

PRODUÇÃO DE MARACUJAZEIRO AMARELO NO SOLO COM CALCÁRIO E POTÁSSIO SOB IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA

LOURIVAL FERREIRA CAVALCANTE¹; CLODOALDO JÚNIOR OLIVEIRA SANTOS¹; JOSÉ SIMPLÍCIO DE HOLANDA²; ANTONIO JOÃO DE LIMA NETO³; ANTÔNIO GUSTAVO DE LUNA SOUTO⁴ E TONY ANDRESON GUEDES DANTAS⁵

¹ Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Solos e Engenharia Rural, Rodovia BR 079 - Km 12, 58.397-000, Areia, PB, Brasil. E-mail: lofeca@cca.ufpb.br; agroaldo@yahoo.com.br

² Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte, Av. Eliza Branco Pereira dos Santos, s/nº, Parque das Nações, 59.158-160, Parnamirim, RN, Brasil. E-mail: simplicioemparn@rn.gov.br

³ Universidade Federal do Ceará, Departamento de Fitotecnia, Campus do Pici, Av. Mister Hull, 2977, Bloco 805, 60.356-001, Fortaleza, CE, Brasil. E-mail: limanetoagro@hotmail.com

⁴ Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais, Rodovia BR 079 - Km 12, 58.397-000, Areia, PB, Brasil. E-mail: gusluso@hotmail.com

⁵ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Rodovia CE-187, s/n, Aeroporto, 62.320-000, Tianguá, CE, Brasil. E-mail: tony.dantas@ifce.edu.br

1 RESUMO

O experimento foi conduzido no município de Coronel Ezequiel, Rio Grande do Norte, para avaliar os efeitos do calcário calcítico e doses de K₂O, na forma de cloreto de potássio, nos componentes de produção do maracujazeiro amarelo e no aumento da salinidade do solo provocado pela irrigação com água salina de 3,6 dS m⁻¹ durante o período da aridez e na lixiviação dos sais do ambiente radicular das plantas promovida pelas águas do período chuvoso. Os tratamentos foram dispostos em delineamento em blocos casualizados usando arranjo fatorial 3 × 2, referente as doses de calcário de 1,4; 2,5 e 3,6 t ha⁻¹, 80 e 160 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio. Pelos resultados, a irrigação com água salina (3,6 dS m⁻¹), em comparação com dados da literatura de plantas irrigadas com água de boa qualidade, não comprometeu a capacidade produtiva do maracujazeiro amarelo. Dentre os tratamentos, a combinação de 80 kg ha⁻¹ de K₂O com 3,6 t ha⁻¹ de calcário calcítico proporcionou os maiores valores de massa média dos frutos, produção por planta e produtividade da cultura. Apesar da alta salinidade da água de irrigação elevar o caráter salino do solo no ambiente radicular das plantas durante o período da estiagem, as águas do período chuvoso e as condições físicas do solo proporcionam a lixiviação dos sais e possibilitam o uso de água com restrições salinas na agricultura.

Palavras-chave: *Passiflora edulis*, calagem, lixiviação de sais

CAVALCANTE, L. F.; SANTOS, C. J. O.; HOLANDA, J. S.; LIMA NETO, A. J.; SOUTO, A. G. L.; DANTAS, T. A. G.
YELLOW PASSION FRUIT PLANTS PRODUCTION ON SOIL WITH LIME AND POTASSIUM UNDER IRRIGATION WITH SALINE WATER

2 ABSTRACT

The experiment was carried out in Coronel Ezequiel county, Rio Grande do Norte, Brazil, in order to evaluate the effects of limestone and chloride potassium in production components of yellow passion fruit plants and soil salinity, caused by irrigation with saline water of 3.6 dS m⁻¹ during the dry season, and salt leaching of the soil promoted by waters of the rainy season. Treatments were arranged in randomized blocks using factorial design of 3 × 2, referring to three levels of limestone, 1.4, 2.5 and 3.6 t ha⁻¹ and two potassium levels, 80 and 160 kg ha⁻¹ in potassium chloride form. According to present results, irrigation with saline water (3.6 dS m⁻¹), in comparison with data from the literature about plants irrigated with non-saline water, did not compromise the productive capacity of yellow passion fruit. Among the treatments, the combination of 80 kg ha⁻¹ of K₂O with 3.6 t ha⁻¹ of limestone provided the fruits production with more mean mass, yield per plant and crop yield. Although the high salinity of the irrigation water increases the soil saline character on root environment of the plants during the dry season, the rainy season waters and the soil physical conditions provide the salt leaching and allow the use of water with saline restrictions in agriculture.

Keywords: *Passiflora edulis*, liming, salt lixiviation

3 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de maracujá com produção de 554.598 t em uma área de 41.090 ha, apresentando como maiores produtores os Estados da Bahia, Ceará, Santa Catarina, São Paulo e Rio Grande do Norte, que juntos respondem por aproximadamente 67% da produção nacional (IBGE, 2017). O maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims) exerce grande importância econômica, correspondendo a aproximadamente 95% dos pomares existentes no país (MELETTI, 2011).

A cultura também exerce importância social e econômica nos Estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba (CAVALCANTE et al., 2005; GONDIM et al., 2009), em função das condições edafoclimáticas, exceto pluviosidade, favoráveis para o crescimento, produção e qualidade dos frutos. Esses atributos justificam a aceitação dos frutos para o consumo *in natura* e para o processamento de polpa (PIRES et al., 2008).

O cultivo do maracujazeiro amarelo no semiárido nordestino está cada vez mais dependente da irrigação (ARAÚJO et al., 2012; SOUZA; RIBEIRO, 2016). Essa tecnologia apesar de contribuir para o incremento da produtividade e da manutenção da atividade agrícola, durante a maior parte do ano pode elevar o caráter salino dos solos e resultar em perdas de rendimento das culturas em geral (AYERS; WESTCOT, 1999), além do maracujazeiro amarelo (DIAS et al., 2011; AGUIAR et al., 2017).

Os municípios de Nova Floresta no estado da Paraíba, Coronel Ezequiel e Jaçanã no Rio Grande do Norte, inseridos nas áreas semiáridas, são importantes produtores de maracujá amarelo, muito mais em função do tamanho, qualidade física e química dos frutos do que quanto à produtividade. Nessas regiões, uma das limitações é a qualidade das águas que de acordo com Cavalcante et al. (2012) são de salinidade elevada para a agricultura, com valores até superiores a 3 dS m⁻¹.

Outra séria inconveniência associada à salinidade das águas é o baixo potencial de fertilidade dos solos,

principalmente em nitrogênio, fósforo, cálcio e, às vezes, também em potássio. Dentre estes nutrientes, o potássio e o cálcio são o segundo e o terceiro mais exigidos pelo maracujazeiro, respectivamente, como constatado por Silva Júnior et al. (2013) e, portanto, devem ser também priorizados como os demais elementos essenciais.

Dentre os fatores que contribuem para o aumento da produtividade do maracujazeiro amarelo destaca-se a adubação e a nutrição mineral das plantas (RODRIGUES et al., 2009; PACHECO et al., 2017). Nesse sentido, a correção da acidez do solo pela calagem além de elevar o pH, aumenta a disponibilidade de nutrientes como cálcio, magnésio e potássio às plantas, promovendo a precipitação do Al^{3+} que exerce ação tóxica à maioria das plantas cultivadas (PRADO et al., 2004).

O potássio exerce ação positiva na osmorregulação das plantas, na abertura e fechamento dos estômatos, além de ser diretamente responsável pela qualidade dos frutos. Na solução do solo, esse macronutriente interage com sódio, cálcio e magnésio (MALAVOLTA, 2006), e, quando em concentrações elevadas, pode comprometer a absorção destes, causando desbalanço nutricional e comprometendo o desempenho produtivo das culturas.

Pelo exposto, o trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo

do maracujazeiro amarelo irrigado com água salina, em solo tratado com calcário e adubação potássica.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido, na propriedade Grajaú, município de Coronel Ezequiel, Rio Grande do Norte, Brasil, localizado à 06° 23' 00" latitude sul e 36° 12' 47" longitude oeste do Meridiano de Greenwich, a 561 m acima do nível do mar. O clima da região é quente e seco, do tipo As', com período chuvoso de março a julho, com histórico de precipitação média anual de 800 mm, temperatura média de 24,5 °C e umidade relativa do ar 60%.

O solo da área experimental, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (EMBRAPA, 2013) foi classificado como ARGISSOLO AMARELO Distrófico, não salino, textura média a argilosa, relevo plano e declividade de 2%. A caracterização física e química quanto à fertilidade nas camadas de 0-20 e de 20-40 cm (Tabela 1), antes da instalação do experimento, foi feita com base nos procedimentos metodológicos contidos em Embrapa (2011) e a caracterização química quanto à salinidade do extrato de saturação nas mesmas profundidades, (Tabela 2), conforme Richards (1954).

Tabela 1. Caracterização física e química do solo quanto à fertilidade, antes da instalação do experimento.

Caracterização física			Caracterização química		
Variáveis	Profundidade (cm)		Variáveis	Profundidade (cm)	
	0-20	20-40		0-20	20-40
Areia grossa (g kg ⁻¹)	409	353	pH em água (1:2,5)	5,60	4,40
Areia fina (g kg ⁻¹)	321	277	MO (g dm ⁻³)	12,41	6,81
Silte (g kg ⁻¹)	50	50	P (mg dm ⁻³)	8,00	3,00
Argila (g kg ⁻¹)	220	320	K ⁺ (mg dm ⁻³)	0,11	0,10
Ada (g kg ⁻¹)	39,6	38,4	Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,05	0,09
GF (%)	82,0	88	Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,20	0,21
ID (%)	18,0	12,0	Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,63	0,23
Ds (g cm ⁻³)	1,31	1,32	SB (cmol _c dm ⁻³)	1,99	0,63
Dp (g cm ⁻³)	2,66	2,67	H ⁺ + Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	2,97	3,22
Pt (m ³ m ⁻³)	50,75	50,56	Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,18	0,21
θ _{cc} (g kg ⁻¹)	130,00	149	CTC (cmol _c dm ⁻³)	4,96	3,85
θ _{pmp} (g kg ⁻¹)	63,00	80,0	V (%)	40,12	16,36
Ad (g kg ⁻¹)	67	69	m (%)	3,63	5,45
Classe textural	FA	FA	PST (%)	1,01	2,34

Ada = Argila dispersa em água; GF = Grau de floculação; ID = Índice de dispersão; Ds e Dp = Densidade do solo e de partícula; Pt = Porosidade total; θ_{cc} = Umidade na tensão de -0,01 MPa; θ_{pmp} = Umidade na tensão de -1,50 MPa; Ad = Água disponível; FA = Franco arenoso; MO = Matéria orgânica; SB = Soma de bases (Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺ + Na⁺); CTC = Capacidade de troca catiônica = [SB + (H⁺ + Al³⁺)]; V = Saturação por bases = (SB/CTC) × 100; m = Saturação por alumínio; PST = porcentagem de sódio trocável.

Os tratamentos foram arranjados em blocos casualizados com quatro repetições e 28 plantas por parcela, sendo avaliadas as 10 plantas centrais, usando o arranjo fatorial 3 × 2 referente as doses de calcário calcítico de 1,4; 2,5 e 3,6 t ha⁻¹ e duas de potássio correspondentes a 80 e 160 kg ha⁻¹ de K₂O. As doses de calcário calcítico (46,6% CaO, 2,8% MgO e PRNT = 85%), foram calculadas para a camada de 0-20 cm, visando elevar a saturação de bases (V) para 60, 75 e 90%, sendo aplicadas a lanço no início do período chuvoso e incorporadas manualmente em toda a área da parcela na profundidade de 0-20 cm.

As covas foram abertas nas distâncias de 2,5 m entre linhas e 3,0 m entre plantas com dimensões de 40 × 40 × 40 cm, correspondendo a uma densidade de plantio de 1.333 plantas ha⁻¹. No preparo das covas foram aplicados 10 L de esterco bovino de relação C:N = 18:1 e 80

kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples (20% P₂O₅, 11% S, 18% Ca²⁺). Posteriormente, aos 45 dias após a calagem, foi realizado o transplântio das mudas numa área experimental de 0,50 ha, totalizando 672 plantas.

No primeiro e segundo ano de cultivo, as plantas foram adubadas com 60 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, na forma de sulfato de amônio (20% N, 22% S) parcelada em três aplicações iguais de 20 kg ha⁻¹, sendo a primeira aplicação realizada aos sessenta dias após o plantio, a segunda no início da floração e a terceira noventa dias após a segunda aplicação. O potássio, 80 e 160 kg ha⁻¹ de K₂O, foi parcelado em duas aplicações iguais utilizando como fonte o cloreto de potássio (60% K₂O) juntamente com o N no início da floração e noventa dias após a primeira aplicação. O fósforo foi fornecido uma única vez em cobertura, no início de cada floração, com 80 kg ha⁻¹

de P₂O₅, utilizando superfosfato simples (BORGES; SOUZA, 2010).

No período de estiagem, de agosto a fevereiro em cada ano de cultivo, as plantas foram irrigadas com água de manancial subterrâneo de qualidade C₄S₁T₃ (Tabela 2), que indica riscos elevados de salinização, riscos baixos de sodificação do solo e altos riscos de toxicidade às plantas por cloreto e sódio (CAVALCANTE et al., 2012). A irrigação foi feita diariamente pelo método de

aplicação localizada por gotejamento, com dois emissores com vazão de 3,75 L h⁻¹ instalados a 20 cm do caule de cada planta, trabalhando na pressão de 0,16 MPa. A lâmina de irrigação referente a evapotranspiração potencial (ET_o) e ao coeficiente de cultura na fase de reprodução, formação e crescimento dos frutos foi de 15 L planta⁻¹ dia⁻¹, porém, pela restrição severa da água (3,6 dS m⁻¹), foi adicionada uma fração de lixiviação de 10% (AYERS; WESTCOT, 1999).

Tabela 2. Caracterização do solo quanto à salinidade antes da instalação do experimento e da água de irrigação no primeiro e segundo ano de cultivo.

Variáveis	Caracterização do solo		Variáveis	Caracterização da água de irrigação	
	Profundidade (cm)			Período	
	0-20	20-40		1º ano	2º ano
pH	6,10	5,95	pH	3,50	3,70
CEes (dS m ⁻¹)	0,45	0,28	CEai (dS m ⁻¹)	3,80	3,40
Ca ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	1,51	0,93	Ca ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	1,41	1,51
Mg ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,67	0,41	Mg ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	3,51	4,92
Na ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	1,53	1,15	Na ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	33,36	28,36
K ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,73	0,33	K ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,19	0,31
SC (mmol _c L ⁻¹)	4,57	2,82	SC (mmol _c L ⁻¹)	38,47	35,10
Cl ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	2,93	1,83	Cl ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	31,51	34,57
CO ₃ ²⁻ (mmol _c L ⁻¹)	0,11	0,07	CO ₃ ²⁻ (mmol _c L ⁻¹)	Traços	Traços
HCO ₃ ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	1,62	0,89	HCO ₃ ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	1,41	1,53
SA (mmol _c L ⁻¹)	14,66	2,79	SA (mmol _c L ⁻¹)	32,92	36,01
RAS (mmol L ⁻¹) ^{1/2}	1,47	1,41	RAS (mmol L ⁻¹) ^{1/2}	21,24	15,84
PST (%)	1,01	2,34	PSD (%)	86,72	80,79
Classificação:	NS	NS	Classificação:	C ₄ S ₂	C ₄ S ₂

SC = Soma de cátions; SA = Soma de ânions; RAS = Relação de adsorção de sódio = $[Na^+ / (Ca^{2+} + Mg^{2+}/2)]^{1/2}$ NS = Não salino; PST = Percentagem de sódio trocável = $100 (Na^+ / CTC)$; PSD = Percentagem de sódio dissolvido na água = $100 (Na^+ / SC)$; C₄ = Salinidade alta; S₂ = Sodicidade média.

A colheita dos frutos foi realizada duas vezes por semana, no período de setembro/ 2009 a janeiro/ 2010 e de maio a agosto de 2010, procedendo-se a contagem e a obtenção da massa dos frutos para posterior cálculo de produção por planta (kg planta⁻¹) e da produtividade (t ha⁻¹).

Amostras simples de solo foram coletadas nos quatro quadrantes a 20 cm do caule das plantas, nas profundidades de 0-5, 5-30 e 30-45 cm em dezembro de 2009, transformadas em amostras compostas para

avaliação dos efeitos da salinidade da água de irrigação no aumento da salinidade e da sodicidade do solo durante o período árido e, posteriormente, no final do período chuvoso em julho de 2010 para avaliação da ação das águas das chuvas na lixiviação dos sais do ambiente radicular das plantas. Em seguida foram obtidos os valores da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (RICHARDS, 1954), cátions trocáveis para quantificação da capacidade de troca catiônica (CTC) e a

percentagem de sódio trocável (PST), pela equação: $PST = (Na^+ / CTC) * 100$.

Os resultados foram submetidos à análise de variância para diagnóstico de efeitos significativos do calcário, potássio e da interação entre si pelo teste F e comparação de médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando o programa computacional para análises estatísticas SAS, versão 9.3 (SAS, 2011).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos resumos das análises de variância, a interação doses de calcário \times doses de potássio exerceu efeitos significativos ($p \leq 0,01$) na massa média de frutos, produção por planta e produtividade de frutos do maracujazeiro amarelo (Tabela 3).

Tabela 3. Quadrado médio e níveis de significância pelo teste F, referentes à massa média de frutos (MMF), produção por planta (PP) e produtividade (PT) de plantas de maracujazeiro amarelo, em função de doses de calcário e de potássio aplicadas ao solo.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		MMF	PP	PT
Doses de Calcário (C)	2	1258,17**	17,04**	30,54**
Doses de Potássio (K)	1	0,04 ^{ns}	10,67 ^{ns}	20,17**
C \times K	2	788,67**	24,54**	40,54**
Resíduo	15	97,88	2,68	4,02
Total	23	-	-	-
CV (%)	-	5,76	6,66	6,11

CV (%) = coeficiente de variação; ** significativo ao nível de probabilidade de erro de 1%; ^{ns} não significativo.

O aumento das doses de K_2O de 80 para 160 $kg\ ha^{-1}$ exerceu efeitos diferenciados na massa média de frutos de maracujazeiro amarelo em função do aumento das doses de calcário (Tabela 4). Nas plantas adubadas com 80 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O a massa média foi elevada de 162,00 para 192,25 $g\ fruto^{-1}$ com o aumento das doses de calcário de 1,4 para 3,6 $t\ ha^{-1}$. Por outro lado, nas plantas adubadas com 160 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O , a aplicação de maiores doses de calcário resultou no declínio da massa média dos frutos de 183,75 para 156 e 175,5 $g\ fruto^{-1}$, respectivamente. Esses resultados estão em consonância com Rocha et al. (2013), ao registrarem diminuição da massa média dos frutos de maracujazeiro em função da prática da calagem.

Ao considerar que solo da área experimental apresenta baixos teores de

calcário trocável (Tabela 1), e que esse nutriente é requerido para a alongação e divisão celular (MARSCHNER, 2012), o aumento na massa média de frutos nas maiores doses de calcário, nas plantas adubadas com 80 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O , pode ter ocorrido por um aumento dos teores de cálcio no solo. Já a diminuição na massa média de frutos devido a aplicação de doses elevadas de K_2O e de calcário pode ter sido provocada por uma inibição competitiva entre os íons K^+ e Ca^{2+} e antagonismo entre Ca^{2+} e Mg^{2+} , na qual elevadas concentrações de um desses elementos no solo, afeta a absorção do outro e, conseqüentemente, provoca deficiência nutricional nas plantas comprometendo o processo produtivo (MARSCHNER, 2012).

Tabela 4. Massa média dos frutos (MMF) de maracujazeiro amarelo cultivado, em função de doses de calcário e de potássio aplicadas ao solo

Doses de Calcário (t ha ⁻¹ de CaCO ₃)	Doses de Potássio (kg ha ⁻¹ de K ₂ O)	
	80	160
	----- Massa média (g fruto ⁻¹) -----	
1,4	162,00 bB	183,75 Aa
2,5	160,75 bA	156,00 Ab
3,6	192,25 aA	175,50 aB
DMS Calcário	14,91	
DMS Potássio	18,18	
CV (%)	5,76	

Médias seguidas por letras iguais maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Ao considerar a massa média de frutos das plantas adubadas com 80 e 160 kg ha⁻¹ de K₂O, independentemente da dose de calcário aplicada, constata-se que os valores são superiores à amplitude de 119,7 a 157,8 g fruto⁻¹ obtida por Pacheco et al. (2017), em plantas de maracujazeiro amarelo fertilizadas com macronutrientes e aos 129,8 g fruto⁻¹ obtida por Araújo et al. (2006) em plantas de maracujazeiro adubadas com potássio. De acordo com Freitas et al. (2011), frutos de maracujazeiro com massa média acima de 180 g apresentam ótimo valor comercial para consumo *in natura*, condição atendida apenas na maior dose de calcário e com 80 kg ha⁻¹ de K₂O e na menor dose de calcário com 160 kg ha⁻¹ de K₂O. Entretanto, os frutos atendem as exigências dos mercados consumidores nordestinos, que preferem frutos com massa média superior a 150 g (RODRIGUES et al., 2009).

Apesar das plantas terem sido irrigadas com água salina (Tabela 2) nos períodos de estiagem, verifica-se que os maiores valores de massa média de frutos de maracujá (183,75 e 192,25 g fruto⁻¹) superam os 174 g fruto⁻¹ apresentados por Gondim et al. (2009) na mesma cultura, submetida a irrigação com água de boa qualidade. Comparativamente os respectivos valores são expressivamente superiores à variação de 112,31 a 123,85 g

fruto⁻¹ registrada por Cavalcante et al. (2005) em plantas irrigadas com água salina de 3,2 dS m⁻¹, que oferece restrição ao crescimento e produção do maracujazeiro amarelo (AYERS; WESTCOT, 1999); supera também à amplitude de 115,76 a 137,48 g fruto⁻¹ obtida por Soares et al. (2008) em maracujazeiro amarelo irrigado com águas de condutividade elétrica variando de 0,2 a 5,0 dS m⁻¹.

A produção por planta seguiu a mesma tendência observada para a massa média dos frutos, constatando-se que nas plantas adubadas com 80 kg ha⁻¹ de K₂O o aumento das doses de calcário elevou de 23,75 para 28,25 kg planta⁻¹ (Tabela 5). Por outro lado, na dose de 160 kg ha⁻¹ de K₂O, o aumento das doses de calcário inibiu de 26,00 para 22,25 kg planta⁻¹. Esses resultados indicam que a maior dose de calcário promoveu efeito antagônico entre o cálcio e o potássio no solo, nos tratamentos adubados com a maior dose de K₂O, provocando perda na produção por planta. Essa situação está coerente com Malavolta (2006) ao afirmar que o cálcio exerce antagonismo sobre o potássio diminuindo a absorção do elemento pelas plantas e, com efeito na perda de produção. Entretanto, esse efeito é mais comum nos solos não irrigados e sob irrigação com água de boa qualidade para agricultura.

Tabela 5. Produção por planta de maracujazeiro amarelo, em função de doses de calcário e potássio aplicadas ao solo.

Doses de Calcário (t ha ⁻¹ de CaCO ₃)	Doses de Potássio (kg ha ⁻¹ de K ₂ O)	
	80 kg	160
	----- Produção por planta (kg planta ⁻¹) -----	
1,4	23,75 bA	26,00 aA
2,5	23,75 bA	23,50 bA
3,6	28,25 aA	22,25 bB
DMS Calcário	2,47	
DMS Potássio	3,01	
CV (%)	6,66	

Médias seguidas por letras iguais maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Ao considerar que a adubação potássica foi feita com KCl que possui elevado índice salino (116) e que a irrigação no período da aridez foi feita com água salina de 3,6 dS m⁻¹, rica em cloreto e em sódio (Tabela 2), e que oferece restrição à grande maioria das plantas cultivadas, inclusive ao maracujazeiro amarelo (AYERS; WESTCOT, 1999), essas duas situações podem ter exercido toxicidade específica de ambas as espécies iônicas às plantas. Nessas condições, os efeitos específicos simultaneamente com os da interação calcário × potássio contribuem mais intensamente para inibição da produção das plantas.

Os resultados da produção individual por planta, em cultivo irrigado com água salina de 3,6 dS m⁻¹, são marcadamente superiores aos 6,64 kg planta⁻¹ apresentados por Dias et al. (2011)

em maracujazeiro amarelo sob irrigação com água salina (3,5 dS m⁻¹). Essa superioridade evidencia que no solo estudado, a irrigação das plantas com água salina (3,6 dS m⁻¹) não prejudicou a capacidade produtiva do maracujazeiro amarelo.

As maiores produtividades, assim como as produções por planta, corresponderam aos tratamentos com doses crescentes de calcário e 80 kg ha⁻¹ de K₂O (Tabela 6). Dessa forma, os efeitos atribuídos aos declínios da produção por planta são os mesmos referentes à produtividade, isto é, na menor dose de potássio aplicado ao solo, as plantas tiveram maior rendimento e nos tratamentos com a maior dose de K₂O o aumento de calcário provocou inibição da capacidade produtiva do maracujazeiro amarelo.

Tabela 6. Produtividade do maracujazeiro amarelo cultivado, em função de doses de calcário e potássio aplicadas ao solo.

Doses de Calcário (t ha ⁻¹ de CaCO ₃)	Doses de Potássio (kg ha ⁻¹ de K ₂ O)	
	80	160
	----- Produtividade (t ha ⁻¹) -----	
1,4	31,75 bA	34,50 aA
2,5	31,75 bA	29,75 bA
3,6	37,75 aA	31,50 abB
DMS Calcário	3,02	
DMS Potássio	3,69	
CV (%)	6,11	

Médias seguidas por letras iguais maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os declínios na massa média dos frutos, produção por plantas e produtividade estão em acordo com Santos, Cavalcante e Vital (2010) ao concluírem que o cálcio apesar de exercer ação positiva na floculação das argilas com cargas negativas, exercer melhorias na fertilidade e nas condições físicas do solo, quando aplicado em doses elevadas pode provocar desbalanceamento na disponibilidade de nutrientes. Tal fato compromete as relações Ca²⁺/Mg²⁺, Ca²⁺/K⁺, Na⁺/K⁺, SO₄²⁻/HPO₄²⁻ devido a inibição competitiva entre K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ (MARSCHNER, 2012), resultando em perdas na capacidade produtiva das culturas, como constatado por Correia et al. (2018) ao verificarem que doses elevadas de calcário reduziu a produtividade de manga.

A produtividade de frutos de maracujá provenientes de plantas adubadas com a maior e menor dose de potássio, na menor e maior dose de calcário, superam as 9,0 t ha⁻¹ obtidas por Pacheco et al. (2017) em plantas não irrigadas e fertilizadas quimicamente com macronutrientes e são expressivamente superiores também aos 12,3 t ha⁻¹ obtidas por Gondim et al. (2009) em plantas de maracujazeiro irrigadas com água de boa qualidade, em apenas três meses de colheita.

Ao comparar as produtividades obtidas nesse trabalho durante um ano de colheita com as obtidas em plantios irrigados com águas salinas, constata-se que são significativamente superiores aos 10,7 t ha⁻¹ colhidos por Cavalcante et al. (2005) em plantas irrigadas com água salina de 3,2 dS m⁻¹ e superam também os rendimentos de 11,9; 9,7; 8,4; 7,4 e 7,5 t ha⁻¹ apresentados por Dias et al. (2011) em cultivo irrigado com águas de condutividade elétrica de 0,5; 1,5; 2,5; 3,5 e 4,5 dS m⁻¹.

A irrigação com água salina durante o período da estiagem, de agosto de 2009 a janeiro de 2010, elevou consideravelmente o nível salino no ambiente radicular das plantas em relação à condutividade elétrica do extrato de saturação do solo na camada de 20-40 cm (Tabela 7), que era de 0,28 dS m⁻¹ antes da aplicação dos tratamentos (Tabela 2). Ao considerar que a maior proporção das raízes ativas do maracujazeiro amarelo se situa nos primeiros 45 cm de profundidade (SOUSA et al., 2002), que a cultura é sensível aos sais e que nas faixas de 5-30 e de 30-45 cm a salinidade não foi elevada em nível muito acima do valor máximo tolerado pela cultura (1,3 dS m⁻¹), sem que ocorram perdas acima de 10% da capacidade produtiva das plantas (AYERS; WESTCOT, 1999), verifica-se que os

maiores riscos referem-se à camada mais superficial do solo.

As irrigações diárias no período da aridez, de acordo com Richards (1954) elevaram mais expressivamente a condição salina do solo de não salino (CEes = 0,45 dS m⁻¹), como indicado na Tabela 2, para moderadamente salino (CEes = 6,5 dS m⁻¹) e para ligeiramente salino (CEes = 2,2 dS m⁻¹), nas camadas de 0-5 e de 5-30 cm

respectivamente. Apesar dos maiores acúmulos de sais nas camadas mais superficiais, verifica-se também que as irrigações com água salina elevaram o teor iônico na profundidade de 30-45 cm, em que a condutividade elétrica mesmo indicando situação não salina do solo aumentou de 0,45 para 1,8 dS m⁻¹ (Tabela 7).

Tabela 7. Valores e incrementos da condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) referentes às camadas do solo e períodos de avaliação.

Profundidade	Período de cultivo		
	Árido	Chuvoso	Varição em CEes
cm	----- dS m ⁻¹ -----		(dS m ⁻¹) (%)
0 - 5	6,5aA	3,3aB	-3,2 -49,2
5 - 30	2,2bA	1,8bB	-0,4 -18,2
30 - 45	1,8cA	1,6bA	-0,2 -11,1
ΔCEes ⁽¹⁾ :	-	-	-
(dS m ⁻¹)	+4,3	+1,5	-
(%)	+195,4	+83,3	-
ΔCEes ⁽²⁾ :	-	-	-
(dS m ⁻¹)	+4,7	+1,7	-
%	+261,1	+106,3	-
ΔCEes ⁽³⁾ :	-	-	-
(dS m ⁻¹)	+0,4	+0,2	-
(%)	+22,2	+12,5	-

ΔCEes⁽¹⁾, ΔCEes⁽²⁾ e ΔCEes⁽³⁾ = Respectivamente, referentes às camadas de 0-5 e 5-30 cm, 0-5 e 30-45 cm, 5-30 e 30-45 cm; Médias com mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem por Tukey para (p ≤ 0,05).

Mesmo com os elevados aumentos da condutividade elétrica do solo, provocados pela irrigação com água de elevada salinidade média (SOARES et al., 2008), nos anos de 2009 e 2010, de 3,6 dS m⁻¹ comparados aos do solo antes de iniciar o experimento (Tabela 2), os valores são marcadamente menores que os 6,8; 6,9; 7,1; 8,4 e 9,7 dS m⁻¹ apresentados por Cavalcante et al. (2005) em maracujazeiro sob irrigação com água de teor salino semelhante (3,2 dS m⁻¹), em covas sem e com uma, duas, três e quatro faces protegidas lateralmente, com filme plástico, contra as perdas hídricas do ambiente radicular das plantas.

Ao comparar a variação dos rendimentos de 31,75 a 37,75 t ha⁻¹ (Tabela 6), com a oscilação de 4,1; 7,3; 7,5; 8,4 e 10,7 t ha⁻¹ (CAVALCANTE et al., 2005), percebe-se que nem sempre a irrigação com água de maior salinidade resulta em maior incremento de sais ao solo e nem na maior perda de rendimentos da cultura. Essa situação está em consonância com a variação de 49,7 a 69,1 t ha⁻¹ colhidos em maracujazeiro amarelo irrigado com água salina de 3,4 dS m⁻¹ (DINIZ et al., 2012), mas não significa que quanto maior o nível salino das águas maior será o rendimento das culturas.

A superioridade da massa média dos frutos, produção por planta e rendimento por área do maracujazeiro amarelo sob irrigação com água salina, em relação a de outros autores é resposta principalmente das condições físicas do solo (Tabela 1) que possibilitam a lixiviação dos sais do ambiente radicular para as camadas mais profundas do solo. Solos com elevadas proporções de areia ou areia mais silte (Tabela 1), em geral, possuem espaço macroporoso suficiente para a lixiviação dos sais através das águas das chuvas. Nesse sentido, os menores valores da condutividade elétrica referentes ao período chuvoso evidenciam dois fatores importantes no cultivo irrigado com águas restritivas à agricultura. O primeiro é inerente à natureza física do solo e o segundo é a pluviosidade durante o período das águas para aumento da umidade, diluição dos sais e lixiviação para as camadas além do alcance das raízes.

Pelos resultados da Tabela 7, as pluviosidades de 112, 56, 85, 231, 170, 50 e 91 mm nos meses de janeiro a julho de 2010 foram suficientes para lixiviarem 49,2% dos sais da camada superficial (0-5 cm) transportados ao solo pelas irrigações com a água salina, no período árido de setembro a dezembro 2009. Ao considerar os baixos valores da condutividade elétrica nas camadas de 5-30 e de 30-45 cm no final do período das águas, verifica-se que a adequada situação física do solo e as pluviosidades contribuíram para níveis viáveis de produção do maracujazeiro amarelo. Esses resultados evidenciam que a agricultura irrigada não deve se fundamentar apenas no caráter químico,

isto é, na salinidade limiar da cultura ($CE_{es} = 1,3 \text{ dS m}^{-1}$) expressa pela condutividade elétrica do extrato de saturação do solo e na capacidade restritiva da água utilizada na irrigação (AYERS; WESTCOT, 1999). Tão importante quanto o caráter químico do solo e das águas, são as condições físicas do sistema edáfico para que plantas sensíveis possam produzir em nível economicamente viável, sob irrigação com águas que oferecem limitações à grande maioria das plantas cultivadas, como é caso. Essa situação parece coerente com Katerji et al. (2002) ao concluírem que a tolerância das plantas aos sais varia com o ambiente e se insere ao maracujazeiro amarelo que é sensível à salinidade.

6 CONCLUSÕES

O tratamento mais eficiente aos componentes de produção do maracujazeiro amarelo foi 80 kg de K_2O ha^{-1} associado com 3,6 t ha^{-1} de calcário.

O caráter salino do solo foi marcadamente elevado com as irrigações no período da estiagem, com maior intensidade na camada mais superficial, mas sem prejudicar a capacidade produtiva da cultura.

As adequadas condições físicas do solo em termos de textura, profundidade efetiva e espaço poroso, possibilitam a lixiviação dos sais do ambiente das raízes pelas águas do período chuvoso e permitem a utilização de águas salinas no cultivo do maracujazeiro amarelo durante o período da aridez.

7 REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. V. M.; CAVALCANTE, L. F.; SILVA, R. M.; DANTAS, T. A. G.; SANTOS, E. C. Effect of biofertilization on yellow passion fruit production and fruit quality. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 1, p. 136-148, 2017.

ARAÚJO, H. F.; COSTA, R. N. T.; CRISÓSTOMO, J. R.; SAUNDERS, L. C. U.; MOREIRA, O. C.; MACEDO, A. B. M. Produtividade e análise de indicadores técnicos do maracujazeiro-amarelo irrigado em diferentes horários. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 2, p. 159-164, 2012.

ARAÚJO, R. C.; BRUCKNER, C. H.; MARTINEZ, H. E. P.; SALOMÃO, L. C. C.; ALVAREZ, V. H.; SOUZA, A. P.; PEREIRA, W. E.; HIMUZI, S. Quality of yellow passionfruit (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa* Deg.) as affected by potassium nutrition. **Fruits**, Paris, v. 61, n. 5, p. 109-115, 2006.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29).

BORGES, A. L.; SOUZA, L. D. **Recomendações de calagem e adubação para maracujazeiro**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2010. 4 p (Comunicado Técnico, 141).

CAVALCANTE, L. F.; COSTA, J. R. M.; OLIVEIRA, F. K. D.; CAVALCANTE, I. H. L.; ARAÚJO, F. A. R. Produção do maracujazeiro-amarelo irrigado com água salina em covas protegidas contra perdas hídricas. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 3, p. 229-240, 2005.

CAVALCANTE, L. F.; OLIVEIRA, F. A.; GHEYI, H. G.; CAVALCANTE, I. H. L.; SANTOS, P. D. Água para agricultura: irrigação com água de boa qualidade e água salina. In: CAVALCANTE, L. F (Ed.). **O maracujazeiro amarelo e a salinidade da água**. João Pessoa: Sal da Terra, 2012. cap. 1, p. 17-66.

CORREIA, M. A. R.; FLORES, R. A.; PRADO, R. M.; NATALE, W.; ROZANE, D. E.; VALE, D. W. Using limestone to improve soil fertility and growth of mango (*Mangifera Indica* L.). **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 49, n. 8, p. 903-912, 2018.

DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; LEON, M. J.; SANTOS, G. P.; ALBUQUERQUE, R. P, F. Produção do maracujazeiro e resistência mecânica do solo com biofertilizante sob irrigação com águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 3, p. 644-651, 2011.

DINIZ, B. L. T.; DANTAS, T. A. G.; MACÊDO, J. P. S.; SANTOS, G. P.; SANTOS, C. J. O.; CAVALCANTE, L. F.; ANDRADE, R. Componentes da produção. In: CAVALCANTE, L. F. (Ed.). **O maracujazeiro amarelo e a salinidade da água**. João Pessoa: Sal da Terra. 2012. Cap. 4, p. 153-210.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solo, 2011. 230 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

FREITAS, J. P. X.; OLIVEIRA, E. J.; CRUZ NETO, A. J.; SANTOS, L. R. Avaliação de recursos genéticos de maracujazeiro amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 9, p. 1013-1020, 2011.

GONDIM, S. C.; CAVALCANTE, L. F.; CAMPOS, V. B.; MESQUITA, E. F.; GONDIM, P. C. Produção e composição foliar do maracujazeiro amarelo sob lâminas de irrigação. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 4, p. 100-107, 2009.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>>. Acesso em: 13 fev. 2019.

KATERJI, N.; MASTRORILLI, M.; HAMDY, A.; VAN HOORN, J. W. Water status and osmotic adjustment of broad-bean (*Vicia faba* L.) in response to soil salinity. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 2, p. 305-310, 2002.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. 1. ed. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Elsevier, 2012. 651 p.

MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 83-91, 2011. Número especial.

PACHECO, A. L. V.; PAGLIARINI, M. F.; FREITAS, G. B.; SANTOS, R. H. S.; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C. Mineral composition of pulp and production of the yellow passion fruit with organic and conventional fertilizers. **Food Chemistry**, London, v. 217, p. 425-430, 2017.

PIRES, A. A.; MONNERAT, H. P.; MARCIANO, C. R.; PINHO, L. G. R.; ZAMPIROLI, P. D.; ROSA, R. C.; MUNIZ, R. A. 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.

PRADO, R. M.; NATALE, W.; CORRÊA, M. C. M.; BRAGHIROLI, L. F. Efeito da aplicação de calcário no desenvolvimento, no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n.1, p. 145-149, 2004.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils**. Washington D.C.: United States Department of Agriculture, 1954. 160 p. (Agriculture Handbook, 60).

ROCHA, L. F.; CUNHA, M. S.; SANTOS, E. M.; LIMA, F. N.; MANCIN, A. C.; CAVALCANTE, Í. H. L. Biofertilizante, calagem e adubação com NK nas características físicas e químicas de frutos de maracujazeiro amarelo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 4, p. 555-562, 2013.

RODRIGUES, A. C.; CAVALCANTE, L. F.; DINIZ, A. A.; CAMPOS, V. B.; DANTAS, T. A. G.; CAVALCANTE, I. H. L. Biofertilizante supermagro e potássio na fertilidade de um

solo cultivado com maracujazeiro amarelo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 4, n. 1, p. 76-84, 2009.

SANTOS, R. V.; CAVALCANTE, L. F.; VITAL, A. F. M. Interações salinidade-fertilidade do solo. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura**: estudo básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal, 2010. p. 221-252.

SAS. **SAT/STAT 9.3**: User's Guide. Cary: SAS Institute Inc., 2011. 8621 p.

SILVA JÚNIOR, G. B.; CAVALCANTE, Í. H. L.; ALBANO, F. G.; OSAJIMA, J. A. Estado nutricional e clorofila foliar do maracujazeiro-amarelo em função de biofertilizantes, calagem e adubação com N e K. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 36, n. 2, p. 163-173, 2013.

SOARES, F. A. L.; CARNEIRO P. T.; GOMES, E. M.; GHEYI H. R.; FERNANDES, P. D. Crescimento e produção do maracujazeiro amarelo sob irrigação suplementar com águas salinas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 3, n. 2, p. 151-156, 2008.

SOUSA, V. F.; FOLEGATTI, M. V.; COELHO FILHO, M. A.; FRIZZONE, J. A. Distribuição radicular do maracujazeiro amarelo sob diferentes doses de potássio aplicadas por fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 51-56, 2002.

SOUZA, S. F.; RIBEIRO, V. G. Yellow passion-fruit irrigated in different cropping systems. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 38, n. 32, e-512, 2015.