função de relações K/Ca, em solução nutritiva.....	132
TABELA 3A	Resumo das análises de variância para os teores de K e Ca nas folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira, em função de relações K/Ca, em solução nutritiva.....	133
TABELA 4A	Resumo das análises de variância para os teores de Mg e S nas folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira, em função de relações K/Ca, em solução nutritiva.....	133
TABELA 5A	Resumo das análises de variância para os teores de Na nas folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira, em função de relações K/Ca, em solução nutritiva.....	134
TABELA 6A	Resumo das análises de variância para a absorção total de N, P, K, Ca, Mg, S, e Na de plantas de pupunheira, em função de relações K/Ca e K/Ca/Na em solução nutritiva.....	135
TABELA 7A	Resumo das análises de variância para as relações K/N, K/P, K/Ca, K/Mg, K/Na, Ca/Mg e Ca/Na nas folhas de plantas de pupunheira, em função de relações K/Ca e K/Ca/Na em solução nutritiva.....	135

TABELA 1A. Resumo das análises de variância para altura, perímetro, área foliar, matéria seca da folha, estipe, raiz e total de plantas de pupunheira, em função de relações K/Ca, em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio						
		Altura	Perímetro	A. Foliar	MS Folha	MS Estipe	MS Raiz	MS Total
K/Ca	8	1129,3**	19,7**	8817621,0**	399,6**	1136,7**	380,8**	5240,1**
Blocos	3	171,6	9,8	539320,0	13,9	22,4	4,5	56,5
Resíduo	24	192,6	53,9	358870,5	41,0	91,3	45,6	417,8
Total	35	14170,7	221,6	80771819,9	4223,2	11350,5	4155,1	52116,0
CV(%)		9,4	9,5	8,6	13,7	18,1	20,0	15,3

** significativo a 1% pelo teste de Duncan

TABELA 2A Resumo das análises de variância para os teores de N e P nas folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira, em função de relações K/Ca, em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio					
		N			P		
		Folhas	Estipes	Raízes	Folhas	Estipes	Raízes
K/Ca	8	38,96**	57,24**	70,91	3,07**	4,49**	5,48**
Blocos	3	7,97	1,40	3,39	0,20	0,30	0,22
Resíduo	24	6,59	2,23	6,43	0,20	0,41	0,30
Total	35	493,71	515,75	731,82	30,07	46,69	51,67
CV(%)		6,76	9,37	12,09	11,63	10,26	11,60

** significativo a 1% pelo teste de Duncan

TABELA 3A. Resumo das análises de variância para os teores de K e Ca nas folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira, em função de relações K/Ca, em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio					
		K			Ca		
		Folhas	Estipes	Raízes	Folhas	Estipes	Raízes
K/Ca	8	100,13	223,04**	282,77**	15,66**	9,42**	3,06**
Blocos	3	0,18	0,06	5,40	1,89	0,25	0,11
Residuo	24	0,76	3,70	4,05	0,61	0,39	0,14
Total	35	819,89	1873,27	2375,53	145,61	85,57	28,24
CV(%)		7,21	10,09	10,36	8,70	7,73	5,80

** significativo a 1% pelo teste de Duncan

TABELA 4A. Resumo das análises de variância para os teores de Mg e S nas folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira, em função de relações K/Ca, em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio					
		Mg			S		
		Folhas	Estipes	Raízes	Folhas	Estipes	Raízes
K/Ca	8	2,19**	3,63**	2,55**	0,12**	0,12**	0,38
Blocos	3	0,26	0,21	0,06	0,01	0,03	0,04
Residuo	24	0,16	0,26	0,08	0,02	0,03	0,08
Total	35	22,14	35,77	22,53	1,57	1,72	4,98
CV(%)		9,41	10,81	9,87	5,56	9,69	8,71

** significativo a 1% pelo teste de Duncan

TABELA 5A. Resumo das análises de variância para os teores de Na nas folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira, em função de relações K/Ca, em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio		
		Na		
		Folhas	Estipes	Raízes
K/Ca	8	0,52**	0,38**	1,63**
Blocos	3	0,02	0,01	0,08
Resíduo	24	0,03	0,03	0,07
Total	35	4,80	3,77	14,92
CV(%)		16,87	16,27	11,45

** significativo a 1% pelo teste de Duncan

TABELA 6A. Resumo das análises de variância para a absorção total de N, P, K, Ca, Mg, S, e Na de plantas de pupunheira, em função de relações K/Ca e K/Ca/Na em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio						
		N	P	K	Ca	Mg	S	Na
K/Ca	8	900317,66**	133581,75**	4603674,13**	525066,19**	51158,11**	28487,23**	14921,21**
Blocos	3	25468,02	2192,33	89070,80	11424,58	2745,24	551,21	24,10
Resíduo	24	108014,51	6207,93	117028,39	31792,74	5991,91	2478,80	1074,02
Total	35	9871293,43	1224218,39	39905286,89	4997829,02	561306,52	289042,75	145218,38
CV(%)		10,24	11,94	14,78	16,59	14,74	15,20	18,73

** significativo a 1% pelo teste de Duncan

135

TABELA 7A. Resumo das análises de variância para as relações K/N, K/P, K/Ca, K/Mg, K/Na, Ca/Mg e Ca/Na nas folhas de plantas de pupunheira, em função de relações K/Ca e K/Ca/Na em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio								
		K/N	K/P	K/Ca	K/Mg	K/S	K/Na	Ca/P	Ca/Mg	Ca/Na
K/Ca	8	0,078**	10,550**	3,474**	7,959**	11,713**	207,414**	3,069**	0,829**	201,700**
Blocos	3	0,001	0,283	0,047	0,375	0,026	3,869	0,159	0,005	15,918
Resíduo	24	0,001	0,174	0,047	0,179	0,157	4,450	0,128	0,053	5,324
Total	35	0,638	89,442	29,050	69,105	97,543	1777,718	28,116	7,919	1789,131
CV(%)		7,582	12,532	14,090	13,750	9,283	15,052	14,452	10,699	19,098

** significativo a 1% pelo teste de Duncan

ANEXO B

	Página	
TABELA 1B	Resumo das análises de variância para altura, perímetro, área foliar, matéria seca da folha, estipe, raiz e total e relação raiz/parte aérea de plantas de pupunheira, em função de relações P/Cl, em solução nutritiva.....	137
TABELA 2B	Resumo das análises de variância para os teores de N e P nas folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira, em função de relações P/Cl, em solução nutritiva.....	137
TABELA 3B	Resumo das análises de variância para os teores de K e Ca nas folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira, em função de relações P/Cl, em solução nutritiva.....	138
TABELA 4B	Resumo das análises de variância para os teores de Mg e S nas folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira, em função de relações P/Cl, em solução nutritiva.....	138
TABELA 5B	Resumo das análises de variância para os teores de Na e Cl folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira, em função de relações P/Cl, em solução nutritiva.....	139
TABELA 6B	Resumo das análises de variância para a absorção total de N, P, K, Ca, Mg, S, Na e Cl de plantas de pupunheira, em função de relações P/Cl, em solução nutritiva.....	139
TABELA 7B	Resumo das análises de variância para as relações P/N, P/K, P/Ca, P/Mg, P/S, P/Na P/Cl nas folhas de plantas de pupunheira, em função de relações P/Cl, em solução nutritiva.....	140
TABELA 8B	Resumo das análises de variância para as relações Cl/N, Cl/K, Cl/Ca, Cl/Mg, Cl/S e Cl/Na nas folhas de plantas de pupunheira, em função de relações P/Cl, em solução nutritiva.....	140

TABELA 1B. Resumo das análises de variância para altura, perímetro, área foliar, matéria seca da folha, estipe, raiz e total e relação raiz/parte aérea de plantas de pupunheira, em função de relações P/Cl, em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio							
		Altura	Perímetro	A. Foliar	MS Folha	MS Estipe	MS Raiz	MS Total	R/PA
P/Cl	6	366,50**	15,86**	5354530,50**	325,19**	605,72**	263,41**	3151,96**	127,90**
Blocos	3	431,95	7,80	2156797,29	203,99	440,09	262,50	2628,08	12,08
Resíduo	18	81,29	1,01	445969,29	23,86	36,67	32,59	188,13	26,44
Total	27	6178,75	174,39	60009898,75	3786,00	7046,02	3676,82	37615,11	1693,88
CV(%)		6,14	6,89	11,25	11,06	12,91	15,69	10,77	12,75

** significativo a 1% pelo teste de Duncan

137

TABELA 2B Resumo das análises de variância para os teores de N e P nas folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira, em função de relações P/Cl, em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio					
		N			P		
		Folhas	Estipes	Raízes	Folhas	Estipes	Raízes
P/Cl	6	6,85	5,58*	17,72*	7,94**	16,85**	23,87**
Blocos	3	11,24	2,92	7,63	0,31	0,17	0,70
Resíduo	18	6,23	3,36	6,55	0,15	0,64	0,44
Total	27	238,08	134,16	321,85	68,17	150,71	203,53
CV(%)		7,17	10,14	11,15	9,99	13,19	10,79

*, ** significativo a 1 e 5 % pelo teste de Duncan, respectivamente.

TABELA 3B. Resumo das análises de variância para os teores de K e Ca nas folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira, em função de relações P/Cl, em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio					
		K			Ca		
		Folhas	Estipes	Raízes	Folhas	Estipes	Raízes
P/Cl	6	6,32**	4,56	63,74**	6,19**	1,55*	3,24**
Blocos	3	1,70	4,09	10,59	0,23	0,74	0,72
Resíduo	18	1,62	3,61	1,87	1,14	0,69	0,34
Total	27	94,54	135,50	586,59	77,68	31,12	36,14
CV(%)		6,83	7,19	8,87	14,27	12,16	11,92

*, ** significativo a 1 e 5 % pelo teste de Duncan, respectivamente.

TABELA 4B. Resumo das análises de variância para os teores de Mg e S nas folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira, em função de relações P/Cl, em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio					
		Mg			S		
		Folhas	Estipes	Raízes	Folhas	Estipes	Raízes
P/Cl	6	1,91**	0,34*	0,13	0,24*	0,41**	0,63*
Blocos	3	0,25	0,09	0,04	0,04	0,07	0,04
Resíduo	18	0,16	0,13	0,09	0,10	0,06	0,19
Total	27	19,88	6,20	3,35	4,47	4,93	9,69
CV(%)		13,15	15,93	16,45	9,21	11,08	10,68

*, ** significativo a 1 e 5% pelo teste de Duncan, respectivamente.

TABELA 5B. Resumo das análises de variância para os teores de Na e Cl folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira, em função de relações P/Cl, em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio					
		Na			Cl		
		Folhas	Estipes	Raízes	Folhas	Estipes	Raízes
P/Cl	6	0,16**	0,05*	0,18**	72,66**	124,00**	32,73**
Blocos	3	0,02	0,03	0,02	4,63	3,41	0,46
Resíduo	18	0,03	0,02	0,05	2,81	3,28	2,29
Total	27	2,11	1,05	2,56	662,50	1081,08	318,06
CV(%)		14,46	10,98	13,71	20,10	13,25	23,66

*, ** significativo a 1 e 5% pelo teste de Duncan, respectivamente.

TABELA 6B. Resumo das análises de variância para a absorção total de N, P, K, Ca, Mg, S, Na e Cl de plantas de pupunheira, em função de relações P/Cl, em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio							
		N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cl
P/Cl	6	2060214,79**	460223,98**	1442991,13**	96725,38**	10566,64**	33806,18**	5563,81**	730923,21**
Blocos	3	989662,35	56534,11	1400889,88	132246,85	19816,28	26304,74	6745,98	174662,58
Resíduo	18	89551,58	8364,96	92026,94	20059,01	2147,25	3672,80	516,61	25687,11
Total	27	21599943,36	4052153,14	17955245,16	1651959,89	195515,96	437510,93	77147,08	6987863,96
CV(%)		9,33	12,76	11,56	17,31	15,29	14,93	12,90	13,91

** significativo a 1% pelo teste de Duncan

TABELA 7B. Resumo das análises de variância para as relações P/N, P/K, P/Ca, P/Mg, P/S, P/Na P/Cl nas folhas de plantas de pupunheira, em função de relações P/Cl, em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio						
		P/N	P/K	P/Ca	P/Mg	P/S	P/Na	P/Cl
P/Cl	6	0,0064**	0,0267**	0,2812**	1,9104**	0,5321**	11,1778**	3,0097**
Blocos	3	0,0002	0,0008	0,0105	0,1899	0,0345	0,6553	0,0415
Resíduo	18	0,0003	0,0006	0,0083	0,0778	0,0204	0,3855	0,0315
Total	27	0,0587	0,2299	2,4818	17,7217	4,8492	100,6406	24,9579
CV(%)		14,842	11,331	16,396	19,978	12,615	18,558	21,449

** significativo a 1% pelo teste de Duncan

TABELA 8B. Resumo das análises de variância para as relações Cl/N, Cl/K, Cl/Ca, Cl/Mg, Cl/S e Cl/Na nas folhas de plantas de pupunheira, em função de relações P/Cl, em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio					
		Cl/N	Cl/K	Cl/Ca	Cl/Mg	Cl/S	Cl/Na
P/Cl	6	0,0566**	0,2095**	0,8929**	6,4072**	6,4741**	51,2054**
Blocos	3	0,0026	0,0080	0,1141	1,5779	0,3656	7,9449
Resíduo	18	0,0025	0,0120	0,0903	0,3937	0,3263	2,6529
Total	27	0,5209	1,9889	9,6534	65,4406	60,7217	497,1471
CV(%)		20,933	24,528	27,835	23,273	23,401	24,226

** significativo a 1% pelo teste de Duncan

ANEXO C

	Página	
TABELA 1C	Resumo das análises de variância para altura, perímetro, área foliar, matéria seca da folha, estipe, raiz e total de plantas de pupunheira, em função de níveis de salinidade, em solução nutritiva.....	142
TABELA 2C	Resumo das análises de variância para os teores de N e P nas folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira, em função de níveis de salinidade, em solução nutritiva.....	142
TABELA 3C	Resumo das análises de variância para os teores de K e Ca nas folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira, em função de níveis de salinidade, em solução nutritiva.....	143
TABELA 4C	Resumo das análises de variância para os teores de Mg e S nas folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira, em função de níveis de salinidade, em solução nutritiva.....	143
TABELA 5C	Resumo das análises de variância para os teores de Na e Cl folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira, em função de níveis de salinidade, em solução nutritiva.....	144
TABELA 6C	Resumo das análises de variância para a absorção total de N, P, K, Ca, Mg, S, Na e Cl de plantas de pupunheira, em função de níveis de salinidade, em solução nutritiva.....	144
TABELA 7C	Resumo das análises de variância para as relações Na/K, Na/Ca, Na/Mg, Cl/N, Cl/P e Cl/S nas folhas de plantas de pupunheira, em função de níveis de salinidade, em solução nutritiva.....	145

TABELA 1C. Resumo das análises de variância para altura, perímetro, área foliar, matéria seca da folha, estipe, raiz e total de plantas de pupunheira em função de níveis de salinidade, em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio						
		Altura	Perímetro	A. Foliar	MS Folha	MS Estipe	MS Raiz	MS Total
Tratamentos	6	2578,54**	36,22**	5705398,36**	228,38**	585,40**	705,70**	4259,87**
Blocos	3	1201,81	7,17	2942618,65	201,58	67,04	76,64	934,60
Resíduo	18	43,62	1,88	294008,61	14,77	4,42	9,37	48,05
Total	27	19861,71	272,71	48352401,08	2240,94	3793,08	4632,73	29227,96
CV(%)		5,43	12,16	18,52	16,32	8,64	14,80	10,11

** significativo a 1% pelo teste de Duncan

TABELA 2C Resumo das análises de variância para os teores de N e P nas folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira, em função de níveis de salinidade, em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio					
		N			P		
		Folhas	Estipes	Raízes	Folhas	Estipes	Raízes
Tratamentos	6	40,80**	49,56**	14,34	1,28**	3,45**	16,28**
Blocos	3	21,23	4,52	4,52	0,74	1,81	1,76
Resíduo	18	8,26	7,76	8,29	0,22	0,65	0,33
Total	27	457,24	450,55	248,91	13,81	37,81	108,85
CV(%)		9,12	14,01	13,93	12,38	12,90	12,87

** significativo a 1% pelo teste de Duncan

TABELA 3C. Resumo das análises de variância para os teores de K e Ca nas folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira, em função de níveis de salinidade, em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio					
		K			Ca		
		Folhas	Estipes	Raízes	Folhas	Estipes	Raízes
Tratamentos	6	17,03**	27,18**	43,23**	1,52	0,34	0,84*
Blocos	3	1,24	2,67	1,86	0,73	0,08	0,16
Resíduo	18	2,53	5,22	2,59	0,39	0,23	0,21
Total	27	151,34	265,01	311,64	18,31	6,34	9,34
CV(%)		13,24	9,72	10,54	11,84	10,26	11,02

*, ** significativo a 1 e 5% pelo teste de Duncan, respectivamente.

TABELA 4C. Resumo das análises de variância para os teores de Mg e S nas folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira, em função de níveis de salinidade, em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio					
		Mg			S		
		Folhas	Estipes	Raízes	Folhas	Estipes	Raízes
Tratamentos	6	0,37**	0,29**	0,28**	1,47**	0,20**	1,46**
Blocos	3	0,04	0,08	0,07	0,11	0,13	0,10
Resíduo	18	0,06	0,07	0,03	0,11	0,05	0,26
Total	27	3,52	3,30	2,37	11,18	2,41	13,81
CV(%)		14,80	13,03	10,98	15,38	14,42	14,93

** significativo a 1% pelo teste de Duncan

TABELA 5C. Resumo das análises de variância para os teores de Na e Cl folhas, estipes e raízes de plantas de pupunheira, em função de níveis de salinidade, em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio					
		Na			Cl		
		Folhas	Estipes	Raízes	Folhas	Estipes	Raízes
Tratamentos	6	179,59**	137,83**	79,88**	994,64**	1364,81**	280,95**
Blocos	3	3,47	1,79	0,94	37,50	6,55	10,34
Resíduo	18	1,15	1,19	0,76	21,53	24,43	4,27
Total	27	1108,73	853,78	495,02	6467,86	8648,21	1793,53
CV(%)		15,08	19,59	14,47	24,51	20,35	15,12

** significativo a 1% pelo teste de Duncan

TABELA 6C. Resumo das análises de variância para a absorção total de N, P, K, Ca, Mg, S, e Na de plantas de pupunheira, em função de níveis de salinidade, em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio							
		N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cl
Tratamentos	6	1516250,08**	121584,14**	1291948,94**	103942,75**	16244,30**	43422,77**	65580,89**	75205,27**
Blocos	3	331686,26	12474,16	303613,68	20726,99	2929,17	4439,14	21099,42	12172,02
Resíduo	18	13642,67	2563,68	16862,61	3292,06	514,93	948,00	2743,13	3393,34
Total	27	10338127,37	813073,04	8966061,58	745094,54	115522,07	290918,15	596159,91	548827,87
CV(%)		7,33	14,69	11,01	17,71	18,70	18,33	18,23	29,14

** significativo a 1% pelo teste de Duncan

TABELA 7C. Resumo das análises de variância para as relações Na/K, Na/Ca, Na/Mg, Cl/N, Cl/P e Cl/S nas folhas de plantas de pupunheira, em função de níveis de salinidade, em solução nutritiva.

Causas de variação	GL	Quadrado Médio					
		Na/K	Na/Ca	Na/Mg	Cl/N	Cl/P	Cl/S
Tratamentos	6	1,446**	7,338**	61,510**	1,275**	65,207**	363,703**
Blocos	3	0,088	0,048	0,875	0,029	0,441	9,570
Resíduo	18	0,035	0,029	0,572	0,029	1,366	14,571
Total	27	9,567	44,699	381,986	8,262	417,155	2473,240
CV(%)		28,596	11,938	17,11	27,54	23,030	36,203

** significativo a 1% pelo teste de Duncan