Uso de soluções nutritivas no desenvolvimento e no estado nutricional de mudas de goiabeira: macronutrientes

Claudenir Facincani Franco^{1*} e Renato de Mello Prado²

¹Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Via de acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, 14884-900, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. ²Departamento de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista. *Autor para correspondência. e-mail: franco@fcav.unesp.br

RESUMO. O objetivo do trabalho foi estudar o efeito de diferentes soluções nutritivas sobre o desenvolvimento e o estado nutricional de mudas de goiabeira. Foram avaliadas 2 cultivares, Paluma e Século XXI, e 4 soluções nutritivas, em esquema fatorial (2x4) com 3 repetições. A cultivar Paluma apresentou maior eficiência nutricional, maior desenvolvimento e maior produção de massa seca que a cultivar Século XXI. As mudas de goiabeira apresentam desenvolvimento e eficiência nutricional semelhantes nas diferentes soluções nutritivas estudadas. As soluções nutritivas promovem maior alteração no teor de nutrientes nas folhas comparando ao caule e às raízes, entretanto não é suficiente para alterar o desenvolvimento e a produção de massa seca das mudas de goiabeira.

Palavras-chave: *Psidium guajava*, frutífera, nutrição mineral, massa seca, hidroponia.

ABSTRACT. Nutrition solutions in the culture of guava: effect in the development and nutritional state. The objective of this study was to evaluate the effect of different nutritional solutions on development and concentration of nutrients in guava cuttings. Two cv., Paluma and Século XXI, and four nutritional solutions were evaluated, in factorial scheme (2x4) with three replications. The cv. Paluma was bigger nutritional efficient, development and production of dry matter than Século XXI. The concentration of Zn is great in cv. Século XXI. The guava cuttings have development and nutritional efficient similar in the different nutritional solutions. The nutritional solutions promoted greater alteration in the concentration of nutrients in leaves than in stem and roots. However, it is not enough to modify the development and the production of dry matter of the guava cuttings. The biggest concentration of micronutrients occurs in roots of guava cuttings.

Key words: *Psidium guajava*, fruitful, mineral nutrition, dry matter, hydroponic.

Introdução

A goiabeira (*Psidium guajava*, L.) é originária da região tropical da América do Sul e encontra-se amplamente difundida em todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo (Medina, 1988), dada a sua grande importância, não só por seu elevado valor nutritivo como fonte de vitaminas C, A e B, pectina e por seu sabor e aroma característicos (Pereira e Martinez Júnior, 1986), mas também pela sua excelente aceitação *in natura*, pela possibilidade de uso industrial, além da capacidade que as essas plantas têm de se desenvolver em condições diversas (Chitarra, 1994).

A qualidade das mudas é fator fundamental para atingir a homogeneidade, o rápido desenvolvimento e a precocidade de produção, garantindo a expansão

dessa cultura no Brasil. Para se obter mudas de alta qualidade, é necessário atender à demanda adequada de nutrientes. Atualmente, o manejo da nutrição das mudas dessa fruteira é feita pelos viveiristas de forma empírica, tendo em vista o pouco conhecimento dos aspectos nutricionais da cultura devido à escassez de trabalhos científicos nessa área.

Nos estudos de nutrição mineral de plantas, o solo constitui-se em um meio altamente complexo e interativo para que sejam analisados os efeitos de um dado nutriente. Com a escolha de meios artificiais mais simples, que permitam um melhor controle das proporções dos diversos nutrientes, começou-se a trabalhar com soluções nutritivas arejadas, contendo os macro e micronutrientes necessários ao crescimento vegetal. Nesse sentido, na década de 50,

foi proposta por Hoagland e Arnon (1950) a primeira solução nutritiva para o cultivo de plantas. Desse modo, os primeiros estudos científicos desenvolvidos em solução nutritiva remontam à segunda metade do século XX (Hewitt, 1966). Diversas soluções nutritivas já foram, portanto, propostas na literatura, havendo, em alguns casos, diferenças marcantes entre elas com relação às concentrações dos macronutrientes, enquanto para os micronutrientes as diferenças são bem menores (Furlani *et al.*, 1999). No Brasil, têm sido utilizadas, em pesquisas com nutrição mineral de plantas, algumas soluções nutritivas como as propostas por Hoagland e Arnon (1950), Sarruge (1975), Castellane e Araújo (1995) e Furlani *et al.* (1999).

Por outro lado, não existe uma solução nutritiva ideal para todas as espécies vegetais e condições de cultivo (Teixeira, 1996), uma vez que a absorção de nutrientes é muito influenciada pela concentração dos nutrientes na solução e também pela espécie vegetal, cultivar e ambiente (Adams, 1994). Nesse sentido, Santos (2000), em cultivo hidropônico de alface com 6 soluções nutritivas, concluiu que a proposta por Castellane e Araújo (1995) apresentou produção superior às demais, bem como melhor aspecto qualitativo.

Especificamente para o cultivo de mudas de goiabeira em hidroponia, inexistem estudos que indiquem a solução nutritiva ideal para o cultivo, ou seja, aquela solução que possua os nutrientes de forma balanceada, que evite efeitos prejudiciais de deficiência nutricional, com reflexos na obtenção de plantas com equilíbrio nutricional desejável.

Diante desse contexto, o objetivo do trabalho foi estudar o efeito de diferentes soluções nutritivas sobre o desenvolvimento e o estado nutricional de mudas de goiabeira.

Material e métodos

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação na FCAV/Unesp, Jaboticabal, Estado de São Paulo, no período de fevereiro a agosto de 2004.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x4 com 3 repetições. Foram utilizadas 2 cultivares, Paluma e Século XXI, e 4 soluções nutritivas, cujas concentrações de nutrientes estão descritas na Tabela 1.

A unidade experimental foi composta por um vaso de polipropileno com 48 cm de comprimento x 16 cm de largura x 17 cm de altura (8 L) com 4 plantas. As mudas utilizadas foram obtidas a partir de propagação vegetativa de estacas herbáceas, enraizadas em câmaras de nebulização (Pereira e

Nachtigal, 1997). As estacas, compostas de um

Tabela 1. Composição química de nutrientes nas soluções nutritivas utilizadas no experimento.

	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4
-----mg.L ⁻¹ de solução nutritiva-----				
N	210,1	210,1	222,5	202,0
P	31,0	31,0	61,9	31,5
K	234,6	234,6	426,2	193,4
Ca	200,4	200,4	139,9	142,5
Mg	48,6	48,6	24,3	39,4
S	64,1	64,1	32,4	52,3
-----µg.L ⁻¹ de solução nutritiva-----				
B	500	500	325	262
Cu	20	39	48	38
Cl	648	722	-	-
Fe	5022	5000	5000	1800
Mn	502	502	419	369
Mo	11	12	52	65
Zn	50	98	261	114

Solução 1: Hoagland e Arnon (1950); Solução 2: Sarruge (1975); Solução 3: Castellane e Araújo (1995) e Solução 4: Furlani *et al.* (1999). As soluções nutritivas utilizadas para reposição apresentaram pH = 4,7 e Condutividade elétrica de 1,9 dS m⁻¹.

segmento de haste com um par de folhas correspondendo a um internódio, foram inicialmente colocadas em caixas de madeira contendo vermiculita (6-2-2004), sendo mantidas a céu aberto, recebendo nebulização intermitente de água a cada 15 segundos, por um período de 90 dias (06-05-2004), até o enraizamento. Com a finalidade de se obter um material mais uniforme, foram selecionadas plantas com a parte aérea e o sistema radicular com padrões de crescimento semelhantes. Após o enraizamento inicial, as estacas tiveram a metade de cada uma das folhas cortadas, bem como redução do sistema radicular (apartamento). Em seguida, as mudas foram lavadas em água corrente e imersas em água deionizada para completar a limpeza. Ressalta-se que as técnicas utilizadas até completar o enraizamento das estacas foram as mesmas comumente utilizadas em viveiros de produção comercial (Pereira e Nachtigal, 1997).

As mudas foram transplantadas e mantidas em solução nutritiva completa diluída a 1/4 da concentração usual durante os primeiros 15 dias. Após esse período, os tratamentos foram submetidos às respectivas soluções nutritivas completas (até 90 dias após o transplante). A solução nutritiva foi mantida sob aeração constante e renovada quinzenalmente, e a água utilizada foi deionizada.

O valor do pH da solução nutritiva foi monitorado diariamente e ajustado a $5,5 \pm 0,5$, utilizando-se solução NaOH ou HCl 0,1 M L⁻¹. A condutividade elétrica da solução nutritiva manteve-se a $1,85 \pm 0,05$ dS m⁻¹.

Foram avaliados o diâmetro do caule, a 5 cm da base da espuma com um paquímetro digital, altura das plantas com uma trena e número de folhas das mudas e, ao final do experimento, aos 90 dias de

aplicação dos tratamentos (3-8-2004), avaliou-se a área foliar com o auxílio de um aparelho integrador de áreas portátil LI-COR modelo LI-3100. Nessa ocasião, as mudas foram divididas em raízes, caule e folhas. Todo o material vegetal foi lavado em água deionizada e seco em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 65°C a 70°C, até peso constante. Em seguida, foi obtida a massa seca das folhas, do caule e das raízes. Esses materiais foram moídos e armazenados para as determinações químicas dos teores de macronutrientes no tecido vegetal, que seguiram a metodologia descrita por Bataglia *et al.* (1983).

A partir da massa seca e do conteúdo dos nutrientes na planta, foram calculados os índices: (a) eficiência de uso de nutriente = (massa seca total produzida)²/(conteúdo total do nutriente na planta) (Siddiqi e Glass, 1981); (b) eficiência de absorção = (conteúdo total do nutriente na planta)/(massa seca de raízes) (Swiader *et al.*, 1994); (c) eficiência de translocação = ((conteúdo do nutriente na parte aérea)/(conteúdo total do nutriente na planta)) 100 (Li *et al.*, 1991).

Para avaliação dos resultados, foram utilizadas a análise de variância mediante a aplicação de teste F e a comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Efeitos dos tratamentos na altura, no diâmetro do caule, no número de folhas, na área foliar e na produção de massa seca das cultivares

Para as variáveis altura, número de folhas, área foliar e massa seca, houve diferença significativa em função dos tratamentos apenas para o fator cultivar durante o período experimental (Tabela 2), enquanto para o diâmetro de caule não houve diferença.

A cultivar Paluma foi superior à cultivar Século

XXI para crescimento em altura, número de folhas, área foliar, massa seca nas raízes, no caule, nas folhas, parte aérea e total. Resultados semelhantes foram obtidos por Prado *et al.* (2003) quando observaram que o maior crescimento das mudas resultou em aumento linear da massa seca da parte aérea e das raízes da goiabeira. Da mesma forma que ocorreu para as variáveis de crescimento, o fator soluções nutritivas não apresentou diferença para massa seca nas diversas partes da planta.

Resultados da literatura também têm indicado que a cultivar Século XXI tem menor vigor quando comparada com a cultivar Paluma (Pereira *et al.*, 2003). Diante dessa informação, pode-se inferir que a cultivar Século XXI pode ser utilizada em espaçamentos menores na implantação dos pomares. Entretanto Santos *et al.* (1998) detectaram a independência entre vigor vegetativo e produção de plantas adultas de goiabeira.

A ausência do efeito das diferentes soluções nutritivas sobre as variáveis de crescimento pode ser explicada pela presença dos nutrientes nas quantidades exigidas pelas mudas. Soma-se, a isso, o fato de que a goiabeira, por ser planta rústica, tem uma determinada tolerância a pequenas variações das respectivas soluções nutritivas utilizadas.

No entanto é importante o uso da solução nutritiva mais adequada que permita o maior crescimento das plantas. Na literatura existem muitas formulações de soluções nutritivas que muitas vezes são derivadas da Solução 1. Santos (2000), estudando diversas soluções nutritivas para cultivo hidropônico de alface, concluiu que a Solução 3 apresentou produção superior às demais, bem como melhor aspecto qualitativo. Como inexistem estudos indicando uma solução nutritiva ideal para o cultivo de mudas de goiabeira, a confrontação dos resultados com a literatura fica prejudicada.

Tabela 2. Altura, diâmetro de caule, número de folhas, área foliar e de acúmulo de massa seca nas mudas de goiabeira cultivada em diferentes soluções nutritivas durante 90 dias.

Fontes de Variação	Altura de planta	Diâmetro de caule	Número de folhas	Área foliar	Folhas	Caule	Raiz	Parte Aérea	Total
	cm	mm		dm ²		----- g -----			
Cultivar									
Paluma	42,5 ^a	1,5 ^a	22,0 ^a	37,2 ^a	24,46 ^a	11,39 ^a	9,23 ^a	35,85 ^a	45,08 ^a
Século XXI	34,1 ^b	1,4 ^a	17,9 ^b	26,8 ^b	19,14 ^b	7,54 ^b	7,35 ^b	26,68 ^b	34,08 ^b
Solução									
1	40,2	1,6	19,9	32,5	22,52	9,55	8,32	32,07	40,39
2	37,0	1,3	20,3	30,4	19,83	8,85	7,80	28,68	36,50
3	38,7	1,3	20,5	33,4	22,61	10,16	8,98	32,76	41,82
4	37,4	1,6	19,2	31,8	22,25	9,30	8,08	31,55	39,62
C. V. (%)	7,5	20,0	16,2	9,8	9,1	11,3	9,5	8,7	8,3

Médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Solução 1: Hoagland e Arnon (1950); Solução 2: Sarruge (1975); Solução 3: Castellane e Araújo (1995) e Solução 4: Furlani *et al.* (1999).

Efeito dos tratamentos no teor de macronutrientes na folha, no caule e nas raízes das mudas

Nas folhas, para os teores de P, K e S, o fator cultivar foi significativo. A cultivar Paluma apresentou maiores teores que a Séc. XXI de K, enquanto a cultivar Séc. XXI apresentou maiores teores para P e S (Tabela 3).

Nas folhas, o fator solução nutritiva foi significativo para os teores de N, P, K, Mg e S (Tabela 3). Para o teor de N foliar, a Solução 4 foi semelhante à Solução 1 e superior às demais, embora tivesse menor concentração de N em sua composição (Tabela 1). Para o teor de P foliar, a Solução 4 foi semelhante às Soluções 2 e 3 e superior à Solução 1, embora a Solução 3 tivesse o dobro da concentração de P em relação às demais. A Solução 3 apresentou maior teor de K nas folhas, o que se deve à maior concentração de K nessa solução. As Soluções 2 e 4 resultaram teor de Mg foliar superior às demais e a Solução 3, inferior em relação às demais, fato que pode ser explicado pela menor concentração de Mg na Solução 3 (Tabela 1). A Solução 4 resultou em maior teor de S que as demais e semelhante à Solução 2; no entanto essa variação não está relacionada à concentração de S na solução nutritiva.

Tabela 3. Teor de macronutrientes das folhas das mudas de goiabeira em função dos tratamentos (cultivar e solução nutritiva) após 90 dias de cultivo hidropônico.

Fontes de variação	N	P	K	Ca	Mg	S
-----g kg ⁻¹ -----						
Cultivar						
Paluma	32,2	3,3 ^b	31,0 ^a	11,1	2,2	3,3 ^b
Séc. XXI	31,9	3,8 ^a	26,8 ^b	10,4	2,3	3,5 ^a
Solução						
1	32,4 ^{ab}	3,3 ^b	27,3 ^b	11,4	2,2 ^b	3,2 ^c
2	32,1 ^b	3,8 ^a	29,4 ^b	11,4	2,5 ^a	3,5 ^{ab}
3	30,4 ^c	3,5 ^{ab}	32,4 ^a	10,3	1,9 ^c	3,3 ^{bc}
4	33,2 ^a	3,7 ^a	26,7 ^b	10,0	2,4 ^a	3,6 ^a
Interação						
1 Paluma	32,5	3,2	31,3 ^a		2,3	3,3
1 Séc. XXI	32,3	3,3	23,2 ^b		2,1	3,2
2 Paluma	32,8 ^a	3,4 ^a	30,9 ^a		2,3 ^b	3,5
2 Séc. XXI	31,4 ^b	4,1 ^b	27,8 ^b		2,7 ^a	3,6
3 Paluma	30,8	3,3 ^b	33,8 ^a		1,9	3,2
3 Séc. XXI	30,0	3,7 ^a	30,9 ^b		1,9	3,4
4 Paluma	32,7	3,4 ^b	27,9		2,5	3,4 ^b
4 Séc. XXI	33,8	4,1 ^a	25,4		2,4	3,9 ^a
C.V.(%)	2,0	4,6	5,8	7,9	6,1	4,0

Médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Solução 1: Hoagland e Arnon (1950); Solução 2: Sarruge (1975); Solução 3; Castellane e Araújo (1995) e Solução 4: Furlani *et al.* (1999).

Nas folhas, a interação entre o fator solução nutritiva e cultivar foi significativo para os teores de N, P, K, Mg e S. O desdobramento das variáveis demonstrou que, para a Solução 2, a cultivar Paluma apresentou teor de N superior à cultivar Séc. XXI (Tabela 3). O desdobramento das variáveis demonstrou que a cultivar Séc. XXI apresentou o teor de P maior que a Paluma para as Soluções 3 e 4, enquanto que, na Solução 2, a cultivar Paluma teve

maior teor de P (Tabela 3). O desdobramento das variáveis demonstrou que a cultivar Paluma apresentou os teores de K maiores que a cultivar Séc. XXI para todas as soluções nutritivas, exceto para a Solução 4 (Tabela 3). O desdobramento das variáveis demonstrou que, para as Soluções 2 e 4, a cultivar Paluma apresentou os teores de Mg e S maiores que a cultivar Séc. XXI, respectivamente, enquanto, para as demais soluções nutritivas, não ocorre diferença nos teores de Mg e S nas cultivares.

Salvador *et al.* (1999), estudando deficiência de nutrientes em mudas de goiabeira originadas de sementes, após 63 dias de cultivo com a Solução 1, encontrou teores de 16,2; 2,0; 14,6; 4,7; 3; 2,9 g.kg⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, no terceiro par de folhas no tratamento completo. No presente estudo, o teor médio foi de 32; 3,6; 28,9; 10,8; 2,3; 3,4 g.kg⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, nas folhas das mudas. Para pomares de goiabeira Paluma, a partir do terceiro ano, Natale *et al.* (1996) consideram teores adequados de 20 – 23; 1,4 – 1,8; 14 – 17; 7 – 11; 3,4 – 4; 2,5 – 3,5 g.kg⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, na folha diagnóstica (terceiro par de folhas recém-maduras a partir da extremidade do ramo).

No caule, os teores de N, P, K, e Mg foram significativos para o fator cultivar, e a cultivar Paluma apresentou maior teor que a cultivar Séc. XXI para K, enquanto a cultivar Séc. XXI apresentou maiores teores de N, P e Mg (Tabela 4).

No caule, os teores de K e Mg foram significativos para o fator solução nutritiva. Para o teor de K no caule, a Solução 4 foi semelhante à Solução 1 e superior às demais, embora tivesse menor concentração de N em sua composição (Tabela 1). A Solução 3 foi semelhante à Solução 2 e superior às demais devido à maior concentração de K. A Solução 3 teve menor teor de Mg no caule, e isso se deve à menor concentração de Mg nessa solução.

No caule, a interação entre o fator solução nutritiva e cultivar foi significativo para o teor de K (Tabela 4). O desdobramento das variáveis demonstrou que as soluções 1, 2 e 3 na cultivar Paluma apresentaram o teor de K maior que na cultivar Séc. XXI.

Para as raízes, foi encontrada diferença significativa para o fator cultivar nos teores de P e Mg. A cultivar Séc. XXI apresentou maiores teores que a Paluma de P e Mg (Tabela 5).

Nas raízes, o teor de Ca foi significativo para o fator solução nutritiva. A Solução 2 foi semelhante às Soluções 1 e 3 e superior à Solução 4.

Nas raízes, a interação entre o fator solução

nutritiva e cultivar foi significativo para o teor de Mg (Tabela 5). O desdobramento das variáveis demonstrou que, para a Solução 2, a cultivar Paluma apresentou os teores de Mg maiores que a cultivar Século XXI, enquanto para as demais soluções nutritivas não ocorre diferença nos teores de Mg para as cultivares.

Tabela 4. Teor de macronutrientes no caule das mudas de goiabeira em função dos tratamentos (cultivar e solução nutritiva) após 90 dias de cultivo hidropônico.

Fontes de variação	N	P	K	Ca	Mg	S
Cultivar						
-----g kg ⁻¹ -----						
Paluma	13,7 ^b	1,9 ^b	23,0 ^a	7,8 ^a	2,1 ^b	2,4 ^a
Século XXI	14,5 ^a	2,2 ^a	21,1 ^b	7,8 ^a	2,5 ^a	2,4 ^a
Solução						
1	13,9	2,0	21,2 ^{bc}	7,9	2,4 ^a	2,3
2	14,2	2,0	22,6 ^{ab}	8,4	2,5 ^a	2,4
3	13,8	2,1	24,1 ^a	7,9	1,9 ^b	2,4
4	14,6	2,0	20,5 ^c	7,0	2,4 ^a	2,5
Interação						
1 Paluma			22,3 ^a			
1 Séc. XXI			20,2 ^b			
2 Paluma			25,0 ^a			
2 Séc. XXI			20,2 ^b			
3 Paluma			25,3 ^a			
3 Séc. XXI			22,8 ^b			
4 Paluma			21,3			
4 Séc. XXI			19,7			
C.V.(%)	5,3	6,2	4,7	11,8	8,0	6,0

Médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Solução 1: Hoagland e Arnon (1950); Solução 2: Sarruge (1975); Solução 3: Castellane e Araújo (1995) e Solução 4: Furlani *et al.* (1999).

Tabela 5. Teor de macronutrientes nas raízes das mudas de goiabeira em função dos tratamentos (cultivar e solução nutritiva) após 90 dias de cultivo hidropônico.

Fontes de variação	N	P	K	Ca	Mg	S
Cultivar						
-----mg kg ⁻¹ -----						
Paluma	17,2 ^a	2,7 ^b	27,2 ^a	6,9 ^a	1,6 ^b	3,1 ^a
Século XXI	18,9 ^a	3,2 ^a	25,0 ^a	7,6 ^a	2,1 ^a	3,0 ^a
Solução						
1	17,7	2,8	26,1	7,1 ^{ab}	2,0	3,0
2	17,1	3,0	26,0	8,5 ^a	2,0	3,2
3	17,3	3,0	27,7	7,5 ^{ab}	1,8	2,9
4	20,2	3,0	24,8	6,0 ^b	1,7	3,1
Interação						
1 Paluma					2,2	
1 Séc. XXI					1,9	
2 Paluma					2,3 ^a	
2 Séc. XXI					1,6 ^b	
3 Paluma					1,9	
3 Séc. XXI					1,8	
4 Paluma					2,1	
4 Séc. XXI					1,4	
C.V.(%)	11,7	15,5	14,5	13,7	11,3	11,9

Médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Solução 1: Hoagland e Arnon (1950); Solução 2: Sarruge (1975); Solução 3: Castellane e Araújo (1995) e Solução 4: Furlani *et al.* (1999).

Efeitos dos tratamentos no acúmulo de macronutrientes nas mudas de goiabeira

Nas mudas de goiabeira, a quantidade de N, P, K, Ca, Mg e S foi significativa para o fator cultivar. A cultivar Paluma apresentou maior quantidade acumulada que a Século XXI para

esses nutrientes (Tabela 6).

Para o fator solução nutritiva, a quantidade acumulada de N e K foi significativa (Tabela 6). Para a quantidade acumulada de N, a Solução 4 foi superior à Solução 2 e semelhante às demais (Tabela 6), embora tivesse menor concentração de N em sua composição (Tabela 1).

A Solução 3 foi semelhante à Solução 1 e superior às demais (Tabela 3) para o acúmulo de K, devido à Solução 3 ter concentração de K maior em relação às demais (Tabela 1). Não houve interação entre as soluções nutritivas e as cultivares estudadas para o acúmulo de matéria seca nas mudas de goiabeira (Tabela 3).

Tabela 6. Quantidade de nutrientes acumulados nas mudas de goiabeira em função dos tratamentos (cultivar e solução nutritiva) após 90 dias de cultivo hidropônico.

Fontes de variação	N	P	K	Ca	Mg	S
Cultivar						
-----mg-----						
Paluma	1101 ^a	127 ^a	1271 ^a	424 ^a	94 ^a	138 ^a
Século XXI	859 ^b	113 ^b	859 ^b	313 ^b	78 ^b	107 ^b
Solução						
1	1005 ^{ab}	114	1051 ^{ab}	393	89	120
2	898 ^b	114	993 ^b	366	86	116
3	980 ^{ab}	126	1227 ^a	378	78	125
4	1035 ^a	125	990 ^b	338	90	129
C.V.(%)	7,8	7,9	10,3	10,1	10,1	7,0

Médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Solução 1: Hoagland e Arnon (1950); Solução 2: Sarruge (1975); Solução 3: Castellane e Araújo (1995) e Solução 4: Furlani *et al.* (1999).

Efeitos dos tratamentos na eficiência nutricional em macronutrientes nas mudas de goiabeira

Eficiência de absorção

Nas mudas de goiabeira, a eficiência de absorção de P, K e Ca foi significativa para o fator cultivar. A cultivar Paluma apresentou maior eficiência de absorção que a Século XXI para o Ca, enquanto para o P e K esse comportamento foi oposto (Tabela 7).

Para o fator solução nutritiva, a eficiência de absorção de N e Mg foi significativa (Tabela 7). Para a eficiência de absorção de N, a Solução 4 foi superior à Solução 3 e semelhante às demais (Tabela 7), embora tivesse menor concentração de N em sua composição (Tabela 1).

A Solução 3 foi inferior às demais na eficiência de absorção de Mg (Tabela 7), devido à menor concentração de K em relação às demais (Tabela 1).

Não houve interação entre as soluções nutritivas e as cultivares estudadas para a eficiência de absorção nas mudas de goiabeira (Tabela 7).

Tabela 7. Eficiência de absorção de cada nutriente nas mudas de goiabeira em função dos tratamentos (cultivar e solução nutritiva) após 90 dias de cultivo hidropônico.

Fontes de variação	N	P	K	Ca	Mg	S
Cultivar	mg.g ⁻¹					
Paluma	120	14 ^b	138 ^a	46 ^a	10	15
Século XXI	117	15 ^a	117 ^b	43 ^b	11	15
Solução						
1	122 ^{ab}	14	124	47	11 ^a	15
2	115 ^{ab}	15	126	47	11 ^a	15
3	109 ^b	14	137	42	9 ^b	14
4	128 ^a	15	121	41	11 ^a	16
C.V.(%)	8,6	8,8	8,5	8,9	8,5	7,6

Médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Solução 1: Hoagland e Arnon (1950); Solução 2: Sarruge (1975); Solução 3: Castellane e Araújo (1995) e Solução 4: Furlani *et al.* (1999).

Eficiência de uso

Nas mudas de goiabeira, a eficiência de uso de N, P, K, Ca, Mg e S foi significativa para o fator cultivar. A cultivar Paluma apresentou maior eficiência de uso que a Século XXI para os nutrientes em estudo (Tabela 8).

Tabela 8. Eficiência de uso de cada nutriente nas mudas de goiabeira em função dos tratamentos (cultivar e solução nutritiva) após 90 dias de cultivo hidropônico.

Fontes de variação	N	P	K	Ca	Mg	S
Cultivar	g.mg ⁻¹					
Paluma	1,85 ^a	16,00 ^a	1,60 ^a	4,82 ^a	21,88 ^a	14,80 ^a
Século XXI	1,35 ^b	10,32 ^b	1,36 ^b	3,72 ^b	15,08 ^b	10,87 ^b
Solução						
1	1,62 ^{ab}	14,35 ^a	1,57 ^a	4,17 ^{ab}	18,32 ^b	13,66 ^{ab}
2	1,48 ^b	11,80 ^b	1,35 ^b	3,65 ^b	15,63 ^b	11,54 ^b
3	1,78 ^a	13,92 ^{ab}	1,42 ^{ab}	4,62 ^a	22,46 ^a	13,92 ^a
4	1,52 ^{ab}	12,64 ^{ab}	1,59 ^a	4,66 ^a	17,52 ^b	12,24 ^{ab}
C.V.(%)	10,2	11,4	8,4	11,1	10,2	10,8

Médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Solução 1: Hoagland e Arnon (1950); Solução 2: Sarruge (1975); Solução 3: Castellane e Araújo (1995) e Solução 4: Furlani *et al.* (1999).

Para o fator solução nutritiva, a eficiência de uso de N, P, K, Ca, Mg e S foi significativa (Tabela 8). Para a eficiência de uso de N, a Solução 3 foi superior à Solução 2 e semelhante às demais (Tabela 8), devido à maior concentração de N em sua composição (Tabela 1).

A Solução 1 apresentou maior eficiência de uso de P nas mudas de goiabeira que a Solução 2 e semelhante às demais (Tabela 8), sendo a concentração desse elemento, nessas soluções nutritivas, semelhantes (Tabela 1). As soluções 1 e 4 apresentaram maior eficiência de uso de K nas mudas de goiabeira que a Solução 2 e foram semelhantes à Solução 3 (Tabela 8).

As Soluções 3 e 4 apresentaram maior eficiência de uso de Ca nas mudas de goiabeira que a Solução 2 e foram semelhantes à Solução 3 (Tabela 8), devido à menor concentração desse elemento nessas soluções nutritivas em relação às demais (Tabela 1).

A Solução 3 apresentou maior eficiência de uso de Mg nas mudas de goiabeira que as demais (Tabela 8), devido à menor concentração desse elemento nessa solução nutritiva em relação às demais (Tabela 1).

A Solução 3 apresentou maior eficiência de uso de S nas mudas de goiabeira que a Solução 2 e foram semelhantes às demais (Tabela 8), devido à menor concentração desse elemento nessa solução nutritiva em relação às demais (Tabela 1). Não houve interação entre as soluções nutritivas e as cultivares estudadas para a eficiência de uso nas mudas de goiabeira (Tabela 5).

Eficiência de translocação

Nas mudas de goiabeira, a eficiência de translocação de N, K, Ca e Mg foi significativa para o fator cultivar. A cultivar Paluma apresentou maior eficiência de translocação que a Século XXI para o N, K, Ca e Mg (Tabela 9).

Tabela 9. Eficiência de translocação de cada nutriente nas mudas de goiabeira em função dos tratamentos (cultivar e solução nutritiva) após 90 dias de cultivo hidropônico.

Fontes de variação	N	P	K	Ca	Mg	S
Cultivar	%					
Paluma	86 ^a	81	80 ^a	85 ^a	84 ^a	79
Século XXI	84 ^b	79	78 ^b	82 ^b	80 ^b	79
Solução						
1	85	80	79	85	82 ^{ab}	80
2	85	80	79	82	83 ^{ab}	79
3	84	78	79	82	81 ^b	79
4	84	80	80	85	84 ^a	80
C.V.(%)	1,8	2,5	2,6	3,6	2,3	2,5

Médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Solução 1: Hoagland e Arnon (1950); Solução 2: Sarruge (1975); Solução 3: Castellane e Araújo (1995) e Solução 4: Furlani *et al.* (1999).

Para o fator solução nutritiva, a eficiência de translocação de Mg foi significativa (Tabela 9). Para a eficiência de translocação de Mg, a Solução 4 foi superior à Solução 3 e semelhante às demais (Tabela 9).

Não houve interação entre as soluções nutritivas e as cultivares estudadas para a eficiência de translocação nas mudas de goiabeira (Tabela 9).

De modo geral, as mudas de goiabeira da cultivar Paluma tiveram maior eficiência nutricional de macronutrientes que a Século XXI. Para as soluções nutritivas, ocorreu uma grande variação na eficiência nutricional de cada macronutriente sendo a solução 3 de melhor eficiência de uso e a Solução 4 de melhor eficiência de absorção e de redistribuição.

Conclusão

A cultivar Paluma apresentou maior eficiência nutricional, desenvolvimento e produção de massa

seca que a cultivar Século XXI.

As mudas de goiabeira apresentam desenvolvimento e eficiência nutricional semelhantes nas diferentes soluções nutritivas estudadas.

As soluções nutritivas promovem maior alteração no teor de nutrientes nas folhas comparando ao caule e raízes, entretanto não é suficiente para alterar o desenvolvimento e a produção de massa seca das mudas de goiabeira.

Agradecimentos

Ao Sr. José Mauro da Silva e João Mateus da Silva do viveiro de mudas do Sítio São João – Taquaritinga, Estado de São Paulo.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), pelo auxílio financeiro concedido (Processo n.º 03/11649-6).

Referências

- ADAMS, P. Nutrition of greenhouse vegetables in NFT an hydroponic systems. *Acta Hort.*, Wageningen, n. 361, p. 254-257, 1994.
- BATAGLIA, O.C. et al. *Métodos de análise química de plantas*. Campinas: Instituto Agrônomico, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).
- CASTELLANE, P.D.; ARAÚJO, J.A.C. de. *Cultivo sem solo: hidroponia*. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 1995.
- CHITARRA, M.I.F. Colheita e qualidade pós-colheita de frutas. *Inf. Agropecu.*, Belo Horizonte, v. 17, n. 179, p. 8-18, 1994.
- FURLANI, P.R. et al. *Cultivo hidropônico de plantas*. Campinas: IAC, 1999. 52 p. (Boletim Técnico, 180).
- HEWITT, E.J. *Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition*. Farham Royal: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1966.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. *The water culture method for growing plants without soils*. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 1950.
- LI, B. et al. Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings. *For. Sci.*, v. 37, p. 613-626, 1991.
- MEDINA, J.C. Cultura. In: ITAL, *Goiaba: cultura, matéria prima, processamento e aspectos econômicos*. 2. ed. Campinas: Ital, 1988. p. 1-21. (Série de frutas tropicais, 6).
- NATALE, W. et al. *Goiabeira: calagem e adubação*. Jaboticabal: Funep, 1996.
- PEREIRA, F.M.; NACHTIGAL, J.C. Propagação da goiabeira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DA GOIABEIRA, 1., 1997, Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal: Funep, 1997. p. 17-32.
- PEREIRA, F.M. et al. Século XXI: Nova cultivar de goiabeira de dupla finalidade. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 498-500, 2003.
- PEREIRA, F.M., MARTINEZ, J.R.M. *Goiabas para industrialização*. Jaboticabal: Legis Suma, 1986.
- PRADO, R.M. et al. Resposta de mudas de goiabeira à aplicação de escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 160-163, 2003.
- SALVADOR, J.O. et al. Efeito da omissão combinada de N, P, K S nos teores foliares de macronutrientes em mudas de goiabeira. *Sci. Agric.*, Piracicaba, v. 56, n. 2, p. 501-507, 1999.
- SANTOS, O.S. *Hidroponia da alface*. Santa Maria, 2000.
- SANTOS, R.R. et al. Avaliação de variedades de goiabeira em Monte Alegre do Sul (SP). *Bragantia*, Campinas, v. 57 n. 1, p. 117-126, 1998.
- SARRUGE, J.R. Soluções nutritivas. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v. 1, n. 3, p. 231-233, 1975.
- SIDDIQI, M.Y.; GLASS, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. *J. Plant Nutr.*, Monticello, v. 4, p. 289-302, 1981.
- SWIADER, J.M. et al. Genotypic differences in nitrate uptake and utilization efficiency in pumpkin hybrids. *J. Plant Nutr.*, Monticello, v. 17, p. 1687-1699, 1994.
- TEIXEIRA, N.T. *Hidroponia: Uma Alternativa Para Pequenas Áreas*. Guaíba: Agropecuária, 1996.

Received on September 02, 2005.

Accepted on June 19, 2006.