

BRAGANTIA

Revista Científica do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo

Vol. 35

Campinas, outubro de 1976

N.º 29

EFEITOS DA APLICAÇÃO DE CLORETO E DE SULFATO DE POTÁSSIO NA NUTRIÇÃO DO CAFEIEIRO (1, 2)

A. M. C. FURLANI (3), *Seção de Química Analítica, Instituto Agrônomo, R. A. CATANI, Departamento de Química, E. S. A. "Luiz de Queiroz", F. R. P. DE MORAES (3), Seção de Café Instituto Agrônomo e C. M. FRANCO, Instituto Brasileiro do Café*

SINOPSE

No presente trabalho foram estudadas as variações nos teores dos nutrientes nas folhas de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. catuai) em função das quantidades de cloreto e de sulfato de potássio aplicadas, acompanhadas de observações sobre os sintomas de toxicidade e sobre o desenvolvimento das plantas.

O ensaio foi instalado em vasos, em casa de vegetação, constando de 12 tratamentos com cinco repetições, e o solo utilizado procedeu do grande grupo Latossolo Vermelho-amarelo, Orto.

Foram determinados nas folhas, os teores de macro e micronutrientes. Altos teores de Cl foram relacionados com sintomas de redução no crescimento, necrose e desfolhação. Foi estabelecido um limite de toxicidade para o cultivar estudado. Em função dos tratamentos, houve alteração nos teores de K, Ca, P, S e Cu, principalmente.

1 — INTRODUÇÃO

O efeito do cloro na nutrição tem relevada importância para as culturas e muitos autores já relacionaram o teor desse elemento nas plantas com a produção.

(1) Parte da Dissertação apresentada à E.S.A. "Luiz de Queiroz", U.S.P., em 1973, para obtenção do título de Mestre pelo primeiro autor.

(2) Trabalho apresentado na XXVII Reunião Anual da SBPC, B.H., 1975. Recebido para publicação em 24 de fevereiro de 1976.

(3) Com bolsa de suplementação do C.N.Pq.

Assim, Ollagnier & Ochs (17) observaram aumento crescente da produção em plantações de palmeiras e coqueiros da América, África, Ásia e Oceânia, pelo aumento da dose de cloreto de potássio aplicada. Pela análise foliar, determinaram correlação positiva entre o aumento na produção e o teor de cloro nas folhas, fato não encontrado para o potássio.

Entretanto, devido ao uso crescente de adubos potássicos clorados na maior parte das culturas, vem se acentuando o problema inverso, que se constitui no acúmulo de cloro nas plantas, principalmente nas perenes e naquelas cujos restos de cultura voltam ao solo anualmente.

Eaton (10) apresentou dados compilados, acima dos quais as plantas exibiam sintomas de toxicidade. Em abacateiros, esses limites nas folhas variaram desde 0,22% até 1,48%; em pomelo, de 1,28% a 2,77%; em batata 5,35%, em arroz, de 1,85% a 2,12%, etc.

Poucos são os trabalhos que tratam do teor de cloro no cafeeiro. Müller (16) apresentou uma série de dados sobre macro e micronutrientes no cafeeiro, mas nada mencionou sobre a concentração de cloro. Citou apenas que não foram constatados sintomas de deficiência desse elemento na referida planta.

Sendo o cafeeiro uma planta perene e bastante exigente em potássio, tanto para a formação e desenvolvimento de suas raízes, troncos, ramos e folhas como para a produção de frutos (5), as sucessivas adubações potássico-cloradas deveriam provocar um acúmulo de cloro em seu interior. De fato, Catani e colaboradores (6) determinaram a concentração e a quantidade de micronutrientes e de alumínio no cafeeiro e salientaram a alta concentração de cloro nas diversas partes da planta, principalmente nas folhas e frutos. Determinaram teores superiores a 7300 ppm nas folhas e a 3400 ppm nos frutos.

Arana (2), num experimento com doses crescentes de KCl e K₂SO₄, utilizando mudas em viveiros e plantas adultas no campo, observou sintomas de toxicidade nas mudas dos tratamentos com doses altas de cloreto, caracterizados por queima, necrose e desfolhação. Pela análise verificou que as folhas anormais apresentavam 3000 ppm de Cl e correspondiam ao tratamento onde aplicou 0,6 g de K₂O na forma de KCl por muda. No campo, observou sintomas semelhantes nas plantas que receberam 400 g de K₂O na forma de KCl e que apresentaram teores de Cl acima de 2900 ppm.

Entretanto, Catani e colaboradores (7) analisaram folhas de cafeeiro adubadas com quantidades crescentes de KCl no campo, e constataram que a planta que recebeu 400 g de K₂O na forma de KCl apresentou teor superior a 5000 ppm de Cl e, apesar disso, não foram verificados sintomas de toxicidade.

Este trabalho teve por objetivo estudar a variação dos teores dos nutrientes nas folhas de mudas de cafeeiro, em função das quantidades de cloreto e de sulfato de potássio aplicadas, e acompanhar os sintomas de toxicidade e o desenvolvimento das plantas.

2 — MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em casa de vegetação, em 60 vasos com capacidade para 10 kg, providos de pratos coletores de água e pintados internamente com "neutrol-45". O solo utilizado, passado através de peneira de malha de 4 mm, procedeu do grande grupo Latossolo Vermelho-Amarelo, Orto. A análise química desse solo, efetuada no Departamento de Química da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", revelou as seguintes características: pH = 4,80; $PO_4^{3-} = 0,04$, $K^+ = 0,18$, $Ca^{2+} + Mg^{2+} = 1,25$, $Al^{3+} = 0,90$ e $H^+ = 4,80$ e. mg/100 g terra; %C = 0,83.

As mudas (*Coffea arabica* L. cv. catuai) utilizadas tinham aproximadamente dois meses de idade, das quais foram transplantadas quatro por vaso.

Os tratamentos, com repetições, foram os seguintes:

NPK	g K ₂ O/vaso
N ₀ P ₀ K ₀ (Testemunha)	0
N ₀ P ₀ K ₀ (NP)	0
N ₁ P ₁ K ₁ (KCl-1)	2,0 (na forma de KCl puro)
N ₁ P ₁ K ₂ (KCl-2)	4,0 (na forma de KCl puro)
N ₁ P ₁ K ₃ (KCl-3)	8,0 (na forma de KCl puro)
N ₁ P ₁ K ₄ (KCl-4)	16,0 (na forma de KCl puro)
N ₁ P ₁ K ₅ (KCl-5)	32,0 (na forma de KCl puro)
N ₁ P ₁ K ₁ (K ₂ SO ₄ -1)	2,0 (na forma de K ₂ SO ₄ puro)
N ₁ P ₁ K ₂ (K ₂ SO ₄ -2)	4,0 (na forma de K ₂ SO ₄ puro)
N ₁ P ₁ K ₃ (K ₂ SO ₄ -3)	8,0 (na forma de K ₂ SO ₄ puro)
N ₁ P ₁ K ₄ (K ₂ SO ₄ -4)	16,0 (na forma de K ₂ SO ₄ puro)
N ₁ P ₁ K ₅ (K ₂ SO ₄ -5)	32,0 (na forma de K ₂ SO ₄ puro)

As doses de nitrogênio e de fósforo por vaso foram administradas na proporção de 2,0 g de N (na forma de NH₄NO₃ puro) e 2,2 g de P₂O₅ (na forma de Ca (H₂PO₄)₂ · H₂O puro).

As doses de K₂O foram aplicadas parceladamente, a fim de evitar a elevação brusca da pressão osmótica junto às raízes, pois houve morte de mudas quando transplantadas para vasos que continham as doses totais dos sais.

Foi utilizada água destilada na irrigação dos vasos.

Quando as plantas tinham cinco meses de idade, foram aplicadas as doses totais de N e P₂O₅, dissolvidos na água de irrigação.

Quinze dias após a aplicação de N e P₂O₅, aplicou-se nos tratamentos 3 e 8 a dose 1 de K₂O, dissolvida na água de irrigação. A dose 2 de K₂O foi aplicada nos tratamentos 4, 5, 6 e 7 na forma de KCl, e nos tratamentos 9, 10, 11, e 12, na forma de K₂SO₄. Quinze dias depois da

aplicação das doses 1 e 2, completou-se a dose 3 de K_2O nos vasos correspondentes aos tratamentos 5,6, 7, 10, 11, e 12. Nesta data procedeu-se à primeira amostragem, tirando 20 folhas do terço inferior das plantas, para cada tratamento. Assim foi feito, sucessivamente cada 15 dias, coletando-se amostra de folhas após a aplicação dos sais, até completar a última dose de K_2O . Depois disso, foram feitas mais três coletas de folhas, totalizando seis amostragens. Nessas amostras foram analisados todos o macronutrientes e o cloro.

Concluído o experimento, que teve sete meses de duração, separaram-se folhas, caules e amostras de terra de cada um dos 12 tratamentos. Nestas amostras de plantas foram analisados todos os macro e micronutrientes.

As amostras de plantas foram preparadas e analisadas segundo técnicas e procedimentos usados na Seção de Química Analítica do Instituto Agronômico do Estado, nelas determinando-se os teores de N, P, S e B (14, 15); K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn e Mo (3, 4, 13, 18); e Cl (12).

As amostras de terra foram analisadas no Departamento de Química da E.S.A. "Luiz de Queiroz", onde se efetuaram as determinações das mesmas características químicas analisadas na amostra de terra inicial.

3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dados referentes às análises de N, P, K, Ca, Mg, S e Cl, efetuadas nas folhas do terço inferior das plantas são apresentados no quadro 1. As variações na concentração de Cl e K em função dos tratamentos estão apresentadas nas figuras 1, 3 e 4. Verifica-se que o aumento da concentração de cloro foi acentuado e progressivo, à medida que foram aumentadas as doses de cloreto de potássio.

Nas folhas procedentes dos tratamentos que não receberam KCl (isto é, testemunha, NP e K_2SO_4 —1 a K_2SO_4 —5) apareceram teores variáveis e relativamente elevados de cloro. Isso talvez possa ser explicado pelo fornecimento de cloreto pelo próprio solo ou por uma possível contaminação através dos frascos usados para irrigação.

Os teores de cloro nas folhas foram relacionados com o crescimento médio das plantas e observou-se que as que receberam as doses 1 e 2 de cloreto de potássio não sofreram danos pela concentração de cloreto, apresentando, respectivamente, 5503 e 9408 ppm nas folhas mais velhas (figura 1), e um teor médio, relativo a todas as folhas, de 3728 e 7633 ppm (quadro 2). Por esses dados, associados aos sintomas visuais (figura 2), concluiu-se que, para o cultivar estudado, a muda de café não foi prejudicada pela concentração de cloreto até um teor máximo de 9400 ppm nas folhas mais velhas (figura 1), e um teor médio para todas as folhas de 7600 ppm (quadro 2).

QUADRO 1. — Médias, de seis amostragens quinzenais, de dados analíticos (expressos na matéria seca) de folhas do terço inferior de plantas que vegetaram em latossolo vermelho-amarelo, orto em vasos na estufa, para estudo comparativo da influência de KCl e K_2SO_4 na nutrição do cafeeiro (1)

TRATAMENTO	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl
Testemunha	% 4,003 a	% 0,117 bc	% 1,538 a	% 1,003 bc	% 0,195 ab	% 0,126 a	ppm 1213 a
NP	4,085 a	0,118 bc	1,655 ab	0,950 abc	0,225 b	0,124 a	1494 a
KCl-1	3,808 a	0,104 a	2,343 ab	1,033 c	0,185 ab	0,139 a	4319 a
KCl-2	3,767 a	0,100 a	2,487 ab	0,912 abc	0,178 ab	0,134 a	6094 a
KCl-3	3,778 a	0,094 a	2,477 ab	0,902 abc	0,197 ab	0,140 a	7869 a
KCl-4	3,742 a	0,090 a	2,882 b	0,843 ab	0,200 ab	0,144 a	13106 a
KCl-5	3,697 a	0,094 a	4,142 c	0,795 a	0,217 ab	0,134 a	33075 b
K_2SO_4 -1	3,975 a	0,122 c	2,455 ab	1,048 c	0,188 ab	0,179 b	2337 a
K_2SO_4 -2	3,692 a	0,112 bc	2,608 b	0,982 b	0,162 a	0,185 bc	2633 a
K_2SO_4 -3	3,747 a	0,111 bc	2,662 b	0,888 abc	0,172 ab	0,185 bc	3047 a
K_2SO_4 -4	3,670 a	0,107 abc	2,717 b	0,887 abc	0,172 ab	0,200 bc	2752 a
K_2SO_4 -5	3,678 a	0,098 ab	2,787 b	0,853 ab	0,168 ab	0,213 c	2899 a
F	2,52 (*)	6,27 (**)	9,01 (**)	5,09 (**)	2,67 (**)	20,69 (**)	8,34 (**)
C.V. %	5,7	9,9	20,6	9,4	15,6	10,7	112,5
d.m.s. Scheffé (X) 5%	1,313	0,064	3,219	0,528	0,178	0,103	46124
KCl — K_2SO_4 (X)	0,030 (n.s.)	0,068 (*)	1,102 (n.s.)	0,173 (n.s.)	0,115 (n.s.)	0,271 (**)	50795 (*)
d.m.s. Tukey 5%	0,497	0,021	1,04	0,171	0,058	0,033	14949

(1) Médias seguidas de letras comuns não diferem significativamente
(*) significativo ao nível de 5%; (**) significativo ao nível de 1%; (n.s.) não significativo

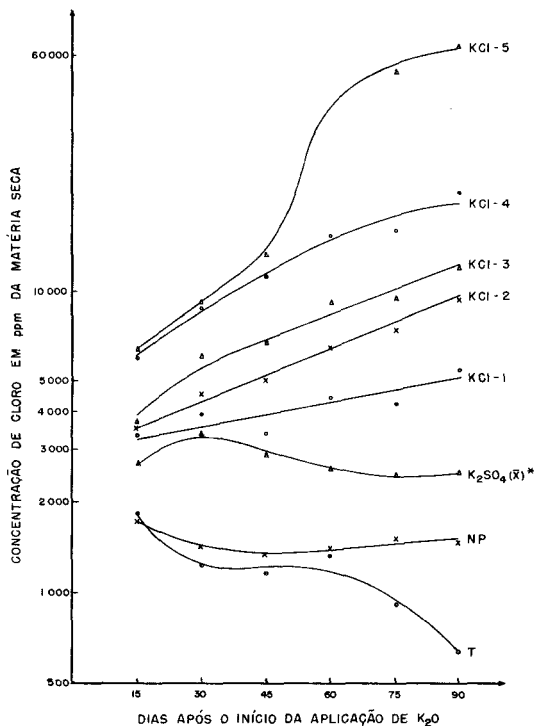


Figura 1. - Variação da concentração de cloro em folhas do terço inferior de cafeeiros, em função dos tratamentos .
 * (\bar{x}) = média do teor de cloro nas folhas dos tratamentos com K_2SO_4 .

Arana (2) observou queima nas folhas de mudas de cafeeiro que tinham recebido 0,6 g de K_2O na forma de KCl e que apresentavam apenas 3400 ppm de Cl. Atribuiu essa queima ao excesso de Cl, pois em plantas com quatro anos, que receberam 400 g de K_2O (KCl), observou esses sintomas em folhas com concentração de Cl superior a 2875 ppm. Estabeleceu o limite de toxicidade para o cloro em 2000 ppm, mas não mencionou o cultivar utilizado no experimento.

Nas plantas que receberam as doses 3 e 4 de KCl verificou-se acentuada redução no crescimento (figura 2). As plantas que receberam a dose 3 apresentaram teor de 12070 ppm de Cl nas folhas mais velhas (figura 1), e o teor médio de 10224 ppm para todas as folhas (quadro 2).

As plantas que receberam a dose 5 de KCl apresentaram sintomas de queima, necrose e desfolhação, três dias após ter sido aplicada a última parcela do sal para completar aquela dose.

Na ocasião, essas plantas apresentaram teor de Cl nas folhas da ordem de 44375 ppm. Das cinco repetições apenas uma planta sobreviveu até o final do experimento, na qual foi encontrado teor superior a



Figura 2. - Comparações entre o crescimento médio das testemunhas e das plantas das séries que receberam KCl e K_2SO_4 .

60000 ppm de Cl nas folhas mais velhas (figura 1). Tudo indica que esses sintomas foram provocados principalmente pela elevada pressão osmótica no inferior dos tecidos das folhas, pois observou-se que as mesmas apresentaram-se constantemente murchas, sem voltar à turgescência normal.

As plantas dos tratamentos com K_2SO_4 mostraram-se normais e bem desenvolvidas, e mesmo aquelas que receberam as doses mais elevadas do sal, embora apresentassem uma alta concentração de potássio, não mostraram quaisquer sinais de toxicidade ou redução no crescimento.

A concentração de potássio mostrou-se progressiva, tanto nas plantas que receberam KCl como nas que receberam K_2SO_4 (figuras 3 e 4), entretanto, não foi encontrada diferença significativa entre as médias dos tratamentos com um e outro sal (quadro 1). Contudo, foram observados contrastes altamente significativos entre o teor médio de K do tratamento KCl-5 e as demais médias, isto é, as plantas que receberam a dose 5 de K_2O na forma de KCl apresentaram maior concentração de K (4,14%)

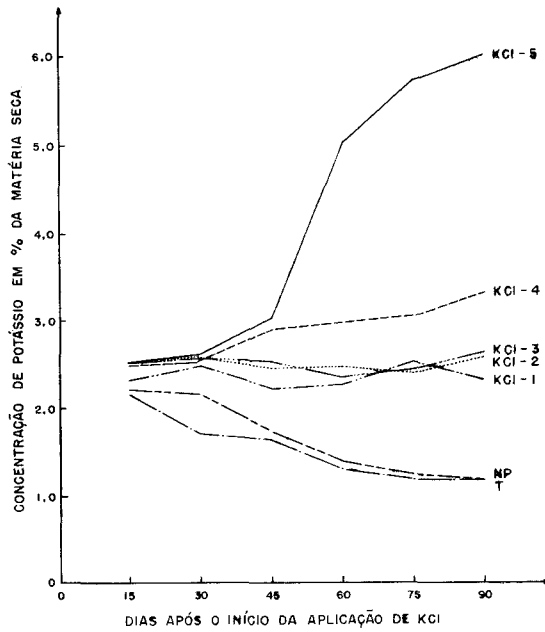


Figura 3. - Variação da concentração de potássio em folhas de cafeeiro, em função das doses de KCl aplicadas.

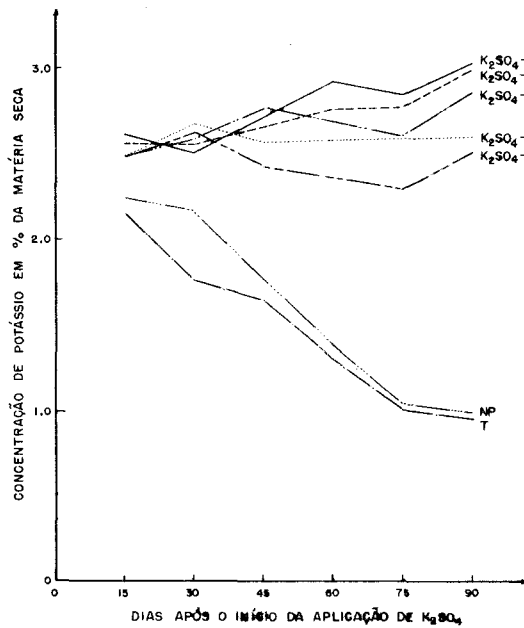


Figura 4. - Variação da concentração de potássio em folhas de cafeeiro, em função das doses de K₂SO₄ aplicadas.

QUADRO 2. — Dados analíticos (1) de cafeeiros que vegetaram em latossolo vermelho-amarelo, orto, em vasos na estufa, para estudo comparativo da influência de KCl e K₂SO₄ na nutrição da planta

TRATAMENTO	N		P		K		Ca		Mg		S		Cl	
	Folhas		Folhas		Folhas		Folhas		Folhas		Folhas		Folhas	
	%		%		%		%		%		%		%	
Testemunha	3,37	1,22	0,133	0,086	0,95	0,74	0,91	0,43	0,37	0,19	0,123	0,058	139	207
NP	3,92	1,19	0,140	0,081	1,19	0,81	0,93	0,32	0,39	0,15	0,127	0,048	344	82
KCl-1	3,52	1,26	0,121	0,067	2,95	1,51	0,74	0,30	0,25	0,12	0,139	0,044	3728	1429
KCl-2	3,60	1,37	0,133	0,070	3,15	1,64	0,67	0,27	0,25	0,12	0,128	0,048	7633	2485
KCl-3	3,83	1,53	0,135	0,075	3,49	1,80	0,49	0,23	0,23	0,14	0,132	0,054	10224	3018
KCl-4	3,89	1,44	0,144	0,064	4,25	1,96	0,35	0,21	0,20	0,12	0,138	0,069	19348	5503
KCl-5	3,55	1,62	0,114	0,055	7,01	4,99	0,32	0,22	0,17	0,13	0,112	0,078	51475	42778
K ₂ SO ₄ -1	3,62	1,52	0,144	0,070	3,30	1,62	0,85	0,38	0,27	0,14	0,183	0,088	514	183
K ₂ SO ₄ -2	3,63	1,46	0,140	0,067	3,44	1,82	0,82	0,32	0,27	0,13	0,181	0,065	937	503
K ₂ SO ₄ -3	3,67	1,54	0,125	0,061	3,64	1,93	0,56	0,27	0,25	0,12	0,171	0,067	1242	412
K ₂ SO ₄ -4	3,57	1,45	0,125	0,059	4,01	1,96	0,40	0,23	0,22	0,11	0,184	0,076	858	423
K ₂ SO ₄ -5	3,88	1,44	0,106	0,054	4,21	2,23	0,27	0,20	0,18	0,11	0,264	0,097	1255	511

(1) Relativos ao material seco de todas as folhas e caules das plantas por ocasião do término do experimento, isto é, sessenta e cinco dias após aplicar a última dose de K₂O

do que as plantas que receberam a mesma dose na forma de K_2SO_4 (2,78%, quadro 1). O mesmo fato ocorreu com as plantas que receberam a dose 4 de K_2O , não tendo sido significativa a diferença entre os teores médios.

Os teores de enxofre mostraram-se constantes nas plantas tratadas com KCl, e gradativamente mais elevados nas plantas tratadas com K_2SO_4 , e nestas, a média dos tratamentos foi significativamente maior que a dos tratamentos com KCl. Entre as médias dos tratamentos com K_2SO_4 somente houve diferença significativa entre a menor e a maior média (quadro 1). Entre as épocas de amostragem notou-se uma elevação na média da última delas, estatisticamente significativa (quadro 3).

Com relação ao cálcio, não houve diferença significativa na concentração, em função da natureza da fonte de potássio (cloreto ou sulfato). Entretanto, houve uma queda gradativa nos teores de cálcio (significativa entre a menor e a maior média), quando se elevou a dose de K, tanto na forma de um como de outro sal, evidenciando o antagonismo entre o K e o Ca, fato já conhecido de outros pesquisadores (11, 16). Entre as médias relativas às épocas de amostragem, a maior delas ocorreu na 2.^a coleta, sendo que nas duas últimas observou-se uma queda significativa (quadro 3).

Para o magnésio, não se observaram diferenças significativas entre os teores médios, mas pelos dados do quadro 2 podemos notar uma queda na concentração desse elemento, quando aumentou a concentração de potássio. Entre as médias das épocas de amostragem observou-se um pequeno decréscimo até a 3.^a, e depois disso, um acréscimo até a 6.^a amostragem (quadro 3).

Quanto ao nitrogênio, não houve diferença entre as médias para os diversos tratamentos (quadro 1). Constatou-se apenas que a média da 1.^a amostragem diferiu das médias das demais amostragens.

Relativamente ao fósforo, observou-se contraste significativo das médias dos tratamentos com K_2SO_4 com as médias daqueles com KCl, isto é, a concentração de fósforo foi menor nestes tratamentos, e entre os primeiros (K_2SO_4) houve uma queda gradativa nas médias, tendo sido significativa a diferença entre a menor e a maior delas. Esses dados evidenciaram uma possível competição dos ânions Cl^- e SO_4^{2-} com o PO_4^{3-} , mostrando uma ação competitiva mais acentuada do Cl^- sobre o PO_4^{3-} (quadro 1).

Na análise dos dados dos micronutrientes dos quadros 4 e 5, salienta-se a maior concentração de cobre nos tratamentos com KCl (quadro 5), e dentre os tratamentos com K_2SO_4 os teores de cobre mostraram-se gradativamente mais baixos, com o aumento das doses de K_2SO_4 aplicadas.

Ao contrário dos demais micronutrientes, o cobre e o zinco acumularam-se mais nos caules do que nas folhas, para todos os tratamentos (quadro 4), e houve um acúmulo significativo de boro nas folhas e caules das plantas do tratamento KCl-5.

QUADRO 3. — Médias (1) dos tratamentos para as diversas épocas de amostragem, obtidas a partir dos dados expressos na matéria seca de folhas de caféiro procedentes das seis amostragens feitas no terço inferior das plantas

Elemento	1. ^a	2. ^a	3. ^a	4. ^a	5. ^a	6. ^a	F	d. m. s. Tukey 5%
N	3,483 a	3,840 b	3,888 b	3,828 b	3,853 b	3,928 b	6,71 (**)	0,260
P	0,108 a	0,102 a	0,109 a	0,102 a	0,100 a	0,113 b	2,72 (*)	0,013
K	2,452	2,461	2,586	2,586	2,625	2,785	0,74 (n.s.)	—
Ca	0,868 a	1,019 b	0,941 ab	0,944 ab	0,863 a	0,908 a	5,41 (**)	0,105
Mg	0,186	0,180	0,176	0,183	0,196	0,208	1,98 (n.s.)	—
S	0,150 a	0,156 ab	0,162 ab	0,150 a	0,157 ab	0,175 b	3,45 (*)	0,021
Cl	3307	4365	4736	8553	8679	10799	1,87 (n.s.)	—

(1) Médias seguidas de letras comuns, indicam diferenças não significativas

(*) Significativo ao nível de 5%; (**) significativo ao nível de 1%; (n.s.) não significativo

QUADRO 4. — Micronutrientes na matéria seca de amostras finais de folhas e caules das plantas de cada tratamento, por ocasião do término do experimento, sessenta e cinco dias após completar a última dose de K_2O administrada aos cafeeiros que vegetaram em latossolo vermelho-amarelo, orto, em vasos na estufa

TRATAMENTO	Fe		Mn		Cu		Zn		Mo		B	
	Folha	Caula	Folha	Caula	Folha	Caula	Folha	Caula	Folha	Caula	Folha	Caula
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Testemunha	150	63	212	78	7,7	12,3	10,7	14,0	0,03	0,01	20	11
NP	126	56	212	75	9,3	12,1	13,0	15,7	0,02	0,02	23	12
KCl-1	119	60	180	63	7,4	10,0	13,0	13,3	0,02	0,02	16	11
KCl-2	133	53	180	60	10,3	12,0	11,7	14,0	0,02	0,01	14	16
KCl-3	133	70	154	61	10,3	10,9	18,3	15,7	0,01	0,01	14	10
KCl-4	112	91	136	63	8,2	10,6	12,0	13,3	0,04	0,01	19	22
KCl-5	88	81	89	75	10,6	11,8	10,7	17,3	0,04	0,01	40	24
K_2SO_4 -1	137	77	190	67	8,6	10,9	11,7	18,3	0,01	0,01	21	16
K_2SO_4 -2	154	70	173	61	6,3	8,2	12,0	19,0	0,02	0,02	20	6
K_2SO_4 -3	119	53	136	54	6,3	7,7	11,7	18,3	0,01	0,01	18	7
K_2SO_4 -4	119	77	128	60	4,2	6,1	10,7	12,0	0,02	0,01	22	19
K_2SO_4 -5	137	63	91	52	3,8	3,4	11,0	10,3	0,02	0,01	20	8

QUADRO 5. — Médias (1) dos teores de micronutrientes nos caules e folhas de cafeeiros, obtidas a partir dos dados do quadro 4

TRATAMENTO	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mo ppm	B ppm
Testemunha	106,50	145,00	10,00 cd	12,35	0,020	15,50 a
NP	91,00	143,50	10,70 d	14,35	0,017	17,50 a
KCl-1	89,50	121,50	8,70 cd	13,15	0,019	18,50 a
KCl-2	93,00	120,00	11,15 d	12,85	0,014	15,00 a
KCl-3	101,50	107,50	10,60 d	17,00	0,011	12,00 a
KCl-4	101,50	99,50	9,40 cd	12,65	0,025	20,50 a
KCl-5	84,50	82,00	11,20 d	14,00	0,027	32,00 b
K ₂ SO ₄ -1	107,00	128,50	9,75 cd	15,00	0,012	18,50 a
K ₂ SO ₄ -2	112,0	117,0	7,25 bc	15,50	0,016	13,00 a
K ₂ SO ₄ -3	86,00	95,00	7,00 abc	15,00	0,009	12,50 a
K ₂ SO ₄ -4	98,00	94,00	5,15 ab	11,35	0,014	20,50 a
K ₂ SO ₄ -5	100,00	71,50	3,60 a	10,65	0,014	14,00 a
F	0,51 (n.s.)	1,41 (n.s.)	15,82 (**)	1,29 (n.s.)	0,88 (n.s.)	3,37 (*)
d.m.s. Scheffé (Y) 5%	—	—	10,94	—	—	53,40
Scheffé	—	—	18,30 (**)	—	—	14,50 (n.s.)
d.m.s. Tukey 5%	—	—	3,55	—	—	17,32

(1) Médias seguidas de letras comuns indicam diferenças não significativas

(*) Significativo ao nível de 5%; (**) significativo ao nível de 1%; (n.s.) não significativo

Entretanto, os teores de micronutrientes apresentados nos quadros 4 e 5 não devem ser comparados com os níveis normais atribuídos ao cafeeiro para folhas definidas, porque representam a média de todas as folhas das plantas.

O efeito do cloreto e do sulfato de potássio sobre as raízes das plantas pôde ser observado, mas devido à dificuldade de separação das raízes da terra, não foi possível determinar os pesos correspondentes a cada tratamento. Entretanto, foi observado um grande número de raízes mortas, nos vasos que receberam as doses mais altas de KCl. Isto pode ser explicado pela elevada pressão osmótica desenvolvida na solução do solo, pois é sabido que o KCl é o fertilizante que apresenta o maior índice de salinidade (1, 8).

Quanto às análises das terras no final do experimento, verificou-se que as características químicas não se alteraram em relação ao início do experimento, com exceção evidentemente do teor de K, que cresceu em todas as amostras que receberam KCl e K_2SO_4 .

4 — CONCLUSÕES

- a) Os teores de cloro nas folhas aumentaram com o aumento das quantidades de KCl aplicadas no solo;
- b) houve relação entre altas concentrações de cloro nas folhas e redução no crescimento, necrose e desfolhamento;
- c) não se observou efeito prejudicial do cloro às plantas, até os níveis de 7600 ppm para todas as folhas, e 9400 ppm nas folhas do terço inferior das plantas;
- d) confirmou-se o antagonismo entre K e Ca;
- e) constatou-se menor concentração de fósforo nas folhas das plantas tratadas com KCl e, nas tratadas com K_2SO_4 , o teor de P decresceu à medida que cresceu a quantidade de K_2SO_4 aplicada;
- f) as plantas que receberam KCl apresentaram maior concentração de Cu, e naquelas tratadas com K_2SO_4 o teor de Cu diminuiu com o aumento do K_2SO_4 aplicado. Em todos os tratamentos o Cu e o Zn acumularam-se mais nos caules do que nas folhas.

EFFECTS OF POTASSIUM CHLORIDE AND OF POTASSIUM SULPHATE ON
YOUNG COFFEE PLANTS

SUMMARY

An experiment was carried out in order to study the quantitative changes in the nutrient content of plants (*Coffea arabica* L. cv. catuai), as function of the amounts of KCl and K_2SO_4 applied to the soil. Throughout the experiment, the plants were observed for toxicity effects upon growth and development.

Chlorine in the leaves increased with increasing amounts of KCl applied to the soil. There was a relationship between high concentrations of Cl in the leaves and reduced growth, necrosis and defoliation. No injurious effects of Cl were observed for levels up to 7600 ppm for all the leaves or for levels up to 9400 ppm in the leaves from the lower third of the plant.

The antagonism between K and Ca was confirmed and plants receiving KCl had less P in the leaves than the ones which received K_2SO_4 . In these, however, P decreased with increasing applied K_2SO_4 .

Plants receiving KCl had greater concentrations of Cu in the leaves than K_2SO_4 — fertilized plants. In all treatments, Cu and Zn accumulated more in the stems than in the leaves.

LITERATURA CITADA

1. ANDA. Os fertilizantes. Índice salino de adubos. Em Manual de Adubação. S. Paulo Associação Nacional para Difusão de Adubos, 1971. 265p.
2. ARANA, M. L. Fertilización con cloruro de potasio y con sulfato de potasio en plantaciones de café. I. Verificación de la absorción de iones K, Cl y S por medio de análisis foliar. Cenicafé 18(2):47-54, 1967.
3. BATAGLIA, O. C. A determinação de molibdênio por espectrofotometria de absorção atômica. Piracicaba, Esc. sup. Agric. "Luiz de Queiroz", 1972. 86p. (Tese de doutoramento); (xerox)
4. ——— & GALLO, J. R. Determinação de cálcio e magnésio em plantas, por fotometria de chama de absorção. Bragantia 31:59-74, 1972.
5. CATANI, R. A.; PELLEGRINO, D.; BERGAMIN FILHO H.; GLÓRIA, N. A. & GRANER, C. A. F. A absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre pelo café, *Coffea arabica*, L., var. Mundo Novo (B. Rodr.) Choussy, aos dez anos de idade. An. Esc. Agric. Queiroz 22:81-93, 1965.
6. ———; ———; BITTENCOURT, V. C.; JACINTHO, A. O. & GRANER, C. A. F. A concentração e a quantidade de micronutrientes e de alumínio no café, *Coffea arabica*, L., var. Mundo Novo (B. Rodr.) Choussy, aos dez anos de idade. A. Esc. Agric. Queiroz 24:97-106, 1967.
7. ———, MORAES, F. R. P. & BERGAMIN FILHO, H. A. concentração de cloro em folhas de café. An. Esc. Agric. Queiroz 26:93-98, 1969.
8. COELHO, F. S. & VERLENGIA, F. Princípios fundamentais do uso de fertilizantes. Salinidade de fertilizantes. Em: Fertilidade do Solo. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, Cia. Brasileira de Impressão e Propaganda, 1971. 384p.

9. COURY, T. Contribuição para o estudo do cloro na agricultura. Piracicaba, Esc. sup. Agric. "Luiz de Queiroz", 1957. 138p. (Tese de cátedra); (mimeografado)
10. EATON, F. M. Chlorine. **Em:** Diagnostic Criteria for Plants and Soils. H. D. Chapman, ed. University of California, 1966. 793p.
11. FORESTIER, J. O potássio e o cafeeiro Robusta. *Fertilité* 30:3-63, 1967-1968.
12. FURLANI, A. M. C. & GALLO, J. R. Determinação coulométrica de cloreto em plantas, fazendo uso de cloridômetro de leitura direta. *Ciênc. Cult., S. Paulo* 24:250-253, 1972.
13. GALLO, J. R.; BATAGLIA, O. C. & MIGUEL, P. T. N. A determinação de cobre, ferro, manganês e zinco num mesmo extrato de planta, por fotometria de chama de absorção. *Bragantia* 30:155-167, 1971.
14. LOTT, W. L.; NERY, J. P.; GALLO, J. R. & MEDCALF, J. C. A técnica de análise foliar aplicada ao cafeeiro. Campinas, Instituto Agronômico, 1956. 29p. (Boletim 79)
15. ———; McCLUNG, A. C.; VITA, R. & GALLO, J. R. Levantamento de cafezais em São Paulo e Paraná pela análise foliar. São Paulo, Instituto de Pesquisas IRI, 1961. 69p. (Boletim 26)
16. MÜLLER, F. E. Coffee nutrition. **Em:** Fruit Nutrition. N. F. Childers ed. New Jersey, Horticultural Publications, Rutgers, State University, 1966. 888p.
17. OLLAGNIER, M. & OCHS, R. La nutrition en chlore du palmier a huile et du cocotier. *C. r. hebd. Séanc. Acad. Fr.* 57:303-311, 1971.
18. PERKIN-ELMER. Revision to analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. Connecticut, Norwalk, 1968.