

Atributos químicos do solo irrigado com águas salinas e uso de mitigadores do estresse salino no maracujazeiro amarelo



Thiago Jardelino Dias ^[1], José Lucínio de Oliveira Freire ^[2], Lourival Ferreira Cavalcante ^[3], Everaldo Silva do Nascimento ^[4], Luana Apoena Dantas ^[5], Murielle Magda de Medeiros Dantas ^[6]

[1] thiago@cchsa.ufpb.br. [2] lucinio@folha.com.br. [3] lofeca@cca.ufpb.br. [4] everaldosn@hotmail.com. [5] luanaapoena2007@gmail.com. [6] murielle.medeiros55@gmail.com.

RESUMO

O experimento foi conduzido entre os meses de setembro de 2009 e abril de 2010 no município de Remígio, PB, para avaliar alterações de atributos químicos do solo sob irrigação de água salina no maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis*) associada a técnicas de mitigação da salinidade. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, esquema fatorial 2 x 2 x 2, referente à irrigação com água não salina (0,5 dS m⁻¹) e salina (4,5 dS m⁻¹), sem e com biofertilizante bovino, sem e com cobertura morta, com três repetições, em recipientes utilizados como lisímetros de pressão, com 130 dm³ de volum. Foram analisadas as variáveis químicas pH da solução do solo, teores de Cálcio e Magnésio, acidez potencial do solo (H⁺ Al³⁺) e a relação Ca²⁺/Mg²⁺ no solo. A aplicação de cobertura morta não mitigou os efeitos da salinidade da água sobre os atributos químicos do solo. O uso de biofertilizantes no solo irrigado com água salina aumentou o pH da solução do solo, os teores de cálcio, magnésio e a relação cálcio/magnésio, com ou sem cobertura mortas.

Palavras-chave: Biofertilizante. Condutividade elétrica. Baixa produtividade. Estresse.

ABSTRACT

*The experiment was conducted between the months of September 2009 and April 2010 in the municipality of San Remigio, PB, to assess changes in soil chemical properties under saline water irrigation in yellow passion fruit (*Passiflora edulis*) associated with salinity mitigation techniques. The experimental design was a randomized block, factorial 2 x 2 x 2, related to irrigation with non-saline water (0.5 dS m⁻¹) and saline (4.5 dS m⁻¹), with and without bovine biofertilizer with and without mulch with three repetitions in containers used as pressure lysimeters, with 130 dm³ of volum. Chemical variables pH of the soil solution was analyzed, calcium and magnesium content, soil potential acidity (H⁺ Al³⁺) and the relationship Ca²⁺ / Mg²⁺ in the soil. Applying mulch not mitigated the effects of salinity on soil chemical properties. The use of bio-fertilizers in the soil irrigated with saline water increased the pH of the soil solution, the contents of calcium, magnesium and the calcium / magnesium, with or without mulch.*

Keywords: Biofertilizers. Electrical conductivity. Low productivity. Stress.

1 Introdução

O maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Sims Deg.) é cultivado em quase todo o território nacional. Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial dessa espécie, com área colhida de 50.793 hectares, produção de 718.798 toneladas e produtividade média de 14,15 toneladas/ha (IBGE, 2010).

Na região semiárida do Nordeste brasileiro, o manejo da cultura depende da irrigação, em muitos casos com o uso de água com alto teor de sais (GUILHERME *et al.*, 2005), o que pode induzir modificações fisiológicas e comprometer o crescimento e desenvolvimento da planta. Para Cavalcante *et al.* (2006), nessa região, além de variabilidade espaço-temporal das chuvas, a qualidade da água muitas vezes limita a capacidade produtiva de muitas culturas, inclusive a do maracujazeiro amarelo, principalmente quando o solo não possui condições físicas para lixiviação e aeração suficiente à expansão radicular.

A salinidade é um estresse abiótico limitante do crescimento e produtividade das plantas em todo o mundo. No maracujazeiro amarelo, são relatados reflexos negativos decorridos da irrigação de plantas com água de diferentes níveis de salinidade na germinação de sementes (MEZA; ARIZALETA; BAUTISTA, 2007). Embora a irrigação seja uma ferramenta de manejo que contribua para ganhos quantitativos e qualitativos no cultivo do maracujazeiro amarelo, em razão de incrementos na produtividade, uniformidade, continuidade de produção e melhorias nos atributos externos e internos dos frutos (FREIRE *et al.*, 2010a), para Cavalcante *et al.* (2003), a inconveniência da sensibilidade das culturas aos sais da água e do solo evidencia a necessidade de pesquisas que tenham como meta a obtenção de tecnologias viáveis para os produtores e que possam minimizar os efeitos deletérios da salinidade às plantas, já que é quase inevitável a utilização de águas salinas na agricultura em regiões semiáridas.

A utilização de biofertilizante produzido a partir da fermentação anaeróbica do esterco bovino fresco, com o intuito de reduzir os efeitos depressivos da salinidade da água ou do solo, é uma possibilidade testada nos últimos anos para minimizar os problemas de salinização dos solos e proporcionar o uso de águas salinas na agricultura irrigada. Campos *et al.* (2007) verificaram que o uso do biofertilizante bovino, semelhantemente ao observado por Sousa *et al.*

(2008) e Rebequi *et al.* (2009), respectivamente maracujazeiro amarelo e limão-cravo, reduziu os efeitos negativos da salinidade da água nos componentes de crescimento das plantas. Já Freire *et al.* (2010a) relataram os efeitos positivos do biofertilizante bovino e da cobertura morta na qualidade pós-colheita do maracujazeiro amarelo irrigado com águas de baixa e alta salinidade.

Diante dessa situação, faz-se necessário adotar técnicas mitigadoras que reduzem os efeitos da salinidade, durante o crescimento do maracujazeiro amarelo, na heterogeneidade vegetativa, no rendimento e na qualidade de produção.

Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar alterações de atributos químicos do solo sob irrigação de água salina no maracujazeiro amarelo associada a técnicas para redução dos efeitos depressivos da salinidade às plantas.

2 Material e métodos

O experimento foi conduzido no período de setembro de 2009 a abril de 2010, no município de Remígio, PB, inserido na Mesorregião do Agreste Paraibano e na Microrregião do Curimataú Ocidental (INTERPA, 2008). O clima no município, segundo Köppen, é do tipo As, quente e seco. A umidade relativa do ar varia de 70 a 80% e a temperatura média anual é 24°C (DINIZ, 2009). O período de pluviosidade decorre de março ou abril até julho ou agosto. A pluviosidade total do período experimental foi de 166 mm.

Os fatores em estudo consistiram em irrigação com água de baixa (0,5 dS m⁻¹) e alta (4,5 dS m⁻¹) salinidade, em recipientes plásticos utilizados como lisímetros de pressão, sem e com aplicação de biofertilizante bovino comum e sem cobertura morta. A água de menor condutividade elétrica era proveniente de uma fonte superficial da propriedade Macaquinhos, em Remígio, PB. Semanalmente, procedia-se à diluição de uma água de salinidade elevada (CE de 9,50 dS m⁻¹), oriunda do açude Jacaré, localizado no município de Remígio, PB, para obtenção do nível de salinidade da água dos tratamentos com água salina, conforme procedimentos de Cavalcante *et al.* (2005).

O biofertilizante bovino foi obtido a partir da fermentação anaeróbica do esterco bovino fresco misturado com água não clorada, na proporção de 1:1 (100 dm³ de cada componente), em recipiente com capacidade para 240 dm³, hermeticamente fechado, por um período mínimo de 30 dias, quando

o pH foi de, aproximadamente, 7,0 (SANTOS; AKIBA, 1996). Para a liberação do gás metano produzido pela fermentação, foi conectada a extremidade de uma mangueira fina na extremidade superior do biodigestor, mantendo a outra submersa em um recipiente com água para evitar a entrada de ar.

2.1 Variáveis analisadas

Na floração das plantas, aos 117 dias após o transplante, foram coletadas amostras simples deformadas de solo, nos quatro quadrantes dos recipientes plásticos utilizados como lisímetros de pressão, à profundidade de 0 a 20 cm, para formação de uma amostra composta por parcela. O material foi colocado em sacos de polietileno etiquetados e enviado para análises de fertilidade. Quanto à fertilidade do solo, as variáveis químicas analisadas foram: pH da solução do solo, teores de cálcio e magnésio, a acidez potencial do solo $H^+ + Al^{3+}$ e a relação Ca^{2+}/Mg^{2+} no solo.

Os resultados obtidos foram submetidos às análises de variância pelo teste de F e à comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, conforme Banzatto e Kronka (2006), utilizando-se o Programa SAS STAT®.

3 Resultados e discussão

3.1 Acidez potencial do solo ($H^+ + Al^{3+}$)

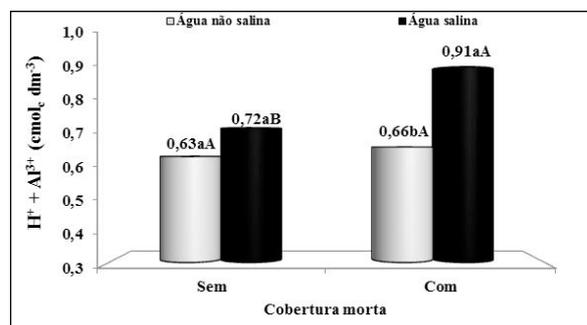
Os teores de $H^+ + Al^{3+}$, que expressam a acidez potencial do solo, foram influenciados pelas fontes de variação “salinidade da água de irrigação” x “cobertura morta no solo”, com 5% de significância (Figura 1).

Como pode ser observado na Figura 1, não se verificou diferença significativa entre os tratamentos com água não salina, sem e com cobertura morta, com teores de $H^+ + Al^{3+}$ no solo entre 0,63 e 0,66 $cmol_c\ dm^{-3}$. Com água salina, a aposição da cobertura morta elevou significativamente os teores da acidez potencial, em 37,8%; entretanto, reduções nos teores desses elementos em trabalhos com técnicas de cobertura morta no solo com resíduos vegetais foram verificadas por Paes *et al.* (1996) e Theodoro *et al.* (2003).

Rodolfo Júnior (2007) não observou modificações químicas na acidez potencial do solo cultivado com maracujazeiro amarelo e adubação mineral, enquan-

to Nascimento (2010) verificou aumento dos teores de $H^+ + Al^{3+}$ em solos irrigados com água de boa qualidade e biofertilizante bovino.

Figura 1 – Teores de $H^+ + Al^{3+}$ em solos cultivados com maracujazeiro amarelo, no estágio de floração, irrigado com água não salina e salina, sem e com cobertura morta.

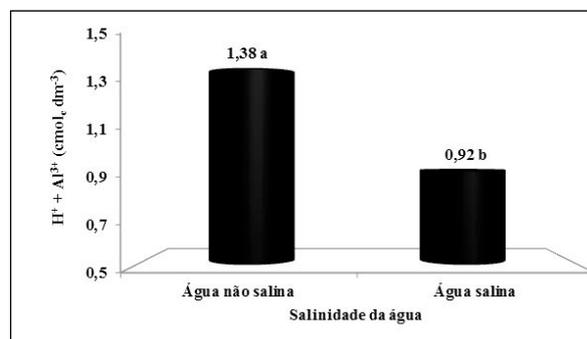


Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas entre condições de salinidade da água x sem ou com cobertura morta e maiúsculas nas interações da mesma salinidade da água x sem e com cobertura morta, não diferem entre si pelo teste F ($P > 0,05$). DMS = 0,19

No final do experimento, a acidez potencial do solo foi influenciada a 1% de probabilidade pelo fator salinidade da água.

Na Figura 2, verifica-se que a acidez potencial do solo nos tratamentos com água salina foi inferior à dos tratamentos com água de baixa salinidade, apresentando valores médios de 0,92 $cmol_c\ dm^{-3}$, possivelmente em decorrência dos maiores valores de pH do solo observados no fator isolado para este nível de salinidade da água.

Figura 2 – Teores de $H^+ + Al^{3+}$ no final do experimento em solos cultivados com maracujazeiro amarelo irrigado com água não salina e salina.



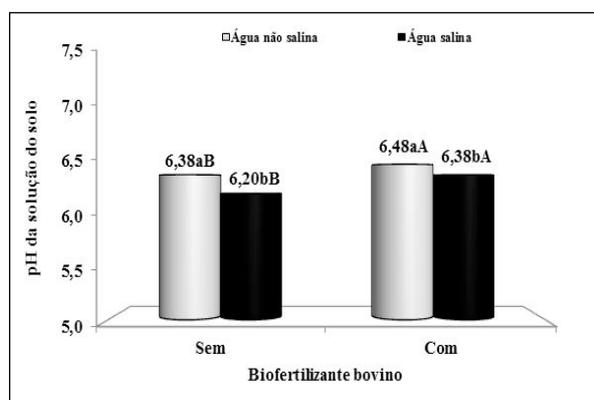
Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste F ($P > 0,05$). DMS = 0,21.

Garcia *et al.* (2008) não observaram influência da salinidade da água de até 10 dS m⁻¹ na acidez potencial em diferentes classes de solos. Em avaliações da fertilidade de um Latossolo Vermelho Amarelo, eutrófico, cultivado com maracujazeiro amarelo em covas com biofertilizante e adubação mineral, Nascimento (2010) observou que, nos tratamentos com água não salina e salina, respectivamente, os valores de H⁺+Al³⁺ foram de 1,44 e 0,96 cmol_c dm⁻³, semelhantes aos deste trabalho.

3.2 pH do solo

Como pode ser verificado na Figura 3, o pH do solo irrigado com água de condutividade elétrica mais elevada foi inferior ao dos solos tratados com água de baixa salinidade, com valores respectivos de 6,20 e 6,38. Segundo Freitas *et al.* (2007) e Pessoa (2009), o aumento do conteúdo iônico da água de irrigação reduz o pH da solução do solo, provavelmente em função do incremento de cloreto de cálcio, que induz à substituição de ânions como carbonatos e bicarbonatos e promove a elevação da concentração de H⁺ na referida solução. Garcia *et al.* (2008) não observaram alterações nos valores de pH do solo com o aumento da salinidade da água de irrigação.

Figura 3 – Valores de pH da solução do solo em função da aplicação de água não salina e salina em substratos sem e com biofertilizante comum cultivados com maracujazeiro amarelo na época de floração.



Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas entre condições de salinidade da água x sem ou com biofertilizante e maiúsculas nas interações da mesma salinidade da água x sem e com biofertilizante, não diferem entre si pelo teste F ($P > 0,05$). DMS = 0,09

No solo dos tratamentos com água de baixa salinidade, a adição do insumo orgânico elevou o pH inicial do solo no experimento de 6,27 para 6,48,

na época da floração do maracujazeiro amarelo. De acordo com Mitchel e Tu (2006), a adição de insumos orgânicos ao solo poderá elevar o pH do solo.

Nos tratamentos com água salina e aplicação do biofertilizante bovino, foram registrados acréscimos de 0,11 unidades ao pH inicial do substrato. As elevações dos valores de pH nos tratamentos com biofertilizante bovino podem estar associadas às reduções e incrementos nos teores de matéria orgânica no substrato e H⁺ + Al³⁺.

Jiménez *et al.* (2004) afirmam que a elevação do teor de carbono orgânico, que atua como um regulador, inativa o H⁺ e aumenta o pH do solo tratado com insumos orgânicos. Silva *et al.* (2008) conduziram experimentos utilizando o esterco líquido de bovinos no solo e verificaram elevações do pH e nos teores de cálcio e magnésio, suficientes para o equilíbrio nutricional do maracujazeiro amarelo.

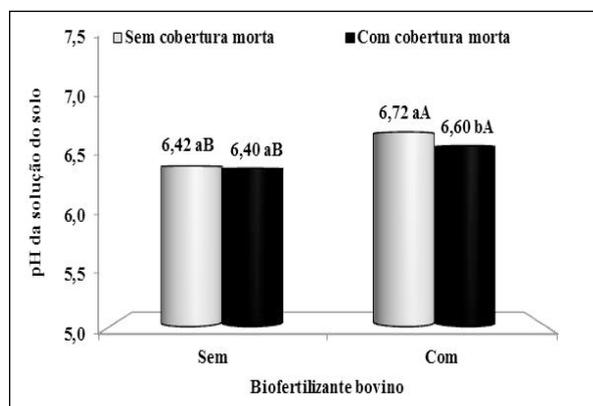
Sousa *et al.* (2008), avaliando o aspecto salino do substrato com biofertilizante na formação de mudas do maracujazeiro amarelo irrigado com águas salinas, verificaram que, nos tratamentos com o biofertilizante, o pH dos substratos diminuiu com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação. Na observação dos efeitos da salinidade da água de irrigação e do esterco bovino líquido fermentado na formação de mudas de goiabeira Paluma, Cavalcante *et al.* (2010) verificaram redução no pH do solo com o aumento da condutividade elétrica da água e elevação de 5,98 para 6,32 com a aplicação do biofertilizante.

Para Theodoro *et al.* (2003), o acúmulo de ânions orgânicos aumenta o consumo de H⁺, liberado na rizosfera em resposta à absorção de NH₄⁺ e de H⁺ produzido pela oxidação de NH₄⁺ ou R-NH₂ a NO₃⁻. Jiménez *et al.* (2004) afirmam que a elevação do teor de carbono orgânico – e, conseqüentemente, do teor de matéria orgânica no solo – é responsável pela inativação do íon H⁺ nos solos tratados com insumos orgânicos. Pires *et al.* (2008), comparando os efeitos de fontes orgânicas e minerais nas características químicas de um Neossolo Flúvico Psamítico cultivado com maracujazeiro amarelo e irrigado com água de boa qualidade, verificaram diminuição da acidez potencial em decorrência do aumento do pH do solo.

Independentemente da proteção superficial do solo com a cobertura morta, a aplicação do biofertilizante a cada 90 dias (3 aplicações) elevou o pH (Figura 4). No solo com cobertura morta, o biofertilizante exerceu os efeitos mais expressivos no aumento do pH (5,0%), que foi elevado de 6,40 para

6,72. A cobertura morta elevou o pH médio do solo em 0,12 unidades.

Figura 4 – Valores de pH da solução do solo cultivado com maracujazeiro amarelo no final do experimento, sem e com biofertilizante bovino e cobertura morta.



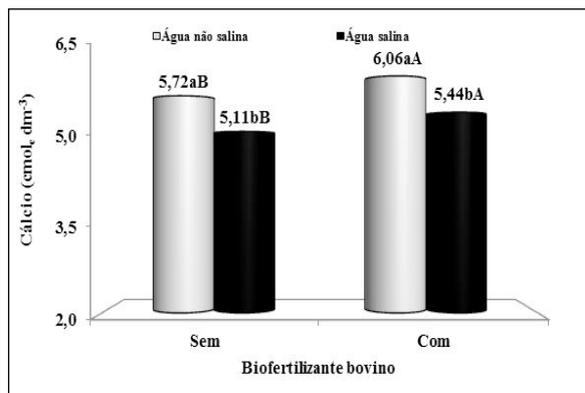
Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas entre condições de cobertura morta x sem ou com biofertilizante e maiúsculas nas interações do mesmo tipo de condição de cobertura morta x sem e com biofertilizante não diferem entre si pelo teste F ($P > 0,05$). DMS = 0,10

Segundo Materechera e Mkhabela (2002), os modos pelos quais os materiais orgânicos adicionados ao solo interferem no pH resultam da interação de diversos fatores. Para esses autores, com a decomposição e mineralização dos insumos orgânicos, observa-se a descarboxilação dos ânions orgânicos, a quelatação de Al^{3+} , o consumo de prótons e a liberação de CO_2 e íons hidroxila, resultando no aumento do pH do solo. Oliveira *et al.* (2009) afirmam que o aumento de pH pode ser decorrente da adição de cátions trocáveis, de ânions e da alteração na ciclagem de nutrientes mediante a adição do efluente orgânico. Para Haynes e Mokolobate (2001), a decomposição da matéria orgânica contida no biofertilizante poderá liberar amônia e íons hidroxila, aumentando significativamente o pH do solo.

3.3 Cálcio no solo

Percebe-se, na Figura 5, que o uso do biofertilizante bovino proporcionou acréscimos nos teores de cálcio no solo à época da floração do maracujazeiro amarelo nas condições de irrigação com água salina e não salina.

Figura 5 – Valores de cálcio no solo em função da aplicação de água não salina e salina em substratos sem e com biofertilizante comum cultivados com maracujazeiro amarelo à época da floração.



Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas entre condições de salinidade da água x sem ou com biofertilizante e maiúsculas nas interações da mesma salinidade da água x sem e com biofertilizante, não diferem entre si pelo teste F ($P > 0,05$). DMS = 0,26

Nos tratamentos com água de baixa salinidade, sem biofertilizante, os teores de cálcio foram de $5,72 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, superiores em $0,61 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (11,9%) aos verificados no solo com água salina. Possivelmente, a salinidade promoveu a dispersão do material constituinte do substrato, contribuindo para maior lixiviação de bases trocáveis na suspensão drenada de maior condutividade elétrica, resultando em menores valores de cálcio nos solos tratados com água salina. Diferentemente, dados médios apresentados por Costa *et al.* (2008) indicaram que não se observou efeito significativo no teor de cálcio do solo com o incremento da salinidade da água.

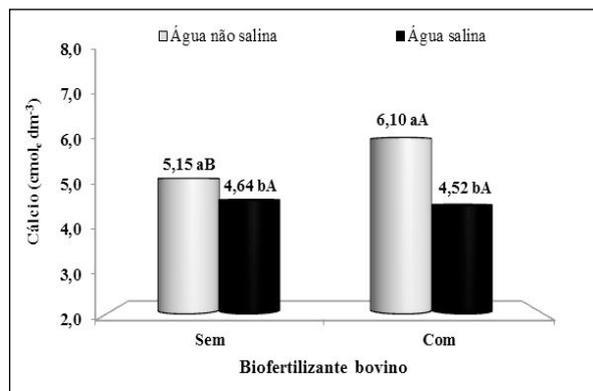
A aplicação do biofertilizante elevou os teores de cálcio no solo de forma mais expressiva nos tratamentos com água salina, com acréscimos de 6,4%. Rodrigues *et al.* (2008), em estudos sobre a fertilidade de um solo cultivado com maracujazeiro amarelo tratado com biofertilizante supermagro, verificaram aumentos de 2,45 para $3,82 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ no solo.

Comparativamente, o solo irrigado com água não salina e com biofertilizante apresentou teores de cálcio 11,4% superiores aos tratamentos com água salina e com o insumo orgânico, sendo os teores elevados de 5,11 para $5,44 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Com isso, verificaram-se os mesmos efeitos ocorridos nos tratamentos sem biofertilizante, nos quais possivelmente o teor de cálcio solúvel e de outros sais na água salina, em conjunção com os elementos calcíticos presentes na composição do biofertilizante e da adubação fosfata-

da de fundação da cultura do maracujazeiro, à base de superfosfato simples – que contém 18% de cálcio, segundo Cavalcanti *et al.* (2008) –, contribuíram para a elevação dos teores deste elemento no solo. De acordo com Lagreid *et al.* (1999) e Prates e Medeiros (2001), a importância do biofertilizante como insumo orgânico está no quantitativo dos elementos minerais da sua composição, na diversidade de nutrientes minerais quelatizados e disponibilizados ao solo e às plantas pela atividade biológica e na melhoria das condições químicas dos solos.

Como pode ser observado na Figura 6, nos tratamentos sem a aplicação do biofertilizante bovino no solo de plantas irrigadas com água não salina, foram registrados teores de Ca^{2+} de $5,15 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, com incremento de 9,9% em relação aos tratamentos com água de alta salinidade ($4,64 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), valores considerados muito altos segundo Cavalcanti *et al.* (2008).

Figura 6 – Teores de cálcio no solo cultivado com maracujazeiro amarelo irrigado com água não salina e salina, sem e com biofertilizante ao final do experimento.



Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas entre condições de salinidade da água x sem ou com biofertilizante e maiúsculas nas interações da mesma salinidade da água x sem e com biofertilizante, não diferem entre si pelo teste F ($P > 0,05$). DMS = 0,26

Miranda *et al.* (2002) observaram que o sódio e o cloro presentes em águas salinas, além de inibirem a translocação do cálcio na planta, podem reduzir a sua disponibilidade na solução, devido à precipitação com o cloro. Carmona *et al.* (2009) verificaram que o teor do cálcio no solo diminuiu com o incremento do teor salino da água de irrigação. Segundo Garcia *et al.* (2008), em condições de alta salinidade na solução do solo, ocorre a substituição dos cátions trocáveis

pelo Na^+ , com redução dos seus teores no solo de forma exponencial.

A aplicação do biofertilizante elevou em $0,95 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ os teores médios de Ca^{2+} no solo irrigado com água de baixa salinidade, não se observando efeitos significativos nos tratamentos com água salina. Esses resultados são compatíveis com Diniz (2009) e Nascimento (2010), que constataram aumentos nos teores desse elemento no solo com o uso de biofertilizante comum e com este insumo e irrigação com água de boa qualidade, respectivamente.

Para Vessey (2003), Campos *et al.* (2009) e Diniz (2009), o biofertilizante bovino é composto de macro e micronutrientes e inocula microrganismos benéficos que promovem mineralização da matéria orgânica presente no substrato, bem como do próprio composto, aumentando a disponibilidade de nutrientes para as plantas.

3.4 Magnésio no solo

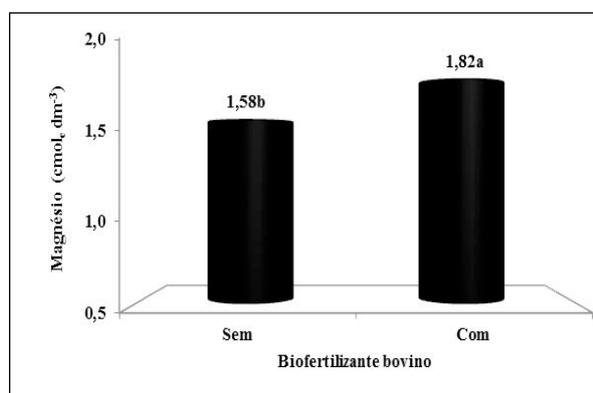
A disponibilidade do Mg^{2+} no início do experimento era de $1,10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Mesmo sem diferença significativa, nos tratamentos com água salina, independentemente da aplicação do biofertilizante, os teores de Mg^{2+} no solo apresentaram tendência de aumento com a elevação do teor salino da água de irrigação. Sem a aplicação do insumo, os valores médios foram, respectivamente nos tratamentos com água não salina e salina, de $1,50$ e $1,72 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Santana *et al.* (2003) e Lima *et al.* (2007) verificaram que a composição química da água salina influenciou os processos de troca durante o contato solo-água, com aumento dos teores de Mg^{2+} no solo à medida que o teor salino da água se elevou.

Não se observaram efeitos significativos da interação entre salinidade da água e biofertilizante, provavelmente, conforme Sousa *et al.* (2008), devido ao antagonismo com o potássio, que teve a sua disponibilidade aumentada no solo. Nascimento (2010) verificou teores de Mg^{2+} no solo de $1,61 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ em solo irrigado com água não salina, com biofertilizante bovino e sem adubação mineral e de $1,51 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ nos tratamentos com água salina, biofertilizante e com NPK, em cultivo de maracujazeiro amarelo em covas.

Na Figura 7, observa-se efeito significativo dos tratamentos com biofertilizante bovino nos teores de

Mg²⁺ no solo. Os valores médios foram elevados de 1,58 para 1,82 cmol_c dm⁻³ (15,1%). Provavelmente, além de contribuir para a melhoria de atributos físicos do solo como porosidade e permeabilidade (CAMPOS *et al.*, 2009), o biofertilizante minimizou os efeitos de competição do Na⁺ com o Mg²⁺, aumentando a sua disponibilidade para as plantas, o que ratifica os efeitos positivos do insumo orgânico na minimização de processos fisiológicos depressivos ocasionados pelos sais às plantas (CAVALCANTE *et al.*, 2005; CAMPOS *et al.*, 2007; CAVALCANTE *et al.*, 2007; CAMPOS *et al.*, 2008; REBEQUI *et al.*, 2009; FREIRE *et al.*, 2010a).

Figura 7 – Teores de magnésio no solo na floração do maracujazeiro amarelo tratado com biofertilizante bovino.



Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste F (P > 0,05). DMS = 0,19

A elevação do pH (Figura 4), verificada com a aplicação do insumo orgânico, pode ter aumentado a disponibilidade do Mg²⁺ no solo (SOUSA *et al.*, 2007). Costa *et al.* (2010) também observaram incremento do magnésio no solo com a aplicação de fertilizantes orgânicos.

Nos tratamentos com água não salina e salina, os teores de Mg²⁺ no solo variaram, respectivamente, de 1,60 (sem biofertilizante e sem cobertura morta) a 2,13 cmol_c dm⁻³ (com biofertilizante e com cobertura morta) e de 1,98 (sem biofertilizante e sem cobertura morta) a 2,33 cmol_c dm⁻³ (com biofertilizante e com cobertura morta), com tendência de elevação com o aumento do teor salino da água de irrigação, independentemente da aplicação do biofertilizante e da cobertura morta no solo. Esses teores são considerados altos por Malavolta (2006).

De acordo com Cavalcante *et al.* (2007), a matéria orgânica é fonte magnésiana no solo, o que, segundo Paganini (1997), transforma óxidos de magnésio insolúveis em cátions bivalentes mais móveis, que, associados a ligantes orgânicos, podem formar complexos solúveis com magnésio bivalente, aumentando a disponibilidade no solo.

Para Cavalcante *et al.* (2006), a água é fonte de alguns elementos minerais que interagem no solo por reações as mais diversas e podem aumentar, a exemplo do magnésio, a disponibilidade deles ao solo. Em avaliações da influência de diferentes níveis de salinidade da água (0,15; 1,50; 3,00 e 4,50 dS m⁻¹) e da cobertura morta sobre a fertilidade de um solo cultivado com amarantho, Costa *et al.* (2008) não observaram influência dos tratamentos nos teores de Mg²⁺ no solo.

3.5 Relação Ca²⁺/Mg²⁺ no solo

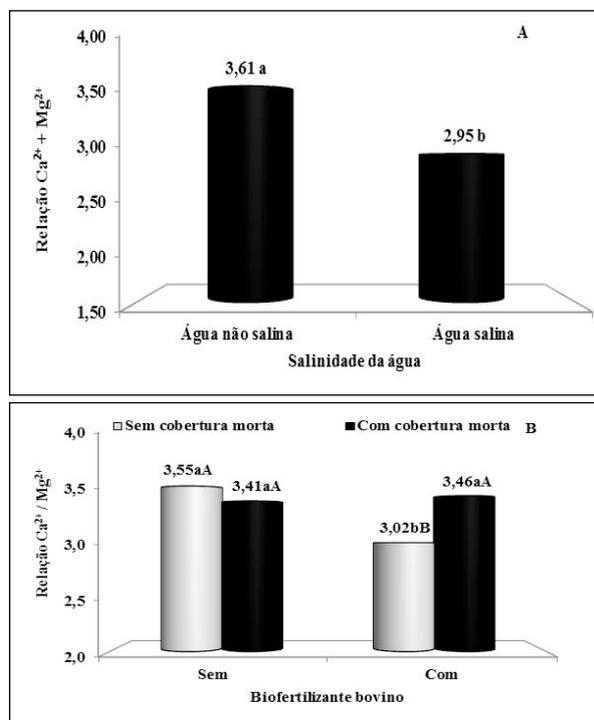
A salinidade da água de irrigação influenciou na relação entre Ca²⁺ e Mg²⁺ extraíveis do solo, que foi reduzida de 3,8:1, no solo de tratamentos com água não salina, para 2,92:1 nos tratamentos com água salina (Figura 8-A).

Referindo-se a cultivos irrigados com água de boa qualidade, Penteado (2009) afirma que o cálcio tem mais importância como nutriente na agricultura orgânica; esse autor considera como níveis adequados no solo a relação entre Ca²⁺ e Mg²⁺ de 3:1. Entretanto, de acordo com Garcia *et al.* (2008), a importância das relações entre os cátions trocáveis, como Ca²⁺ e Mg²⁺ no solo, tem sido motivo de controvérsias. Para Quaggio (2000), a relação não tem importância para o crescimento ou a produção das plantas. Outros autores mencionam que relações extremas afetam as plantas, mas não se trata de um efeito direto da relação cálcio/magnésio sobre o crescimento ou a produção das culturas, mas sim de deficiências de cálcio ou de magnésio.

Entre os fatores “salinidade da água” e “aplicação do biofertilizante”, mesmo sem se observar significância estatística, os valores médios da relação Ca²⁺/Mg²⁺ no solo em tratamentos com água não salina foram de 3,61:1, tanto sem biofertilizante quanto com biofertilizante. Com água salina, nos tratamentos sem

e com biofertilizante, a relação Ca^{2+}/Mg^{2+} no solo foi de, respectivamente, 2,95:1 e 2,88:1.

Figura 8 – Relação Ca^{2+}/Mg^{2+} no solo na floração do maracujazeiro amarelo em condições de salinidade da água de irrigação (A) e aplicação de biofertilizante bovino e cobertura morta (B).



Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si (A) e médias seguidas de mesmas letras, minúsculas entre condições de cobertura morta x sem ou com biofertilizante e maiúsculas nas interações do mesmo tipo de condição de cobertura morta x sem e com biofertilizante (B), não diferem estatisticamente entre si pelo teste F ($P > 0,05$).

Relatos de Grattan e Grieve (1999) indicam que pode ocorrer deficiência de magnésio em ambientes com irrigação de água com risco de salinização, resultando em plantas estressadas por sais e por alterações na razão cálcio/magnésio, acarretando depleção na taxa fotossintética e declínio na eficiência do uso de água, o que ficou evidenciado nas Figuras 5 e 6, respectivamente. Possivelmente, em cultivos sob condições de maior salinidade da água de irrigação, com utilização de insumos orgânicos, essa relação deva ser mais estreita, como a verificada nos tratamentos com água salina, com biofertilizante e com cobertura morta (2,88:1), pois uma quantidade mais elevada, a níveis não tóxicos, de Mg^{2+} extraível na solução do solo diminui a competição com o Na^+ pelos sítios de troca dos colóides e a sua toxicidade às plantas.

Na Figura 8-B, percebe-se que, nos tratamentos sem biofertilizante, o uso da cobertura morta reduziu a relação Ca^{2+}/Mg^{2+} no solo em 15,2%, com valores respectivos nos tratamentos sem e com cobertura morta de 3,51:1 para 3,02:1. Com valores médios de 3,41:1 e 3,46:1 nos tratamentos com biofertilizante, não se observou efeitos significativos, respectivamente, entre os tratamentos sem e com cobertura morta. Entre os tratamentos com cobertura morta, o biofertilizante bovino elevou a relação Ca^{2+}/Mg^{2+} no solo de 3,02:1 para 3,46:1.

Pelos resultados apresentados na Figura 9, a relação média Ca^{2+}/Mg^{2+} se situou entre 3,50:1 (solo de água não salina) e 2,20:1 (solo de água salina). De acordo com Borges (2004), essa relação é muito importante para o maracujazeiro amarelo, devendo se situar em torno de 4:1, do que se depreende que o solo dos tratamentos com água não salina estava muito próximo da exigência adequada para a cultura. Nas avaliações com maracujazeiro amarelo irrigado com diferentes lâminas de água não salina, Gondim (2003) verificou variações de 3,2 a 6,5:1 na relação Ca^{2+}/Mg^{2+} no solo.

Figura 9 – Relação Ca^{2+}/Mg^{2+} no solo no final do experimento com maracujazeiro amarelo irrigado com água não salina e salina.



Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste F ($P > 0,05$).

4 Conclusões

Em geral, a aplicação de cobertura morta não mitigou os efeitos da salinidade da água sobre os atributos químicos do solo.

O uso de biofertilizantes no solo irrigado com água salina aumentou o pH da solução do solo, os teores de cálcio, magnésio e a relação cálcio/magnésio, com ou sem cobertura morta.

REFERÊNCIAS

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 247 p.

BORGES, A. L. Nutrição mineral, calagem e adubação. In: LIMA, A. A.; CUNHA, M. A. P. **Maracujá: produção e qualidade na passicultura**. Cruz das Almas: Embrapa, 2004. p. 117-144.

CAMPOS, V. B. *et al.* Caracterização física e química de frutos de maracujazeiro amarelo sob adubação potássica, biofertilizante e cobertura morta. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 59-71, 2007.

CAMPOS, V. B. *et al.* Crescimento inicial da mamoneira em resposta à salinidade e biofertilizante bovino. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 21, n. 1, p. 41-47, 2009.

CAMPOS, V. B. *et al.* Potássio, biofertilizante bovino e cobertura do solo: efeito no crescimento do maracujazeiro amarelo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 1, n. 3, p. 78-86, 2008.

CARMONA, F. C. *et al.* Estabelecimento do arroz irrigado e absorção de cátions em função do manejo da adubação potássica e do nível de salinidade no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 371-382, 2009.

CAVALCANTE, L. F. *et al.* Caracterização qualitativa de frutos do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) em função da salinidade da água de irrigação. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 24, n. 1, p. 34-45, 2003.

CAVALCANTE, L. F. *et al.* Maracujá-amarelo e salinidade. In: CAVALCANTE, L. F.; LIMA, E. M. (Eds.). **Algumas frutíferas tropicais e a salinidade**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p. 91-114.

CAVALCANTE, L. F. *et al.* Resposta do maracujazeiro amarelo à salinidade da água sob diferentes formas de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 314-317, 2005.

CAVALCANTE, L. F. *et al.* Crescimento e produção do maracujazeiro amarelo em solo de baixa fertilidade tratado com biofertilizantes líquidos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 2, n. 1, p. 15-19, 2007.

CAVALCANTE, L. F. *et al.* Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira

cultivar Paluma. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 251-261, 2010.

CAVALCANTI, F. J. A. (Coord.). **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: segunda aproximação**. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, 2008. 212 p.

COSTA, D. M. A. *et al.* Crescimento e desenvolvimento do amaranto (*amaranthus spp.*) sob estresse salino e cobertura morta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 43-48, jan./fev. 2008.

COSTA, F. X. *et al.* Disponibilidade de nutrientes no solo em função de doses de matéria orgânica no plantio da mamona. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 5, n. 3, p. 204-212, jul./set. 2010.

DINIZ, A. A. **Aplicação de condicionantes orgânicos do solo e nitrogênio na produção e qualidade do maracujazeiro amarelo**. 2009. 98 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2009.

FREIRE, J. L. O. *et al.* Atributos qualitativos do maracujá amarelo produzido com água salina, biofertilizante e cobertura morta no solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 1, p. 102-110, 2010a.

FREIRE, J. L. O. *et al.* Crescimento e teores de clorofila e carotenóides do maracujazeiro amarelo no solo com biofertilizante irrigado com água de baixa e alta salinidade. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SALINIDADE, 1., 2010, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBS, 2010b. 1 CD-ROM.

FREITAS, E. V. S. *et al.* Alterações nos atributos físicos e químicos de dois solos submetidos à irrigação com água salina. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 7, n. 1, p. 21-28, 2007.

GARCIA, G. O. *et al.* Alterações químicas de dois solos irrigados com água salina. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 1, p. 7-18, 2008.

GONDIM, S. C. **Comportamento do maracujazeiro amarelo IAC 273/277 +275, em função do número de plantas por cova e lâminas de água**. 2003. 73 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2003.

- GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 78, n. 1, p. 127-157, 1999.
- GUILHERME, E. A. *et al.* Desenvolvimento de plantas adultas de cajueiro anão precoce irrigadas com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9 (Suplemento), p. 253-257, 2005.
- HAYNES, R. J.; MOKOLOBATE, M. S. Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and the mechanisms involved. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 59, p. 47-63, 2001.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric/>. Acesso em: 10 out. 2010.
- INTERPA – INSTITUTO DE TERRAS E PLANEJAMENTO AGRÍCOLA DO ESTADO DA PARAÍBA. Mesorregião do Agreste Paraibano; Microrregião do Curimataú Ocidental. Portaria/GAB/PRESI/Nº 010, de 17 de março de 2008. Define as áreas de circunscrição das atividades dos Núcleos Regionais de Araruna, Alagoinha, Teixeira, Catolé do Rocha, Piancó, conforme anexo I a esta portaria. **Diário Oficial do Estado da Paraíba**, Poder Executivo, João Pessoa, 1 abr. 2008.
- JIMÉNEZ, L.; LARREAL, M.; NOGUERA, N. Efectos del estiércol bovino sobre algunas propiedades químicas de un Ultisol degradado en el área de la Machiques Colón, estado Zulia. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 21, n. 4, p. 311-321, 2004.
- LAGREID, M.; BOCKMAN, O. C.; KAARSTAD, O. **Agriculture, fertilizers and the environment**. Cambridge: CABI, 1999. 294 p.
- LIMA, A. A.; BORGES, A. L. Exigências edafoclimáticas. In: LIMA, A. A.; CUNHA, M. A. P. **Maracujá: produção e qualidade na passicultura**. Cruz das Almas: Embrapa, 2004. p. 37-44.
- LIMA, C. J. G. S. *et al.* Resposta do feijão caupi à salinidade da água de irrigação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 2, n. 2, p. 79-86, jul./dez. 2007.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.
- MATERECHERA, S. A.; MKHABELA, T. S. The effectiveness of lime, chicken manure and leaf litter ash in ameliorating acidity in a soil previously under black wattle (*Acacia mearnsii*) plantation. **Bioresource Technology**, v. 85, n. 1, p. 9-16, 2002.
- MEZA, N.; ARIZALETA, M.; BAUTISTA, D. Efecto de la salinidad en la germinación y emergencia de semillas de parchita (*Passiflora edulis f. flavicarpa*). **Revista de la Facultad de Agronomía**, Caracas, v. 24, n. 1, p. 69-80, 2007.
- MIRANDA, J. R. P. *et al.* Silício e cloreto de sódio na nutrição mineral e produção de matéria seca de plantas de Moringa (*Moringa oleifera* Lam.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 957-965, 2002.
- MITCHELL, C. C.; TU, S. Nutrient accumulation and movement from poultry litter. **Soil Science Society of America Journal**, v. 70, n. 6, p. 2146-2153, 2006.
- NASCIMENTO, J. A. M. **Respostas do maracujazeiro amarelo e do solo com biofertilizante irrigado com água de baixa e alta salinidade**. 2010. 101 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.
- OLIVEIRA, F. N. S. *et al.* **Influência da cobertura morta no desenvolvimento de fruteiras tropicais**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 24 p. (Documentos, 49).
- OLIVEIRA, H. V. *et al.* Alterações nas características químicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo irrigado com efluente de piscicultura, em ambiente protegido. **Revista Agro@mbiente**, Boa Vista, v. 3, n. 1, p. 9-14, 2009.
- PAES, J. M. V. *et al.* Decomposição da palha de café em três tipos de solo e sua influência sobre a CTC e o pH. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 43, n. 249, p. 674-683, 1996.
- PAGANINI, W. S. **Disposição de esgotos no solo: escoamento à superfície**. São Paulo: Fundo Editorial da AESABESP, 1997.
- PENTEADO, S. R. **Fruticultura orgânica: formação e condução**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2004. 308 p.
- PESSOA, L. G. M. **Desenvolvimento de cebola e atributos químicos de dois Neossolos Flúvicos irrigados com águas salinas**. 2009. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

PESSOA, L. G. M. *et al.* Composição química e salinidade do lixiviado em dois solos cultivados com cebola irrigada com água salina. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 3, p. 406-412, 2010.

PIRES, A. A. *et al.* Efeito da adubação alternativa do maracujazeiro amarelo nas características químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1997-2005, 2008.

PRATES, H. S.; MEDEIROS, M. B. “**MB – 4**”: Entomopatógenos e biofertilizantes na citricultura orgânica. Campinas: SAA/ Coordenadoria de Defesa Agropecuária, 2001. Folder.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. 111 p.

REBEQUI, A. M. *et al.* Produção de mudas de limão cravo em substrato com biofertilizante bovino irrigado com águas salinas. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 32, n. 2, p. 219-228, dez. 2009.

RODOLFO JUNIOR, F. **Respostas do maracujazeiro amarelo e da fertilidade do solo com biofertilizantes e adubação mineral com NPK**. 2007. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2007.

RODRIGUES, L. N. **Níveis de reposição da evapotranspiração da mamoneira irrigada com água residuária**. 2008. 144 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.

SANTANA, M. J. *et al.* Efeito da irrigação com água salina em um solo cultivado com o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 2, p. 443-450, mar./abr. 2003.

SANTOS, A. C. V.; AKIBA, F. **Biofertilizante líquido: uso correto na agricultura alternativa**. Seropédica, RJ: UFRRJ, 1996. 35 p.

SANTOS, G. D. **Avaliação do maracujazeiro amarelo sob biofertilizantes aplicados ao solo na forma líquida**. 2004. 74 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2004.

SILVA, T. V. *et al.* Qualidade do suco de maracujá-amarelo em diferentes épocas de colheita. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 545-550, jul./set. 2008.

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 205-274.

SOUSA, G. B. *et al.* Salinidade do substrato contendo biofertilizante para formação de mudas de maracujazeiro irrigado com água salina. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 2, p. 172-180, maio/jun. 2008.

THEODORO, V. C. A. *et al.* Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1039-1047, 2003.

VESSEY, J. K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 255, n. 2, p. 571-586, Aug. 2003.