

EFEITO DO ESTRESSE SALINO NA ABSORÇÃO DE NUTRIENTES EM MANGUEIRA¹

CICERO CARTAXO DE LUCENA², DALMO LOPES DE SIQUEIRA³,
HERMÍNIA EMILIA PRIETO MARTINEZ⁴, PAULO ROBERTO CECON⁴

RESUMO - Avaliou-se o efeito do estresse salino sobre a massa seca, a absorção e o transporte de nutrientes nas mangueiras ‘Haden’, ‘Palmer’, ‘Tommy Atkins’ e ‘Ubá’ enxertadas sobre ‘Imbu’. Foi utilizada solução nutritiva de Hoagland modificada em sistema hidropônico estático aerado, contendo: 0; 15; 30 e 45 mmol L⁻¹ NaCl. A massa seca de raízes, caule do porta-enxerto e caule da cultivar copa, bem como das folhas, foi reduzida em concentrações a partir de 15 mmol L⁻¹ NaCl. Ocorreu redução de N, P, K⁺, Ca⁺² e Mg⁺² nas folhas de ‘Haden’, ‘Palmer’ e ‘Ubá’, respectivamente. ‘Tommy Atkins’ não apresentou variação no teor de N, P, K⁺ e Ca⁺² foliar. No sistema radicular, os teores de N, P, K⁺, Ca⁺² e Mg⁺² foram reduzidos com o aumento de NaCl em todas as cultivares. A concentração externa do íon Na⁺ reduziu os sítios de absorção de K⁺ e Mg⁺², e o íon Cl⁻ atuou nos sítios de absorção de N e P, inibindo sua absorção devido a mecanismos competitivos.

Termos para indexação: *Mangifera indica* L., nutrição mineral, estresse salino.

SALT STRESS EFFECT ON NUTRIENT ABSORPTION IN MANGO TREE

ABSTRACT - The effect of salt stress on the dry mass, absorption and transport of nutrients was evaluated in mango cultivars ‘Haden’, ‘Palmer’, ‘Tommy Atkins’, and ‘Ubá’ grafted on rootstock ‘Imbu’. Plants were grown in modified Hoagland solution in airted static hydroponic system containing 0, 15, 30, and 45 mmol L⁻¹ NaCl. The dry mass of the roots, the stem of the rootstock and the stem of the scion as the dry mass of the leaves has decreasing at concentrations from 15 mmol L⁻¹ NaCl. There was a significant reduction of N, P, K⁺, Ca⁺² and Mg⁺² in the leaves of cultivars ‘Haden’, ‘Palmer’ and ‘Ubá’ respectively. Cultivar ‘Tommy Atkins’ showed no change in the content of N, P, K⁺ and Ca⁺² in the leaves. The levels of N, P, K⁺, Ca⁺² and Mg⁺² decreased with the increase of the NaCl in the root system of all cultivars. The external concentration of the ion Na⁺ has occupied the site of absorption of K⁺ and Mg⁺² and the ion Cl⁻ acted at the absorption site of N and P by inhibiting their absorption due to competitive mechanisms.

Index terms: *Mangifera indica* L., mineral nutrition, salt stress.

INTRODUÇÃO

A mangueira (*Mangifera indica* L.), sob condições irrigadas, é amplamente cultivada na região semiárida do Nordeste brasileiro. No entanto, em muitos solos desta região, a salinidade é elevada, principalmente nas áreas irrigadas onde a qualidade e o manejo da água são, com frequência, inadequados (AYERS; WESTCOT, 1991; HECK et al., 2003), o que pode afetar seu desenvolvimento.

Alguns autores, segundo Zuazo et al. (2006), reportam que a mangueira é uma espécie sensível às condições de salinidade, ocorrendo queimadura no ápice e nas margens das folhas e, em casos mais severos, redução do crescimento, abscisão de folhas e morte da planta.

Os responsáveis por esta redução do crescimento das plantas, devido à absorção de nutrientes, são o estresse osmótico, resultado da concentração relativamente alta de solutos na solução do solo; o estresse iônico, resultado da alteração da relação K⁺/Na⁺ e a alta concentração dos íons Na⁺ e Cl⁻, a desorganização do sistema de membranas e a produção de espécies reativas de oxigênio (HASEGAWA et al., 2000; BLUMWALD et al., 2000).

Apesar de os mecanismos fisiológicos pelos quais as plantas apresentam tolerância ao estresse salino serem bastante conhecidos, pesquisas com cultivares comerciais de mangueiras, com respeito a estresse salino, são escassas, principalmente as conduzidas em solução nutritiva e utilizando plantas enxertadas (ZUAZO et al., 2006). No entanto, Munns

¹(Trabalho 072-11). Recebido em: 08-02-2011. Aceito para publicação: 26-01-2012.

²Eng. Agr., Doutorando em Fitotecnia (Bolsista da Fapemig) pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa- MG, 36570-000. Email: cicero.lucena@ufv.br

³Eng. Agr., D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia, Viçosa- MG, 36570-000. Email: siqueira@ufv.br, herminia@ufv.br

⁴Eng. Agr., D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Estatística, Viçosa- MG, 36570-000. Email: cecon@ufv.br

e Tester (2008) afirmam que é possível, após semanas ou meses de exposição ao estresse salino, ocorrerem respostas celulares e fisiológicas distintas entre cultivares que permitem discriminar quais apresentam melhor tolerância a tais condições.

Dados quantitativos sobre limites críticos de salinidade da água e do solo, aos quais a mangueira seria tolerante sem reduções em sua produção e qualidade do fruto, não foram encontrados na literatura para o porta-enxerto e cultivares utilizadas neste trabalho.

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar o crescimento vegetativo, a absorção e o transporte de nutrientes nas mangueiras 'Haden', 'Palmer', 'Tommy Atkins' e 'Ubá', enxertadas sobre o porta-enxerto 'Imbu', submetidas a estresse salino em solução nutritiva.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, no município de Viçosa-MG, no período de 26 de março a 08 de agosto de 2008.

Foi utilizado sistema hidropônico estático aerado com solução nutritiva de Hoagland modificada, com as seguintes concentrações: N (13,0 mmol L⁻¹), P (1,0 mmol L⁻¹), K (4,0 mmol L⁻¹), S (2,0 mmol L⁻¹), Ca (5,0 mmol L⁻¹), Mg (2,0 mmol L⁻¹) e B (25,0 µmol L⁻¹), Mn (2,0 µmol L⁻¹), Zn (2,0 µmol L⁻¹), Cu (0,5 µmol L⁻¹), Mo (0,5 µmol L⁻¹) e Fe (80, µmol L⁻¹).

Foram utilizadas mudas de mangueiras enxertadas sobre o porta-enxerto 'Imbu' com aproximadamente 18 meses de idade provenientes de viveiro comercial. O experimento foi conduzido em arranjo fatorial (4 x 4), no delineamento em blocos ao acaso, com 5 repetições e 1 planta por unidade experimental. O fatorial consistiu em quatro concentrações de NaCl (0; 15; 30 e 45 mmol L⁻¹) e quatro cultivares de mangueira ('Haden', 'Palmer', 'Tommy Atkins' e 'Ubá').

As plantas foram cultivadas em um volume de sete dm³ de solução nutritiva, sendo o volume repostado ao valor inicial com água deionizada em dias alternados. O pH foi ajustado em 5,5 ± 0,2 com solução ácida (0,1 mol L⁻¹ HNO₃) e/ou solução básica (0,1 mol L⁻¹ KOH), também em dias alternados. A condutividade elétrica (CE) da solução foi monitorada semanalmente, sendo realizada a renovação da solução sempre que se observada uma depleção de 20% do valor inicial da condutividade elétrica do tratamento-controle (0 mmol L⁻¹ NaCl). A CE (dS m⁻¹) para os tratamentos 0; 15; 30 e 45 mmol L⁻¹ de NaCl foram 1,26; 2,46; 4,04 e 5,68 dS m⁻¹,

respectivamente.

Aos 100 dias após a exposição ao estresse salino, as plantas foram coletadas e separadas em raízes, caule e folhas. O caule foi subdividido em duas partes: a parte do caule correspondente ao porta-enxerto e a parte do caule correspondente à cultivar-copa. Após secagem em estufa de circulação forçada de ar por um período de 72 horas a 75°C, foi obtida a massa seca (g) de raízes, caules do porta-enxerto, caules das cultivares-copa, folhas e massa seca total.

Na massa seca das raízes e das folhas, foram analisados os teores de N-total, P, K, Ca e Mg. Os teores de N-total foram determinados pelo método semimicro Kjeldahl após a digestão sulfúrica (H₂SO₄ e H₂O₂) do tecido vegetal. Em extrato da digestão nitroperclórica (HNO₃ e HClO₄), foram determinados: P, colorimetricamente, pelo método de redução do fosfomolibdato pela vitamina C; K e Na por espectrofotometria de emissão atômica; Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica, e os teores de Cl por titulação com AgNO₃ (Método de Mohr) (MALAVOLTA et al., 1997). Para a determinação de Na e Cl, foram utilizados a massa seca das raízes, o caule do porta-enxerto, o caule da cultivar-copa e as folhas.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão a 5% de probabilidade, usando o programa "Sistemas para Análises Estatísticas e Genéticas" (SAEG) (UFV, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estresse salino reduziu significativamente a massa seca das cultivares avaliadas (Tabela 1). A massa seca das raízes do porta-enxerto foi reduzida em função do aumento nas concentrações de NaCl (p<0,05) na solução nutritiva, para todas as combinações porta-enxerto/copa, exceto para a combinação com 'Palmer', onde não houve efeito significativo das concentrações de NaCl (p>0,05). Quando enxertada com 'Haden' e 'Ubá', a massa seca das raízes do porta-enxerto 'Imbu' apresentou redução linear, ao passo que quando enxertada com 'Tommy Atkins', apresentou comportamento quadrático, apresentando ponto de máximo acúmulo de massa seca (20,55 g MS) na concentração de apenas 2,91 mmol L⁻¹ NaCl, com subsequente redução nas demais concentrações (Figura 1A).

Estes resultados estão de acordo com os observados por Mirisola Filho (2003), que observou decréscimo na massa seca das raízes de seedlings dos porta-enxertos 'Amarelinha', 'Carlotinha', 'Espadilha', 'Ubá', 'Extrema' e 'Felipe', quando submetidos a estresse salino. Santos e Souza (2003) também

observaram que o aumento do nível de salinidade no solo provocou redução acentuada na massa seca das raízes de seedlings dos porta-enxertos 'Espada' e 'Ubá'.

Teerarak et al. (2009) observaram que o decréscimo no crescimento das raízes foi associado ao efeito inibitório do NaCl sobre a divisão celular, caracterizado pela redução do índice de mitose, bem como pelo aumento no número de aberrações nos cromossomos em várias fases da mitose. Segundo Cuartero e Fernández-Muñoz (1999), são várias as razões possíveis para a redução do crescimento de raízes sob estresse salino: restrição do crescimento celular por causa do baixo potencial hídrico do meio externo, interferência dos íons salinos com a nutrição da planta ou a toxicidade de íons acumulados levando à morte da célula.

Em relação à massa seca do caule do porta-enxerto, houve redução com o aumento das concentrações de NaCl ($p \leq 0,05$), exceto para a combinação com 'Tommy Atkins', que não apresentou ajuste significativo ($p > 0,05$) (Figura 1B). A maior redução da massa seca ocorreu quando a copa era 'Palmer', com redução de 30,7%, em 45 mmol L⁻¹ NaCl. No entanto, com as copas 'Haden' e 'Ubá', a massa seca do caule do porta-enxerto foi pouco afetada até a concentração de 15 mmol L⁻¹ de NaCl, com redução de 0,2% e 3,5%, respectivamente. O maior valor de massa seca (15,7 g) do caule do porta-enxerto foi estimado em 7,23 mmol L⁻¹ de NaCl na cultivar 'Haden'. Para a cultivar 'Ubá', o maior valor de massa seca (24,7 g) foi estimado em apenas 1,23 mmol L⁻¹ NaCl. Este ponto de máximo de acúmulo de massa seca em 'Ubá' pode estar indicando menor tolerância à salinidade desta cultivar 'Ubá' no porta-enxerto avaliado. Na literatura, não foram encontrados resultados que reportem o ganho de massa seca do caule, considerando as partes separadas dos caules porta-enxerto e cultivar-copa.

Seguindo a mesma tendência observada na massa seca no caule do porta-enxerto, os caules das copas (parte do caule acima da enxertia) também tiveram seu desenvolvimento reduzido com o aumento das concentrações de NaCl ($p \leq 0,05$) (Figura 1C). Exceto para a cultivar 'Haden', as demais combinações apresentaram redução linear da massa seca.

Dentre os órgãos de planta avaliados, a massa seca das folhas foi a que apresentou maior sensibilidade às concentrações de NaCl. A ordem de redução nos valores de massa seca nas folhas foi de 83,4; 92,3 e 79,7% nas cultivares 'Haden', 'Tommy Atkins' e 'Ubá', respectivamente, quando cultivadas em 45 mmol L⁻¹ NaCl (Figura 1D). Apenas os valores obtidos para 'Palmer' não apresentaram ajuste signi-

ficativo ($p > 0,05$).

O decréscimo da massa seca de folhas de plantas sob estresse salino está associado à menor taxa de emissão foliar, à menor área foliar média e à menor área foliar total da planta (RUIZ et al., 1997; CRUZ et al., 2003; ZUAZO et al., 2003). Segundo Paranychianakis e Chartzoulakis (2005), os efeitos negativos da salinidade sobre o crescimento das plantas estão associados à sua interferência nos processos de assimilação líquida de CO₂ por unidade de área foliar, de translocação de carboidratos para tecidos drenos e no desvio de fontes de energia para outros processos, tais como: ajustamento osmótico, síntese de solutos compatíveis, reparo de danos causados pela salinidade e manutenção dos processos metabólicos básicos.

A redução dos teores de N, P, K, Ca e Mg, e o aumento dos teores de Na⁺ e Cl⁻ nos tecidos foliares e radiculares das cultivares avaliadas foram significativos nas plantas submetidas ao estresse salino (Tabelas 2 e 3). Com o aumento da concentração de NaCl, com exceção para 'Tommy Atkins', os teores de nitrogênio total nas raízes e nas folhas ($p \leq 0,05$) foram reduzidos nas maiores concentrações de NaCl (Figuras 2A e 2B). Quando as plantas foram cultivadas em 45 mmol L⁻¹ NaCl, a redução no teor de nitrogênio nas folhas foi de 28,5; 16,5 e 10,7% nas cultivares 'Haden', 'Palmer' e 'Ubá', respectivamente (Figura 2A). Esses resultados corroboram os reportados por Morais et al. (2007), que observaram redução no teor de nitrogênio total foliar em cajueiro-anão, estimada em 20,0%, em meio salino (0 a 100 mmol L⁻¹ NaCl). Possivelmente, esse decréscimo no teor de nitrogênio nas folhas esteja associado a mecanismos competitivos desencadeados pelo excesso de absorção e translocação para as folhas do íon Cl⁻ (Figura 3B).

No sistema radicular, o teor de nitrogênio nas raízes apresentou decréscimos de 17,1; 9,9; 5,4 e 25,7%, respectivamente, nas cultivares 'Haden', 'Palmer', 'Tommy Atkins' e 'Ubá', quando cultivadas em 45 mmol L⁻¹ NaCl (Figura 2B). O efeito da salinidade sobre a redução da absorção de nitrogênio pelas plantas é reportado por vários autores (PESSARAKLI, 1991; AL-RAWAHY et al., 1992). Alguns autores atribuíram esta redução ao antagonismo de Cl⁻ à absorção de NO₃⁻ (BAR et al., 1997), enquanto outros atribuíram a resposta ao efeito da salinidade sobre a absorção de água (LEA-COX; SYVERTSEN, 1993). Perez-Alfocea et al. (1993) observaram correlação negativa entre a concentração de NO₃⁻ e Cl⁻ na parte aérea de plantas de tomateiro submetidas a estresse salino. Parida e Das (2004) observaram que plantas de *Bruguiera parviflora* submetidas a

estresse salino apresentaram redução na atividade da redutase do nitrato (NR) e que a redução na NR foi também acompanhada pelo decréscimo nos níveis de nitrogênio total e na absorção de NO_3^- .

Os teores de fósforo nas raízes e nas folhas apresentaram decréscimos com o aumento da concentração de NaCl ($p \leq 0,05$) (Figuras 2C e 2D). O teor de fósforo foliar em 'Palmer' e 'Ubá' decresceram 25,2 e 19,5%, respectivamente, logo na menor concentração de NaCl (15 mmol L^{-1}), após a qual apresentou menor taxa de redução nas concentrações subsequentes. A cultivar 'Haden' apresentou o maior teor de fósforo foliar (0,35 g 100 g^{-1} MS) na concentração de 14,28 mmol L^{-1} NaCl, mantendo-se estável até 30 mmol L^{-1} NaCl, após a qual ocorreu redução de 15,1% em 45 mmol L^{-1} NaCl. Os valores obtidos para 'Tommy Atkins' não apresentaram ajuste significativo ($p > 0,05$) para o teor de fósforo foliar (Figura 2C).

O sistema radicular foi o órgão da planta mais afetado pela salinidade em relação ao teor de fósforo (Figura 2D). Todas as cultivares apresentaram redução de fósforo no sistema radicular com o aumento da concentração de NaCl ($p \leq 0,05$), discordando da tendência verificada por Mirisola Filho (2003), porém concordando com a obtida por Zuazo et al. (2004).

A redução na necessidade energética e nos agentes redutores em plantas sob estresse, uma vez que apresentaram taxa fotossintética reduzida, pode estar contribuindo para o menor teor de fósforo nas folhas. Martinez e Lauchli (1994), avaliando a absorção e a distribuição de fósforo marcado (^{32}P) nas raízes de algodão cv. 'Alcala SJ-2', submetida a 10 e 150 mM de NaCl, observaram que a salinidade inibiu a absorção de fósforo. Os resultados desse estudo também mostraram uma inibição do transporte de ^{32}P dentro das raízes e das raízes para a parte aérea em plantas submetidas a estresse salino.

Para os teores de potássio nas raízes e nas folhas (exceto 'Tommy Atkins'), ocorreram decréscimos em função do aumento da salinidade ($p \leq 0,05$) (Figuras 2E e 2F). Em folhas de plantas jovens de cajueiro, Alvarez Pizarro (2006) observou decréscimo de 24,5% no clone 'CCP 09' cultivado com condutividade elétrica de 8 dS m^{-1} .

Nas raízes, o teor de potássio apresentou decréscimo acentuado a partir de 15 mmol L^{-1} NaCl. Na cultivar 'Tommy Atkins', o teor de potássio decresceu em 12,2%, enquanto nas demais cultivares o decréscimo nos teores de potássio, em relação às plantas-controle, foi mais acentuado, com valores estimados em 31,4; 25,6 e 28,1% nas cultivares 'Haden', 'Palmer' e 'Ubá', respectivamente (Figura

2F). O decréscimo do teor de potássio no sistema radicular, em função do estresse salino, foi constatado por Viana et al. (2001) em porta-enxertos de videira 'IAC-313', 'IAC-572' e '420-A' e Alvarez Pizarro (2006) em porta-enxertos de cajueiro.

A redução da absorção de potássio em plantas submetidas a estresse salino está associada ao excesso de absorção pelas raízes e o transporte para a parte aérea do íon Na^+ (Figura 3A). Por outro lado, o maior acúmulo de fósforo no caule (dados não apresentados) das plantas submetidas a estresse salino, possivelmente, está associado a um efeito da competição com o alto teor de cloreto translocado para as folhas (Figura 3B).

A concentração externa do íon Na^+ ocupou os sítios de absorção de K^+ e Mg^{+2} , e o íon Cl^- atuou nos sítios de absorção de N e P, inibindo sua absorção devido a mecanismos competitivos. Segundo Grattan e Grieve (1998), o decréscimo nos teores de potássio radicular deve-se à exposição direta das raízes à solução salina, o que provoca alterações na integridade e permeabilidade seletiva da membrana plasmática ao potássio. Ainda de acordo com Hasegawa et al. (2000), os sistemas de absorção de potássio são altamente seletivos, quando na zona radicular, e as concentrações de potássio e sódio são semelhantes. No entanto, esses transportadores perdem a capacidade seletiva quando o íon Na^+ se encontra em excesso em relação ao íon K^+ .

Os teores de cálcio variaram de acordo com a combinação copa/porta-enxerto e o órgão da planta analisado (Figuras 4A e 4B). Os teores de cálcio foliar observados em 'Haden' não apresentaram ajuste significativo ($p > 0,05$). Entretanto, na cultivar 'Palmer', ocorreu decréscimo linear do teor de cálcio foliar, enquanto em 'Ubá' este decréscimo se deu apenas a partir de 30 mmol L^{-1} NaCl, e inversamente ao que se verificou nas demais cultivares, 'Tommy Atkins' apresentou aumento de cálcio na folha em função do aumento nos níveis de salinidade (Figura 4A). Zuazo et al. (2004) observaram aumento nos teores de cálcio foliar da mangueira cultivar 'Osteen' em função do aumento da salinidade da água de irrigação. Viana et al. (2001), em videira, e Mirisola Filho (2003), em mangueira, não detectaram diferenças significativas dos teores de cálcio nas folhas do ápice, nas maioria dos porta-enxertos analisados.

Em relação ao teor de cálcio nas raízes (Figura 4B), a cultivar 'Ubá' foi a que apresentou maior decréscimo no teor de cálcio radicular (19,3%), quando submetida a 15 mmol L^{-1} NaCl. Já as cultivares 'Haden' e 'Tommy Atkins' foram mais tolerantes nesta concentração, apresentando decréscimo de 6,3 e 8,5%, respectivamente. Esses resultados estão de

acordo com os reportados por Viana et al. (2001), que observaram redução do teor de cálcio na raiz dos porta-enxertos de videira 'IAC-313' e 'IAC-766'. Segundo Hasegawa et al. (2000), o aumento da salinidade reduz a concentração de cálcio na planta. O influxo deste elemento pelas raízes é reduzido porque o excesso de sódio inibe o movimento radial de cálcio da solução externa para o xilema das raízes, bem como influencia negativamente a troca de cátions nos sítios do apoplasto. Segundo Bernstein (1975), a absorção de Ca^{+2} do substrato pode ser reduzida por causa das interações iônicas, precipitação e aumento na força iônica. Esses fatores reduzem a atividade do Ca^{+2} na solução e, conseqüentemente, sua disponibilidade para a planta.

Os teores de magnésio nas folhas e nas raízes foram reduzidos ($p \leq 0,05$) em todas as combinações copa/porta-enxerto avaliados (Figuras 4C e 4D). O teor de magnésio radicular apresentou decréscimo de 29,2% na cultivar 'Ubá', em 15 mmol L⁻¹ NaCl. Já nas cultivares 'Haden', 'Palmer' e 'Tommy Atkins', o decréscimo nesta concentração de NaCl foi menor (0,0; 6,4 e 8,5%, respectivamente). No entanto, em 45 mmol L⁻¹ NaCl, o decréscimo do teor de magnésio nas raízes foi mais pronunciado (16,8% em 'Haden', 19,4% em 'Palmer', 25,6% em 'Tommy Atkins' e 33,1% em 'Ubá'). Esses resultados seguiram a tendência dos obtidos por Zuazo et al. (2004), analisando o teor de magnésio em raízes de porta-enxertos de mangueira submetidos a estresse salino.

TABELA 1 - Resumo das análises de variância da massa seca de raízes (MSR), massa seca do caule do porta-enxerto (MSCP), massa seca do caule da cultivar-copa (MSCC), massa seca de folhas (MSF) e massa seca total (MST) das cultivares 'Haden', 'Palmer', 'Tommy Atkins' e 'Ubá', enxertadas sobre o porta-enxerto 'Imbu' e submetidas a estresse salino.

Fonte de variação	GI	Quadrado Médio				
		MSR	MSCP	MSCC	MSF	MST
Bloco	4	6,97 ^{ns}	38,71*	1,08 ^{ns}	27,74 ^{ns}	33,68 ^{ns}
NaCl	3	39,43*	102,39*	7,19*	199,58*	964,56*
Cultivar	3	109,19*	307,40**	37,60*	85,96*	1388,55*
NaClxCultivar	9	25,36 ^{ns}	30,23*	2,31 ^{ns}	24,84 ^{ns}	157,47 ^{ns}
Resíduo	60	15,49	12,65	2,38	17,68	104,65
CV(%)		22,81	18,63	26,28	84,02	21,57

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} não significativo.

TABELA 2 - Resumo das análises de variância dos teores de nitrogênio (N-total), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na) e cloreto (Cl) na massa seca de raízes do porta-enxerto 'Imbu', enxertado com as cultivares 'Haden', 'Palmer', 'Tommy Atkins' e 'Ubá', submetidas a estresse salino.

Fonte de variação	GI	Quadrado Médio						
		N-total	P	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	Cl ⁻
Bloco	4	0,09 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,01 ^{ns}	2,0e+5 ^{ns}	0,01 ^{ns}
NaCl	3	0,35**	0,13**	1,02**	0,68**	0,04*	7,7e+6**	0,98**
Cultivar	3	0,07 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,02*	2,8e+5*	0,06*
(NaClxCultivar)	9	0,08*	0,02 ^{ns}	0,08*	0,05 ^{ns}	0,02*	9,5e+5 ^{ns}	0,02*
Resíduo	60	0,04	0,01	0,03	0,03	0,01	7,8e+5	0,01
CV(%)		10,99	21,42	15,68	9,93	14,69	29,17	19,37

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} não significativo.

TABELA 3 - Resumo das análises de variância dos teores de nitrogênio total (N-total), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na) e cloreto (Cl) na massa seca de folhas das cultivares ‘Haden’, ‘Palmer’, ‘Tommy Atkins’ e ‘Ubá’, enxertadas sobre o porta-enxerto ‘Imbu’ e submetidas a estresse salino.

Fonte de variação	Gl	Quadrado Médio						
		N-total	P	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	Cl ⁻
Bloco	4	0,09 ^{ns}	0,05*	0,43 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,05 ^{ns}	5,6e+6 ^{ns}	0,12 ^{ns}
NaCl	3	0,47**	0,01 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,04*	1,3e+7**	10,77**
Cultivar	3	0,03 ^{ns}	0,04*	1,04*	0,74*	0,01 ^{ns}	1,3e+5*	0,13 ^{ns}
(NaClxCultivar)	9	0,12*	0,01*	0,27*	0,25*	0,03*	7,9e+6 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Resíduo	60	0,04	0,01	0,13	0,10	0,01	4,0e+6	0,05
CV(%)		8,85	28,05	25,19	14,41	23,7	25,62	26,66

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} não significativo.

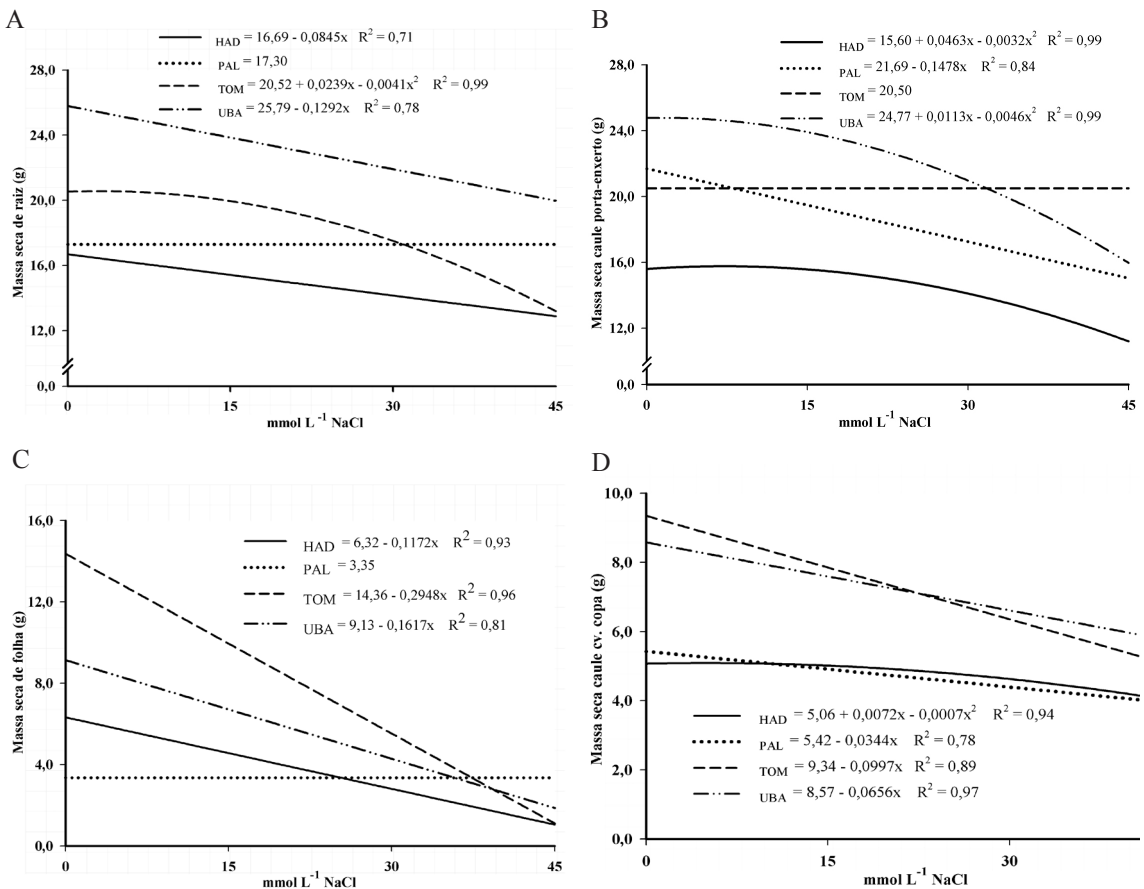
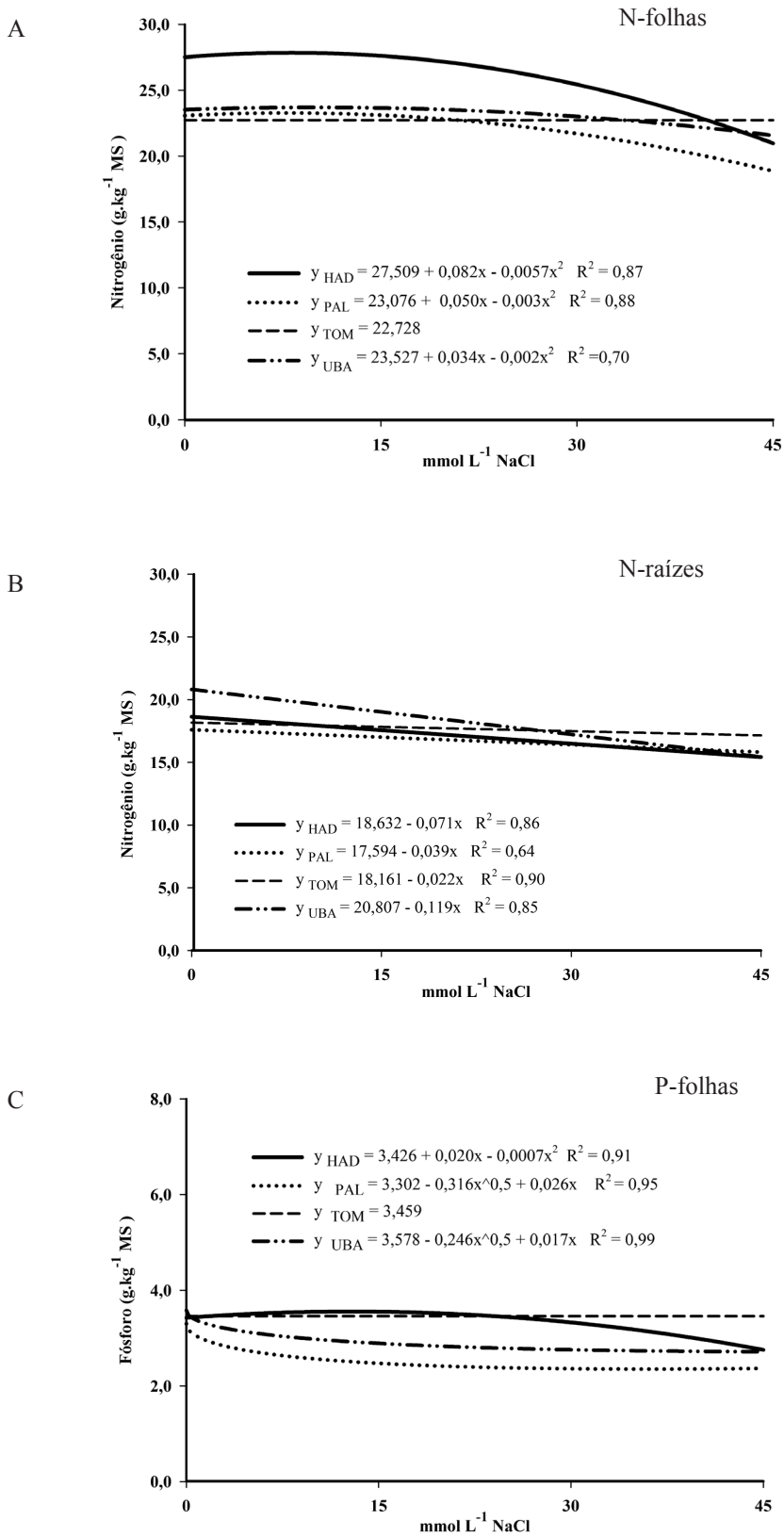


FIGURA 1 - Massa seca (expressos em gramas) de raízes (A), de caule do porta-enxerto (B), de caule da cultivar-copa (C) e de folhas (D) das cultivares de mangueiras ‘Haden’ (HAD), ‘Palmer’ (PAL), ‘Tommy Atkins’ (TOM) e ‘Ubá’ (UBA), enxertadas sobre o porta-enxerto ‘Imbu’, cultivadas em solução nutritiva e submetidas a estresse salino.



continua...

continuação...

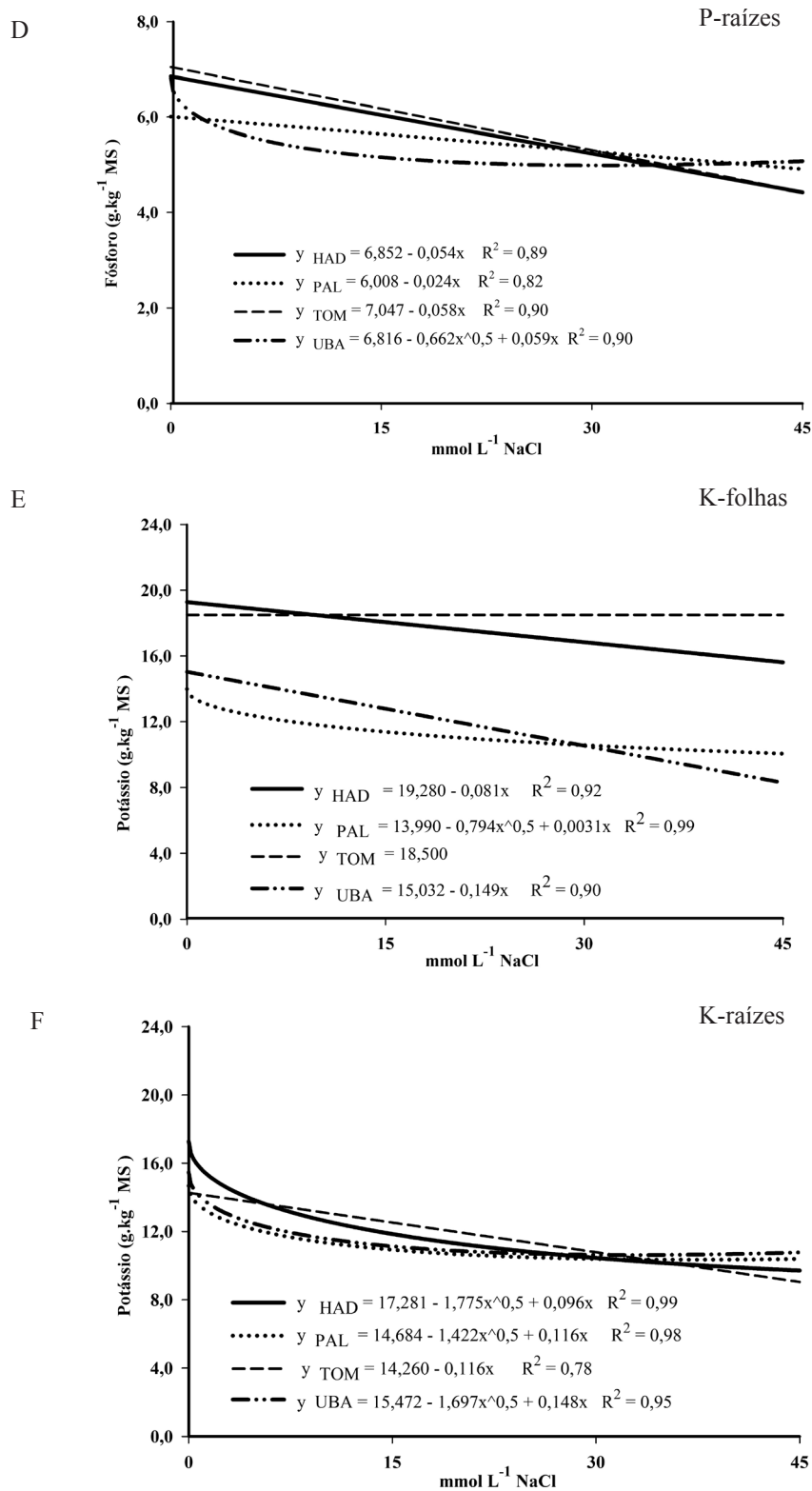


FIGURA 2 - Teor de nitrogênio total, fósforo e potássio na massa seca de folhas (Figuras A, C e E) e de raízes (Figuras B, D e F) das cultivares de mangueiras ‘Haden’ (HAD), ‘Palmer’ (PAL), ‘Tommy Atkins’ (TOM) e ‘Ubá’ (UBA), enxertadas sobre o porta-enxerto ‘Imbu’, cultivadas em solução nutritiva e submetidas a estresse salino.

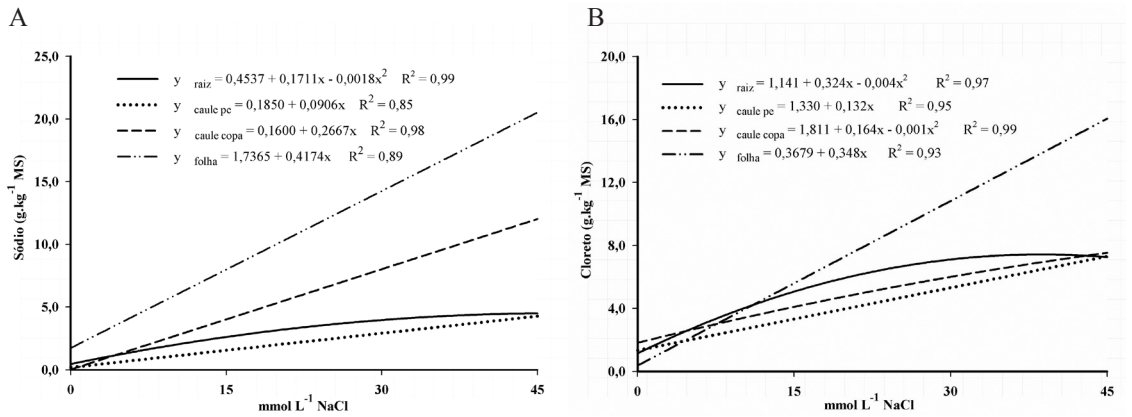
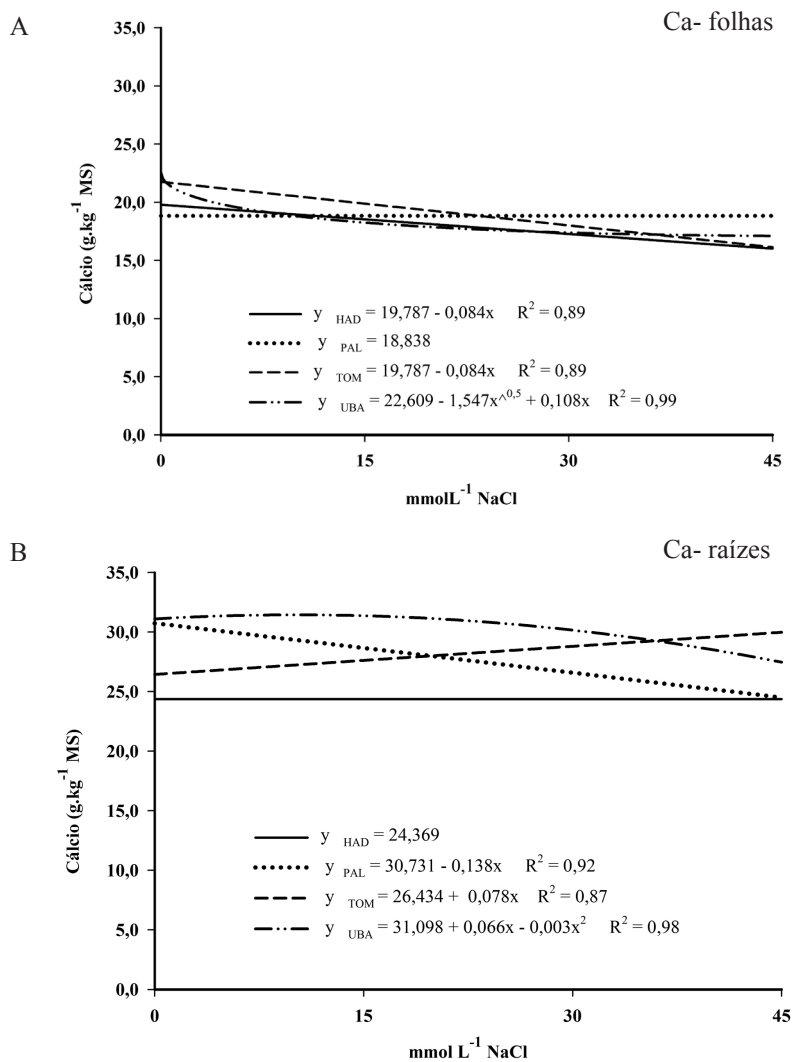


FIGURA 3 - Teor de sódio (A) e cloreto (B) (em $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ MS) nas raízes (raiz), caule do porta-enxerto (caule pe), caule da cultivar-copa (caule copa) e folhas (folha) da cultivar ‘Tommy Atkins’, enxertadas sobre o porta-enxerto ‘Imbu’, cultivadas em solução nutritiva e submetidas a estresse salino.



continua...

continuação...

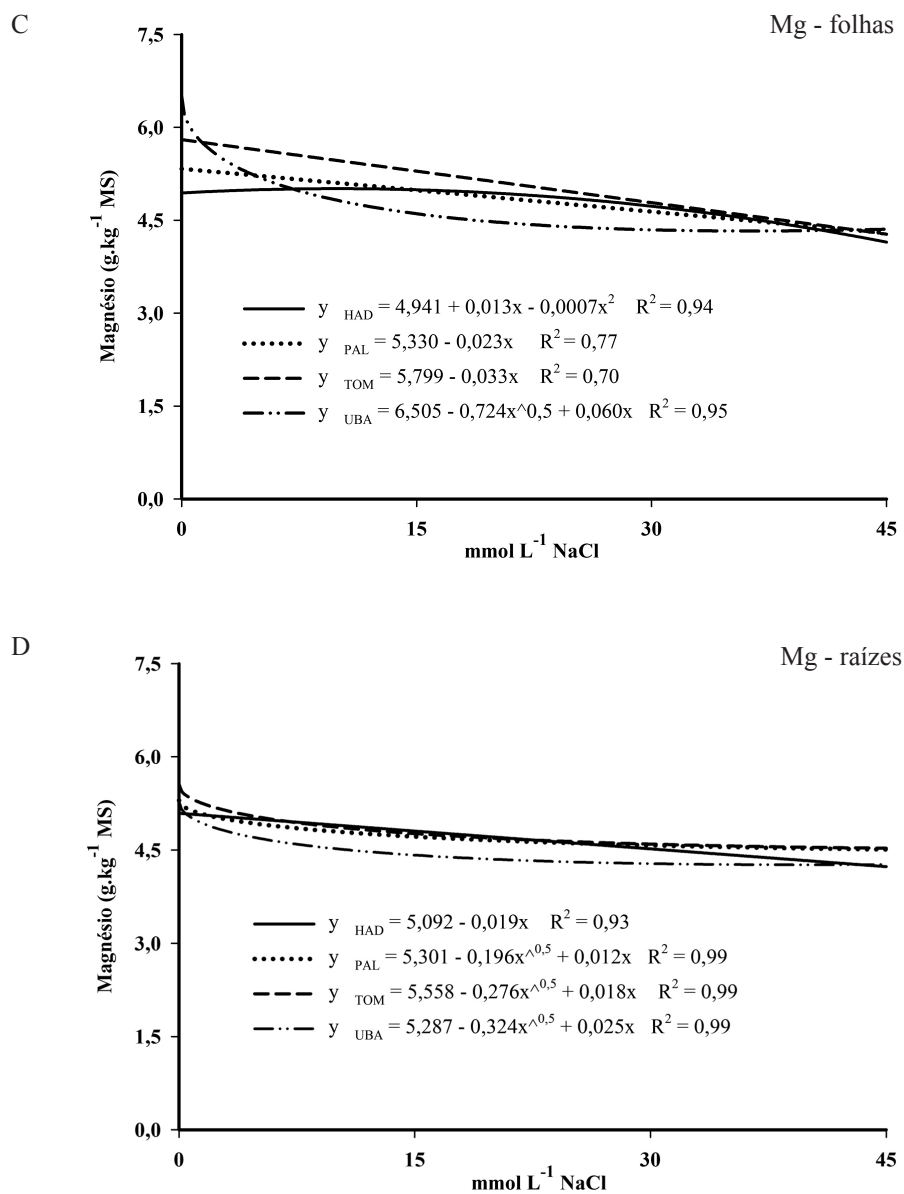


FIGURA 4 - Teor de cálcio e magnésio na massa seca de folhas (Figuras A e C) e de raízes (Figuras B e D) das cultivares de mangueiras ‘Haden’ (HAD), ‘Palmer’ (PAL), ‘Tommy Atkins’ (TOM) e ‘Ubá’ (UBA), enxertadas sobre o porta-enxerto ‘Imbu’, cultivadas em solução nutritiva e submetidas a estresse salino.

CONCLUSÕES

1 - As cultivares de mangueira avaliadas, exceto a cultivar 'Palmer', apresentam redução da massa seca de todas as partes da planta analisada, quando submetidas às concentrações maiores que 15 mmol L⁻¹ NaCl.

2 - A absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio é reduzida pelo excesso dos íons Na⁺ e Cl⁻, sendo observados menores teores desses nutrientes, principalmente nas folhas das plantas.

3 - A concentração externa do íon Na⁺ ocupa os sítios de absorção de K⁺ e Mg⁺², e o íon Cl⁻ atua nos sítios de absorção de N e P, inibindo sua absorção devido a mecanismos competitivos.

REFERÊNCIAS

- AL-RAWAHY, S. A.; STROEHLEIN, J. L.; PES-SARAKLI, M. Dry matter yield and nitrogen-15, Na⁺, Cl⁻, and K⁺ content of tomatoes under sodium chloride stress. **Journal of Plant Nutrition**, Athens, 1997.
- ALVAREZ PIZARRO, J. C. **Caracteres fisiológicos e bioquímicos da tolerância à salinidade em clones de cajueiro anão-precoce**. 2006. 135 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A. **Qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado 1).
- BAR, Y.; APELBAUM, A.; KAFKAFI, U.; GOREN, R. Relationship between chloride and nitrate and its effect on growth and mineral composition of avocado and citrus plants. **Journal of Plant Nutrition**, Athens, v.20, n.6, p.715-731, 1997.
- BERNSTEIN, L. Effects of salinity and sodicity on plant growth. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v.13, n.1, p.295-312, 1975.
- BLUMWALD, E.; AHARON, G. S.; APSE, M. P. Sodium transport in plant cells. **Biochimica et Biophysica Acta**, Alberta, v.1465, n.1-2, p.140-151, 2000.
- CRUZ, J. L.; PELACANI, C. P.; SOARES FILHO, W. S.; CASTRO NETO, M. T.; COELHO, E. F.; DIAS, A. T.; PAES, R. A. Produção e partição de matéria seca e abertura estomática do limoeiro 'Cravo' submetido a estresse salino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3 p. 528-531, 2003.
- CUARTERO, J.; FERNÁNDEZ-MUÑOZ, R. Tomato and salinity. **Scientia Horticulturae**, The Hague, v.78, n.1-4, p.83-125, 1999.
- GRATTAN S. R.; GRIEVE, C. M. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, The Hague, v.78, n.1, p.127-157, 1998.
- HASEGAWA, P. M.; BRESSAN, R. A.; ZHU, J. K.; BOHNERT, H. J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.51, n.1, p.463-499, 2000.
- HECK, R. J.; TIESSEN, H.; SALCEDO, I. H.; SANTOS, M. C. Soil chemical changes under irrigated mango production in the central São Francisco river valley, Brazil. **Journal of Environmental Quality**, Riverside, v.32, n.4, p.1414-1421, 2003.
- LEA-COX, J. D.; SYVERTSEN, J. P. Salinity reduces water use and nitrate-N-use efficiency of citrus. **Annals of Botany**, London, v.72, n.1, p.47-54, 1993.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.
- MARTINEZ, V.; LAUCHLI, A. Salt-induced inhibition of phosphate uptake in plants of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) **New Phytologist**, Lancaster, v.126, n.4, p.609-614, 1994.
- MIRISOLA FILHO, L. A. **Tolerância de sete cultivares de mangueira ao estresse salino**. 2003. 129 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- MORAIS, D. L.; VIÉGAS, R. A.; SILVA, L. M. M.; LIMA JR., A. R.; COSTA, R. C. L.; ROCHA, I. M. A.; SILVEIRA, J. A. G. Acumulação de íons e metabolismo de N em cajueiro anão em meio salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.2, p.125-133, 2007.

- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v.59, n.1, p.651-681, 2008.
- PARANYCHIANAKIS, N. V.; CHARTZOULAKIS, K. S. Irrigation of mediterranean crops with saline water: from physiology to management practices. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Zürich, v.106, n.2-3, p.171-187, 2005.
- PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Effects of NaCl stress on nitrogen and phosphorous metabolism in a true mangrove *Bruguiera parviflora* grown under hydroponic culture. **Journal of Plant Physiology**, Irvine, v.161, n.8 p.921-928, 2004.
- PÉREZ-ALFOCEA, F.; ESTAÑ, 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**, Slezská, v.68, n.6, p.1021-1027, 1993.
- PESSARAKLI, M. Dry matter yield, nitrogen-15 absorption, and water uptake by green bean under sodium chloride stress. **Crop Science**, Madison, v.31, n.6, p.1633-1640, 1991.
- RUIZ, D.; MARTÍNEZ, V.; CERDÁ, A. Citrus response to salinity: growth and nutrient uptake. **Tree Physiology**, Victoria, v.17, n.3, p.141-150, 1997.
- SANTOS, J. R.; SOUZA, R. F. Efeito do estresse salino no desenvolvimento inicial de mangueira (*Mangifera indica* L.). **Magistra**, Cruz das Almas, v.15, n.1, p.15-21, 2003.
- TEERARAK, M.; BHINIJA, K.; THITAVASANTA, S.; LAOSINWATTANA, C. The impact of sodium chloride on root growth, cell division, and interphase silver-stained nucleolar organizer regions (AgNORs) in root tip cells of *Allium cepa* L. **Scientia Horticulturae**, The Hague, v.121, n.2, p.228-232, 2009.
- UFV - Universidade Federal de Viçosa. **Sistema de análises estatísticas e genéticas - SAEG**. Versão 8.0. Viçosa: Editora UFRV, 2000. 142 p.
- VIANA, A. P.; BRUCKNER, C. H.; MARTINEZ, H. E. P.; HUAMAN, C. A. M.; MOSQUIM, P. R. Características fisiológicas de porta-enxertos de videira em solução salina. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.1, p.139-143, 2001.
- ZUAZO, V. H. D.; MARTÍNEZ-RAYA, A.; RUIZ, J. A.; TARIFA, D. F. Impact of salinity on macro and micronutrient uptake in mango (*Mangifera indica* L. cv. Osteen). **Spanish Journal of Agricultural Research**, Madrid, v.2, n.1, p.121-133, 2004.
- ZUAZO, V. H. D.; PLEGUEZUELO, C. R. R.; TARIFA, D. F. Fruit yield, growth and leaf-nutrient status of mangoes grafted on two rootstocks in a marginal growing area (South-East Spain). **Fruits**, Paris, v.61, n.3, p.163-170, 2006.
- ZUAZO, V. H. D.; RAYA, A. M.; RUIZ J. A. Salt tolerance of mango rootstocks (*Magnifera indica* L. cv. Osteen). **Spanish Journal of Agricultural Research**, Madrid, v.1, n.1, p.67-78, 2003.