

Efeito do cloreto de potássio na salinidade de um solo cultivado com pimentão, *Capsicum annuum* L., em ambiente protegido

Maria Anita Gonçalves da Silva^{1*}, Antonio Eneidi Boaretto², Henriqueta Gimenes Fernandes² e Walkyria Bueno Scivittaro³

¹Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.

²Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Cena, C.P. 96, 13400-970, Piracicaba, São Paulo, Brasil. ³Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa, clima temperado, Br 392, Km 78, C.P. 403, 96001-970, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

*Author for correspondence. e-mail: magsilva@uem.br

RESUMO. Avaliou-se o efeito do cloreto de potássio na condutividade elétrica e na salinidade de um solo latossolo vermelho mesoférrico, cultivado durante 34 semanas com pimentão, *Capsicum annuum* (Solanaceae), sob cultivo protegido. O KCl apresentou efeito salino, acima de 40 cm de profundidade, quando aplicado em doses de 16,6 g.m⁻², correspondentes a teores no solo maiores que 4,4 mmol_c.dm⁻³ e proporções acima de 5,0% de saturação de K no complexo de troca. Os teores de cloreto nas folhas, caules e frutos aumentaram com as doses de KCl, sendo em média de 7680, 5060 e 4400 mg.kg⁻¹, respectivamente, porém sem ocorrer sintomas visíveis de toxidez nas folhas ou comprometimento na produção de frutos. O KCl favoreceu a concentração de Cl⁻ nos frutos apenas nas doses baixas de N (13,3 g.m⁻²). Ao final do ciclo, os maiores conteúdos de cloreto foram encontrados nos frutos de pimentão (média de 70586 g.m⁻² ou 87% do total acumulado), enquanto o menor conteúdo do nutriente ocorreu no caule (11905 mg.m⁻²).

Palavras-chave: pimentão, fertilização, condutividade elétrica, latossolo vermelho mesoférrico.

ABSTRACT. Effect of potassium chloride on salinity of soil with pepper culture (*Capsicum annuum* L.). The effect of potassium chloride on the soil electric conductivity and salinity, in oxisol, with pepper culture *Capsicum annuum* (Solanaceae) in protected cultivation were evaluated after 34 weeks. KCl presented saline effect up to 40 cm of deep of soil. K was then applied in rates of 16.6 g.m⁻², corresponding to rates which were higher than 4.4 mmol_c dm⁻³ and proportions over 5.0 % of potassium saturation in exchange. The rate of chloride in the fruits, leaves and stem increased according to KCl rates. Averages were 7680, 4400 and 5060 mg.kg⁻¹ respectively without any visible symptoms of toxicity in the leaves or any impairment in fruit production. KCl benefited Cl⁻ concentration in the fruits at low N doses (13.3 g.m⁻²). Greater contents of Cl were found in sweet pepper at the end of the cycle (average 70586 g.m⁻² or 87% of total). The least content of the nutrient occurred in the stem (11905 g.m⁻²).

Key words: sweet pepper, fertilization, electric conductivity, oxisol.

Entre várias hortaliças, o pimentão tem sido plantado em condições de cultivo protegido, o qual possibilita um abastecimento contínuo e colheitas em períodos de baixa oferta do produto no mercado, alcançando por isso, preços mais competitivos. Porém, tem-se pouco conhecimento sobre as exigências nutricionais da cultura nesse ambiente, havendo muitas vezes uma adubação excessiva, levando o solo à um acúmulo de sais. Esse tem sido o principal problema nos cultivos protegidos, impossibilitando novos plantios no mesmo local.

De acordo com Marschner (1997), a alta salinidade de alguns fertilizantes, principalmente o

KCl compromete o crescimento e distribuição das raízes assim como a absorção de água e nutrientes, porque diminui o potencial osmótico próximo à rizosfera, dificultando o caminhamento dos íons até as raízes.

Persaud *et al.* (1977) encontraram efeito salino devido à aplicação de N e K, em faixas, abaixo da linha de gotejo, em solos arenosos da Flórida. Conseqüentemente, as raízes principais tiveram grande ramificação, com o aumento do número de raízes laterais, principalmente na aplicação dos níveis médios e altos dos nutrientes (202 e 303 kg.ha⁻¹ para N, aplicado como uréia e 222 e 333 kg.ha⁻¹ para K,

aplicado como KNO_3). Embora o efeito dos fertilizantes tivesse efeito sobre a divisão das raízes, não foi observada, na época da frutificação, influência na concentração de nutrientes pelas plantas de pimentão.

Aplicações de doses elevadas e contínuas de KCl no solo podem também elevar o conteúdo de cloreto na planta, conduzindo a uma clorose e necrose das folhas, além de queda na produção. De acordo com Malavolta *et al.* (1997), o cloro não entra na constituição de compostos orgânicos, sendo necessário para a fotólise da água, durante a fotossíntese e transporte eletrônico, que leva a redução de oxidantes deletéreos produzidos fotoquimicamente.

De acordo com Marschner (1995), as plantas podem conter em média 2 a 20 mg.g^{-1} de cloro na matéria seca, porém a maioria requer de 0,2 a 0,4 mg.g^{-1} de cloreto na matéria seca, para um ótimo crescimento, isto é, 10 a 100 vezes menos, sendo, contudo, mais comum a sua toxidez que a sua deficiência. Teores de 20 a 30 mg Cl.g^{-1} de matéria seca, foram prejudiciais, em folhas de plantas mais sensíveis ao cloro, como cevada, beterraba, espinafre e alface. Mills e Jones (1996) referem-se a níveis de cloreto entre 0,05 e 0,20 mg.g^{-1} , comumente encontrados nas plantas, sendo geralmente mais altos no limbo foliar, seguido pelos pecíolos, caules e frutos.

Os objetivos desse trabalho foram avaliar o efeito do cloreto de potássio, na salinidade do solo, na concentração e no conteúdo de cloreto, em plantas de pimentão, cultivadas em ambiente protegido, durante 34 semanas.

Material e métodos

Cultivou-se pimentão, *Capsicum annuum* (Solanaceae), cultivar Mayata, em ambiente protegido, com área de 210 m^2 e telas laterais, localizado no Centro Experimental IAC - Campinas, Estado de São Paulo. Após preparo do solo, sete dias antes do transplante das mudas, foram aplicados em área total esterco de curral, em quantidades relativas a 20 t ha^{-1} (Nagai *et al.*, 1995) e calcário dolomítico, visando aumentar a saturação de bases à 80% e o teor de Mg para 9,0 mmol.dm^{-3} . Nos sulcos de plantio, foram aplicados P (60 g.m^{-2} de P_2O_5), B (100 mg.dm^{-3}) e Zn (240 mg.dm^{-3}), de acordo com recomendação de Boaretto (1986) e Raij *et al.* (1996), usando como fontes super fosfato simples, bórax e sulfato de zinco.

O solo (Latossolo Vermelho mesoférico) recebeu adubação nitrogenada (uréia) e potássica (cloreto de potássio), em cobertura, entre o período

de 13/11/96 a 24/01/97. As adubações iniciaram-se 13 dias após o transplante e foram aplicadas parceladas em seis vezes. Os tratamentos compreenderam uma testemunha, sem N e K e a combinação, em esquema fatorial, de duas doses de N (13,3 e 39,9 g.m^{-2}) e duas doses de K (5,5 e 16,6 g.m^{-2}); os níveis menores dos nutrientes foram escolhidos de acordo com Boaretto (1986) e Raij *et al.* (1996). Os adubos foram aplicados ao lado das plantas, nas duas linhas de cada canteiro, logo abaixo dos gotejadores.

As amostras de solo, por parcela, foram coletadas às profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, após 34 semanas de cultivo. Os locais de coleta para a análise de solo basearam-se na área umidecida pela água, sendo as amostras recolhidas no centro e nas duas laterais da linha de gotejo. O solo foi seco ao ar e moído.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial (2x2x1), com 4 repetições, totalizando 20 parcelas. Cada parcela experimental foi composta de 11 plantas dispostas em duas linhas, num total de 220 plantas. Foram consideradas úteis as sete plantas em posição central, onde cada planta ocupava uma área de 0,30 m^2 , com 0,50 m entre plantas e 0,60m entre linhas.

A condutividade elétrica foi determinada, após a colheita do pimentão, utilizando-se uma proporção solo-água de 1:1 (50 g de solo e 50 mL de água deionizada). Após homogeneização e permanência de 24 h em repouso, a suspensão foi centrifugada por 20 min e lida em condutivímetro (Camargo *et al.*, 1986).

A concentração de cloro foi determinada no caule + ramos e folhas + pecíolos, ao final do ciclo de cultivo, após 34 semanas e nos frutos, em quatro épocas de colheita (após 12, 15, 21 e 30 semanas do plantio). A metodologia de extração e determinação seguiu recomendação de Malavolta *et al.* (1997).

Os tratamentos foram avaliados através do programa estatístico SAS. Para a avaliação da condutividade elétrica no solo, utilizou-se o teste de Dunnett bilateral ao nível de 5% de probabilidade, para comparar a testemunha com os demais tratamentos e o teste F, para comparar os tratamentos entre si, num fatorial 2 x 2.

Resultados e discussão

Foram observados maiores valores de condutividade elétrica (C.E.), relacionados à maior dose de K (16,6 g.m^{-2}), aplicado ao solo como KCl, evidenciando de forma significativa, o efeito salino desse fertilizante, independente da dose de uréia aplicada (Figura 1). Os resultados demonstraram a movimentação de KCl até a profundidade de 40 cm

no solo, nessa dose, embora os solos apresentassem alto teor de matéria orgânica (Tabela 1). Os teores médios de K no solo ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$) foram de 4,40 (0-20 cm) e de 5,20 (20-40 cm), como pode ser visualizado na Tabela 1.

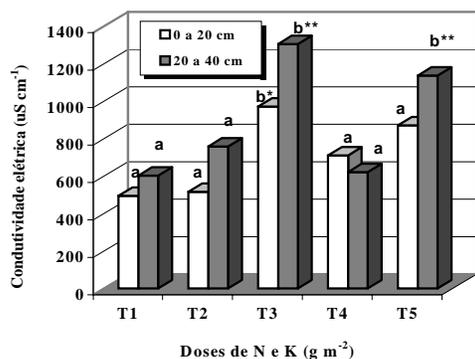


Figura 1. Condutividade elétrica do solo, em função da profundidade de amostragem e das doses de N e K aplicadas ao solo. Para a mesma profundidade, barras seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Dunnett a 5% (*) e 1% (**) de probabilidade. T1- testemunha sem N e K; T2- N = 13,3 e K = 5,5 g.m^{-2} ; T3 - N = 13,3 e K = 16,6 g.m^{-2} ; T4 - N = 39,9 e K = 5,5 g.m^{-2} ; T5 - N = 39,9 e K = 16,6 g.m^{-2}

O excesso de sais poderá comprometer o desenvolvimento do sistema radicular, o crescimento e a produção da cultura. De acordo com Marschner (1995), altas concentrações de sais no solo aumentam a pressão osmótica do meio, prejudicando o desenvolvimento das raízes assim como a absorção de água e nutrientes pelas plantas. O rendimento do pimentão diminuiu de 6,31 para 5,92 kg.m^{-2} quando o K foi aplicado em doses maiores que 5,5 g.m^{-2} , provavelmente devido ao aumento da salinidade do fertilizante no solo (Silva *et al.*, 1999).

A dose de 16,6 g.m^{-2} de K, correspondeu a uma saturação de K no complexo de troca maior que

5,0%, independente da profundidade amostrada (Figura 2).

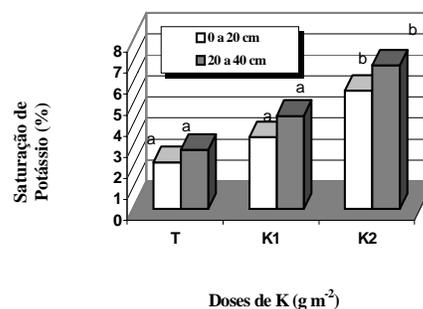


Figura 2. Saturação de potássio no solo (%), após 34 semanas de cultivo do pimentão. T- testemunha sem K; K1 - 5,5 g.m^{-2} de K; K2 - 16,6 g.m^{-2} de K

Hochmuth *et al.* (1994) não encontraram aumento significativo na C.E. ($3700 \mu\text{S.cm}^{-1}$), quando aplicaram até 224 kg.ha^{-1} de K, como KNO_3 , em solos arenosos da Flórida, após 15 semanas de cultivo. Bernstein e Francois (1975) cultivaram pimentão irrigado por gotejo e encontraram, após 9 semanas de cultivo, altos valores de condutividade elétrica, até a profundidade do solo de 2,5 cm, na entre linha das plantas; os valores estiveram entre 45 a 48 mmhos.cm^{-1} , para os maiores níveis da solução salina adicionada. Os autores observaram que a salinidade diminuiu com a profundidade do solo, principalmente até 30 cm, chegando a um valor de $4,2 \text{ mmhos.cm}^{-1}$, no mesmo período de tempo. Cultivando tomate, em solução nutritiva, com diferentes proporções de N e K, Papadopoulos e Kosla (1990) verificaram que, após 28 semanas do transplante, a C.E. diminuiu de 3800 para $1100 \mu\text{S.cm}^{-1}$ à medida que a proporção de K:N passou de 2:1 a 1,1:1, sem haver prejuízo no rendimento e qualidade dos frutos.

Tabela 1. Efeito das adubações nitrogenadas e potássicas sobre características químicas do solo, em diferentes profundidades, ao final do cultivo

N e K g.m^{-2}	pH		Acidez Potencial		Matéria Orgânica		Nitrogênio		Potássio		Cálcio + Magnésio	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
			$\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$		g.dm^{-3}		g kg^{-1}		$\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$			
N 13,3	5,6	5,3	27,8	32,5	23,8	21,5	1,38	1,22	4,47	5,29	68,0	58,4
N 39,9	5,5	5,2	27,9	34,8	22,8	23,8	1,39	1,21	4,38	5,17	63,4	53,8
K 5,5	5,5	5,2	28,8	35,2	23,5	23,5	1,36	1,23	3,22	4,14	65,5	52,1
K 16,6	5,7	5,3	27,0	32,1	23,1	21,9	1,41	1,19	5,63	6,33	63,7	52,7
N	ns ⁽¹⁾	ns ⁽²⁾	ns	-	-	-	ns	ns	-	-	-	-
K	-	-	-	-	-	-	-	-	** ⁽²⁾	**	-	-
Média	5,5	5,2	27,9	33,3	23,3	22,7	1,40	1,20	4,40	5,20	65,2	54,3
CV (%)	4	5	13	13	6	14	4	4	21	22	21	18

(1): diferença não significativa entre as médias dos tratamentos; (2): diferença significativa, ao nível de 1% de probabilidade entre as médias dos tratamentos.; (3): variáveis não analisadas estatisticamente

Observou-se que o aumento das doses de N, aplicado como uréia, diminuiu a concentração de Cl⁻ no caule+ramos, folhas+pecíolos e frutos, provavelmente devido a um antagonismo entre Cl⁻ e NO₃⁻ (Tabela 2). De forma semelhante, a dose de N de 39,9 g.m⁻² diminuiu os teores de cloreto nos frutos, mesmo quando o KCl estava alto no solo, principalmente nas três últimas colheitas (Figura 3). De forma semelhante, Gomes *et al.* (1996) encontraram inibição competitiva entre nitrato em solução nutritiva e cloreto absorvido por plantas de pimentão. Os teores de cloreto encontrados na matéria seca da planta estão de acordo com os teores requeridos pelo pimentão, de acordo com Marschner (1995), que se refere a teores na planta entre 2000 a 20000 mg.kg⁻¹. Porém, a concentração média de cloreto encontrada nas folhas do pimentão (7492 mg.kg⁻¹) foi menor que as concentrações referidas pelo mesmo autor, como sendo responsáveis pelo aparecimento de sintomas de toxidez em plantas mais sensíveis ao elemento. Os teores de cloreto nas folhas encontrados justificam a ausência de sintomas foliares de toxidez, embora a produção de frutos tenha diminuído de 6,31 para 5,92 kg.m⁻², de acordo com Silva *et al.* (1999).

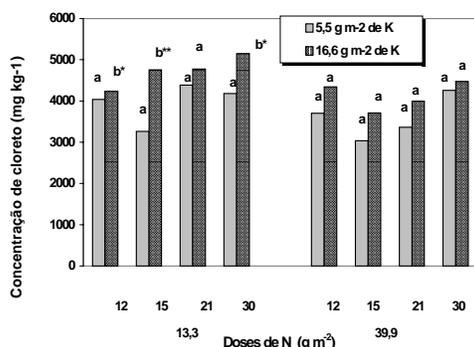


Figura 3. Concentração de cloreto em frutos de pimentão relacionado às doses de N do solo e às épocas de colheita (12, 15, 21 e 30 semanas após o plantio). Para a mesma época de colheita, barras seguidas de letras iguais, não diferem significativamente pelo teste de F a 5 % (*) e 1 % (***) de probabilidade

Após 34 semanas de cultivo, as maiores concentrações de cloreto foram encontrados nas folhas, sendo em média de 7492 mg.kg⁻¹. De forma semelhante, Sziklai *et al.* (1988) observaram maior concentração de Cl⁻ nos caules e folhas de pimentão, em estágio de plena frutificação, considerando um tempo de cultivo em torno de 12 semanas, respectivamente de 18686 e 13890 mg.kg⁻¹ de Cl, comparativamente a 3869 mg.kg⁻¹ do elemento nos frutos. Bernstein e Francois (1975) encontraram teores semelhantes nas folhas, para o mesmo período

de 12 semanas, cultivando pimentão em solução nutritiva submetido a altos níveis de sais com cloreto. Os autores observaram queima nas folhas devido aos altos níveis de sais cloreto em solução, quando os teores estiveram entre 31500 a 57759 mg.kg⁻¹.

Furlani *et al.* (1979) referem-se a teores de cloreto mais baixos nos frutos de pimentão (1019 mg.kg⁻¹).

Teores elevados de cloreto em pimenta malagueta foram determinados por Malavolta *et al.* (1991), chegando a 7000 mg.kg⁻¹ a concentração do nutriente nos frutos, com uma exportação de 7,6 (kg ha⁻¹) numa proporção de 20%.

Em média foi determinado um conteúdo de cloreto de 1195; 9040; 10235; 70586; 80821mg.m⁻² de cloreto acumulado respectivamente no caule, folhas, caule + folhas, frutos e parte aérea do pimentão. Os frutos acumularam 87,3% do nutriente.

Concluiu-se, portanto, que doses de K de 16,6 g.m⁻², aplicadas como KCl, correspondentes a teores no solo maiores que 4,4 mmol_c.dm⁻³ e saturação de K acima de 5,0 % no complexo de troca, aumentaram a condutividade elétrica e a salinidade do latossolo vermelho mesoférico, até a profundidade de 40 cm. Os maiores teores de cloreto, após 34 semanas de cultivo, foram encontrados nas folhas, porém sem ocorrer o aparecimento de sintomas visuais de salinidade. O cloreto acumulou-se mais nos frutos de pimentão (média de 70586 mg.m⁻² ou 87,3% do total absorvido), aumentando com a dose de KCl aplicada e o caule acumulou menor quantidade do nutriente (média de 1195 mg.m⁻²).

Tabela 2. Teores de cloreto em pimentão ao final do ciclo, após 34 semanas de cultivo em resposta à adubação com nitrogênio e potássio

N e K	Caule+ramos	Folhas+pecíolos	Frutos
	----- mg.kg ⁻¹ -----		
g.m ⁻²			
N (13,3)	5140	8050	4302
N (39,9)	4480	7270	3860
K (5,5)	4630	7360	3775
K (16,6)	4740	7430	4400
F (N) linear	*(1)	ns	*
F (K)	ns	ns	*
C.V. (%)	13,9	24,5	9,5

(1) Diferenças significativas entre as médias dos tratamentos a nível de 5 % (*) de probabilidade

Agradecimentos

Ao Engenheiro Agrônomo Flávio Pagani de Castro e ao Sr. Assis Lopes dos Santos pelo apoio nos trabalhos de campo e ao Prof. Dr. Takashi Muraoka pela amizade e ensinamentos que muito

contribuíram para a realização deste trabalho. À FAPESP – S.P., pelo financiamento desta pesquisa.

Referências

- BERNSTEIN, L.; FRANCOIS, E. Effects of frequency of sprinkling with saline waters compared with daily drip irrigation. *Agron. J.*, Madison, v.67, p. 185-190, 1975.
- BOARETTO, A.E. *Análise química de terra e recomendação de calagem e adubação para as principais culturas do Estado de São Paulo*. Botucatu: Fundação de Estudos Agrícolas e Florestais, 1986. (Boletim Didático, 2).
- CAMARGO, O.A. *et al.* Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas: SDTC – IAC, 1986, (Boletim Técnico 106).
- FURLANI, A.M.C. *et al.* Composição mineral de diversas hortaliças. *Revista de Olericultura*, Campinas, v, 17, p.102-114, 1979.
- GOMES, I. *et al.* Salinity and nitrogen fertilization affecting the macronutrient content and yield of sweet pepper plants. *J. Plant Nutr.*, Monticello, v. 19, n. 2, p. 353-359, 1996.
- HOCHMUTH, G.J. *et al.* Pepper response to fertilization with soluble and controlled release potassium fertilizers. *Proc.Fla. State of Hort. Society*, Winter Haven, v. 107, p. 132-139, 1994.
- MALAVOLTA, E. *et al.* Nota sobre as exigências nutricionais da pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*). *Rev. Agric.*, Piracicaba, v.16, n. 2, p.193-201, 1991.
- MALAVOLTA, E. *et al.* *Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*, 2. ed. San Diego: Academic Press, 1997.
- NAGAI, H. In: FAHL, J.I. *et al.* (Ed). *Instruções agrícolas para o Estado de São Paulo*. 6. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1995. p. 335-337 (Boletim 200).
- PAPADOPOULOS, A.P.; KHOSLA, S. Limitations of the K: N ration in the nutrient feed of drip irrigated greenhouse tomatoes as a crop management tool. *Can. J. Plant Sci.*, Ottawa, v. 73, p. 289-296, 1993.
- PERSAUD, N. *et al.* Influence of fertilizer rate and placement and irrigation method on plant nutrient status, soil soluble salt and root distribution of mulched tomatoes. *Soil Crop Sci. Soc. Fla Proc.*, Bradenton, v. 36, n. 1, p. 121-125, 1977.
- RAIJ, B. VAN *et al.* *Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1996.
- SILVA, M.A.G. *et al.* Rendimento e qualidade de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido em função do nitrogênio e potássio aplicados em cobertura. *Revista Ciência Agrícola*, v. 56, n. 4, p. 1199-1207, 1999.
- SZIKLAI, I.L. *et al.* Distribution of trace and minor elements in Hungarian spice paprika plants. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, Lausanne, v. 122, n. 2. p.233-238, 1988.

Received on October 24, 2000.

Accepted on August 03, 2001.