

INFLUÊNCIA DO pH E DA NUTRIÇÃO DE CÁLCIO NA INCIDÊNCIA DA MURCHA-VASCULAR DO CAFEIEIRO CAUSADA POR *FUSARIUM OXYSPORUM*¹

ROGÉRIO M.L. CARDOSO², HATSUYO OTA³ e MARCOS A. PAVAN⁴

RESUMO - Em mudas de *Coffea arabica* L. cv. Mundo Novo, cultivadas em solução nutritiva analisaram-se os efeitos da nutrição de Ca e pH no crescimento, estado nutricional e colonização dos tecidos vasculares por *Fusarium oxysporum* f. sp. coffeae. Os tratamentos consistiram em cinco doses de Ca (0, 10, 100, 200 e 400 $\mu\text{g ml}^{-1}$), combinadas com dois níveis de pH (4,5 e 6,5). Utilizou-se uma técnica de inoculação do patógeno na região do colo, realizada 105 dias após a emissão dos cotilédones. Observou-se um aumento significativo no desenvolvimento das plantas quando os níveis de Ca na solução foram de 0 a 100 $\mu\text{g ml}^{-1}$, e uma redução quando os níveis se situaram entre 200 e 400 $\mu\text{g Ca ml}^{-1}$. Os tratamentos com Ca aumentaram as absorções de Ca e N e diminuíram as de P, K, Mg, Mn e Fe, não afetando, porém, as de Cu e Zn. A progressão do patógeno nos tecidos vasculares foi maior com pH 6,5 que 4,5. A porcentagem de tecidos da raiz e caule colonizados aumentou com a diminuição das doses de Ca na solução (0 e 10 $\mu\text{g de Ca ml}^{-1}$). A severidade da doença geralmente diminuiu com o aumento de Ca de 200 e 400 $\mu\text{g ml}^{-1}$.

Termos para indexação: *Coffea arabica*, nutrição de plantas, doença vascular, fisiologia de fungo.

INFLUENCE OF pH AND CALCIUM NUTRITION ON THE COFFEE WILT CAUSED BY *FUSARIUM OXYSPORUM*

ABSTRACT - A greenhouse solution experiment was conducted with coffee seedlings to investigate the effects of Ca nutrition and pH on growth, plant nutrient content, and the incidence of *Fusarium oxysporum* f. sp. coffeae. Five concentrations of Ca (0, 10, 100, 200 and 400 $\mu\text{g ml}^{-1}$) were maintained in combination with two pH levels (4.5 and 6.5). Suspensions of the fungus were inoculated at the colon region of seedlings after 105 days of cotyledon emergency. Dry weight yields increased with increasing Ca levels up to 100 $\mu\text{g ml}^{-1}$ followed by a marked decrease when Ca concentration was raised to 200 - 400 $\mu\text{g ml}^{-1}$ of Ca. Plant tissue analysis showed that increasing Ca levels in solution increased the uptake of Ca and N, decreased P, K, Mg, Mn and Fe, and had no effect on Cu and Zn. The extent of colonization of the vascular tissues by the fungus was greater at pH 6.5 than 4.5. The percentage of root and stem tissues incited by the fungus mycelium was increased at low Ca treatments (0 and 10 $\mu\text{g of Ca ml}^{-1}$). The severity of disease generally decreased with increasing Ca in solution up to 200 and 400 $\mu\text{g ml}^{-1}$.

Index terms: *Coffea arabica*, plant nutrition, vascular disease, fungi physiology.

INTRODUÇÃO

A murcha-vascular causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *coffeae* tem sido constatada e caracterizada em plantas de *Coffea arabica* cv. Mundo Novo e Catuaí, em diversas regiões do Paraná (Cardoso 1978). Geralmente, tem sido observado que os cafeeiros que apresentam os sintomas característicos de murcha estão localizados em solos distróficos, ácidos e com baixos teores de Ca no complexo

de troca de cátions. Este fato, não é uma novidade, pois inúmeros trabalhos vêm demonstrando a importância desses fatores na incidência de patógenos em várias espécies vegetais (Kalra 1956, Mohr & Watkins 1959, Robbins & Ogle 1965, Engelhard & Woltz 1973, Shear 1975, Bangerth 1979).

Os estudos relacionados com o íon Ca^{2+} têm recebido especial atenção pela importância deste elemento nos processos fisiológicos e nutricionais das plantas (Waisel 1962, Loneragan & Snowball 1969, Foy 1974, Pavan 1982) e pela relação que apresenta com a resistência a patógenos (Hart 1949, Mohr & Watkins 1959, Wills & Woore 1969, Shear 1975, Collier et al. 1976). As principais funções fisiológicas deste elemento nas plantas estão relacionadas com a manutenção da estrutura, estabilidade e permeabilidade da membrana (Christian-

¹ Aceito para publicação em 19 de dezembro de 1984.

² Eng. - Agr., Fitopatol., Fundação Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR), Caixa Postal 1331, CEP 86100 Londrina, PR.

³ Bióloga, IAPAR.

⁴ Eng. - Agr., Ph.D. IAPAR.

sen & Foy 1979), atividade meristemática (Kalra 1956) e o controle da absorção de cátions monovalentes (Waisel 1962). Albert (1946) observou maior resistência do algodoeiro ao ataque de *Fusarium vasinfectum* quando as plantas se desenvolveram em solução contendo altos teores de Ca. Por sua vez, Hart (1949) atribuiu a formação de barreiras morfológicas que impediram ou limitaram o desenvolvimento de fungos vasculares no interior dos tecidos, a mecanismos de resistência envolvidos com a nutrição das plantas.

Pelas inúmeras evidências de que a nutrição mineral exerce uma influência marcante na expressão fenotípica das plantas, podendo ser um fator ambiental controlável, julgou-se pertinente estudar as relações entre a nutrição de Ca e pH com a murcha-vascular do cafeeiro, causada por *F. oxysporum*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação e solução nutritiva, com mudas de cafeeiros da cultivar Mundo Novo LCP 376/4. As sementes foram germinadas em papel-toalha umedecido e transferidas no estádio de "palito de fósforo" para vasos de plástico com capacidade para 10 litros de solução nutritiva completamente aerada. As mudas desenvolveram-se por um período de 40 dias (segundo par de folhas) nesta solução, que continha todos os elementos químicos, inclusive Ca, necessários para sua nutrição. As concentrações dos íons foram semelhantes às descritas por Pavan (1982). A seguir, introduziram-se os tratamentos com doses crescentes de Ca (0, 10, 100, 200 e 400 $\mu\text{g ml}^{-1}$) adicionados como $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ em dois níveis de pH: $4,5 \pm 0,2$ e $6,5 \pm 0,2$. Os valores de pH da solução nutritiva foram mantidos através de determinações diárias por potenciômetro e ajustados automaticamente aos níveis desejados, com adições diluídas de NH_4OH ou KOH . Durante o experimento, as soluções foram renovadas a cada 30-45 dias.

Após um período de 105 dias, em que as mudas de cafeeiros se desenvolveram nos diferentes níveis de Ca e pH, procedeu-se à separação em subparcelas para receberem os tratamentos com e sem inoculação de *F. oxysporum* f. sp. *coffeeae*. Uma cultura monospórica deste patógeno foi repicada para meio de cultura "agar-batata-dextrose (ABD)" em placas de Petri, sendo cultivada por um período de 10 dias à temperatura ambiente ($25^\circ\text{C} \pm 2$) e luz natural.

A inoculação realizada ao nível do colo das plantas obedeceu o seguinte procedimento: a) com um "fura-rolhas" de 4 mm de diâmetro, retirou-se a casca da região do colo a inocular; b) introduziu-se neste local um disco do mesmo tamanho contendo micélio do pa-

tógeno; e c) em seguida, recolocou-se no local do cortex removido, isolando-se o ferimento com uma fita de parafilme. Uma representação esquemática da técnica utilizada para inoculação dos cafeeiros em solução nutritiva é mostrada na Fig. 1.

Oitenta dias após a inoculação procedeu-se à observação da colonização pelo patógeno nos tecidos do hospedeiro na casca e na superfície das raízes. Nas avaliações, mediu-se a extensão das áreas colonizadas no sentido ascendente, através de cinco medições aleatórias por planta a partir do local de inoculação. No final do experimento, procurou-se isolar o fungo a partir dos tecidos subjacentes às áreas afetadas e no limite de progressão do patógeno de todas as plantas inoculadas, visando delimitar a área atacada para quantificar o avanço do fungo e para confirmar que o patógeno introduzido apresentava todas as características de *Fusarium oxysporum* f. sp. *coffeeae*.

Paralelamente, observaram-se os sintomas de deficiências de Ca no sistema radicular e parte aérea. As folhas, ramos e raízes foram coletados separadamente, lavados em água deionizada, secados a 70°C , pesados, moídos e preparados para análise química. Amostras destes materiais foram digeridas em solução de ácidos nítrico e perclórico, e o extrato foi utilizado para determinações de Ca, Mg, Mn, Cu, Zn e Fe por espectrofotometria de absorção atômica; K, por fotometria de chama, e P, colorimetricamente pelo método com azul de molibdênio. Os teores de N-total nos tecidos foram determinados por destilação Kjeldahl.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas com quatro repetições, apre-

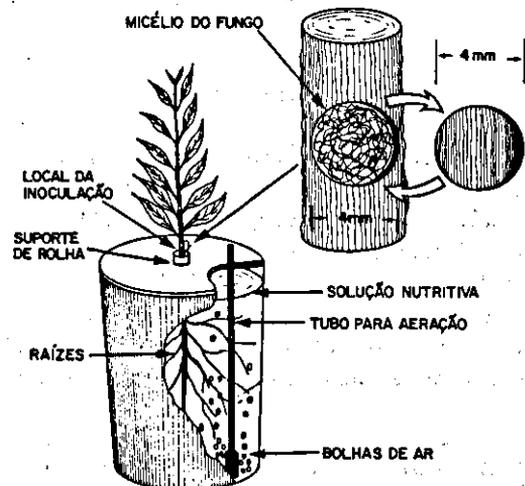


FIG. 1. Representações esquemáticas da técnica de inoculação com *F. oxysporum* f. sp. *coffeeae* em cafeeiros desenvolvidos em solução nutritiva.

sentando os níveis de pH nas parcelas, doses de Ca nas subparcelas e inoculação com e sem *F. oxysporum* f. sp. *coffea* nas subsubparcelas. O teste de Tukey foi utilizado para avaliar as diferenças entre os tratamentos. Foram também realizadas análise de regressão e correlação entre a percentagem de tecidos colonizados com o pH e teores de Ca.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desenvolvimento das plantas

Na Tabela 1 são apresentados os efeitos do pH, níveis de Ca e da inoculação com *F. oxysporum* sobre o desenvolvimento das mudas de café, expressos em peso de matéria seca (raízes, folhas e ramos). Os efeitos do pH foram determinados através de comparações pelo teste "t" entre médias obtidas num mesmo nível de Ca. Embora as plantas tenham apresentado um crescimento ligeiramente superior em meio próximo ao neutro (pH 6,5), os resultados indicaram não haver efeito estatisticamente significativo (5%) do pH nas variáveis analisadas. Isto sugere que os cafeeiros, quando desenvolvidos nesta solução, apresentaram respostas significativas a ampla faixa de pH.

Com relação aos níveis de Ca adicionados na solução, apresentados na Tabela 1, duas respostas distintas das plantas podem ser sugeridas: (1) au-

mento significativo no desenvolvimento (radicular e da parte aérea) proporcional ao aumento da concentração de Ca na solução até 100 µg ml⁻¹) e (2) diminuições dos parâmetros analisados com o aumento na concentração de Ca na solução de 100 µg ml⁻¹. Este segundo aspecto pode ser explicado em parte, pelos efeitos inibidores nas reações de respiração e metabólicas intermediárias (Clarkson & Hanson 1980) e pelas interações antagônicas entre o Ca com outros íons, via absorção radicular (Waisel 1962, Foy 1974).

Na mesma Tabela 1, também são apresentados os efeitos da inoculação com *F. oxysporum* f. sp. *coffea* no desenvolvimento dos cafeeiros. As diferenças entre peso da matéria seca das plantas, com ou sem inoculação, foram mais distintas nos tratamentos com menores doses de Ca (0 e 10 µg ml⁻¹), tendo havido, entretanto, uma diminuição nesta relação, com o aumento na concentração deste elemento na solução. O menor desenvolvimento das plantas, quando inoculadas com *Fusarium*, poderia ser explicado pela maior colonização do patógeno no interior dos tecidos dos vasos condutores, que, obstruídos, dificultaram não só o transporte ascendente de água e sais minerais pelo xilema, como também o transporte descendente da seiva metabolizada pelo floema.

TABELA 1. Efeitos dos tratamentos no peso da matéria seca das raízes, folhas e ramos de mudas de cafeeiros com e sem inoculação de *Fusarium oxysporum*.

Tratamentos-solução		Peso seco (g pl. ⁻¹)					
pH	Ca µg ml ⁻¹	Raízes		Folhas		Ramos	
		Com inoculação	Sem inoculação	Com inoculação	Sem inoculação	Com inoculação	Sem inoculação
4,5	0	1,37	1,90	2,97	3,73	2,05	2,67
	10	1,80	2,20	4,38	5,33	2,59	3,34
	100	2,26	2,46	5,93	6,44	3,69	4,06
	200	1,80	1,90	5,89	6,40	3,30	3,46
	400	1,38	1,51	5,80	6,22	3,20	3,40
6,5	0	1,40	1,88	2,98	3,80	2,08	2,59
	10	1,86	2,25	4,40	5,53	2,52	3,38
	100	2,30	2,47	5,96	6,50	3,60	3,98
	200	1,77	1,88	5,92	6,40	3,32	3,44
	400	1,33	1,49	5,85	6,30	3,18	3,36

Estado nutricional das plantas

A Tabela 2 mostra os efeitos dos tratamentos nas concentrações dos elementos N, P, K, Ca, Mg, Mn, Cu, Zn e Fe nas plantas não inoculadas. Embora as concentrações destes elementos fossem ligeiramente inferiores - porém não estatisticamente diferentes -, nas plantas inoculadas, não foram apresentados, com exceção do Ca, por refletirem informações idênticas às obtidas com as plantas sem inoculação. Ambos os tratamentos (pH e doses de Ca) apresentaram efeitos significativos na concentração dos elementos nas folhas, ramos e raízes. Como esperado, as concentrações de Ca nas plantas refletiram os efeitos das doses de Ca na solução. Em geral, os menores teores de Ca nas plantas submetidas ao pH 6,5 poderiam ser explicados pelo provável envolvimento do íon Ca^{2+} , sobretudo nas doses mais elevadas (200 a 400 $\mu\text{g ml}^{-1}$), formando complexos com a forma divalente de fósforo (HPO_4^{2-}), a qual foi dominante no sistema. O complexo formado (CaHPO_4) certamente diminuiu a absorção de ambos os íons na forma livre (Ca^{2+} e HPO_4^{2-}). Por outro lado, no meio ácido (pH 4,5), a constante de associação do Ca^{2+} com a espécie monovalente de fósforo (H_2PO_4^-), que passa a ser dominante no sistema, foi extremamente baixa (Fuoss 1958), resultando em aumentos significativos das formas livres de ambos os íons (Ca^{2+} e H_2PO_4^-). Os resultados também demonstraram que as menores doses de Ca na solução possibilitaram um aumento na absorção de P, coincidindo com os descritos por Pavan (1982). A provável formação de complexos de P com o Fe em um meio ácido teria sido minimizada pela adição de Fe-EDDHA.

Os aumentos nas doses de Ca em ambos os pH proporcionaram diminuições sistemáticas nas concentrações de K, Mg, Mn e Fe nos tecidos das plantas. Os resultados obtidos em uma solução composta por multielementos sugerem uma habilidade competitiva diferencial dos íons Ca^{2+} com as absorções de K, Mg, Mn e Fe pelas raízes dos cafeeiros. Resultados similares têm sido documentados nas literaturas (Loneragan & Snowball 1969, Fox 1974). Aparentemente, os tratamentos não afetaram as absorções de Cu e Zn.

Os sintomas de deficiências de Ca caracterizaram-se, inicialmente, por uma diminuição no cres-

cimento radicular, e no final, pelo aparecimento de uma coloração branca nas nervuras foliares, a qual teve início na nervura principal e progredindo para as secundárias e terciárias. Sintomas semelhantes da deficiência de Ca em folhas de citros foram descritos por Chapman et al. (1965).

Relação entre nutrição de Ca e pH com *F. oxysporum* f. sp. *coffae*

Os efeitos dos tratamentos sobre o crescimento do caule e raízes dos cafeeiros com e sem inoculação, e a percentagem de tecidos das plantas inoculadas e colonizadas, são apresentados na Fig. 2. Apesar dos crescimentos das raízes e caules terem sido afetados pela concentração de Ca na solução, a percentagem de tecido colonizado diminuiu significativamente (5%) com o aumento das doses de Ca. A exemplo, 40% e 30% dos tecidos do caule de plantas inoculadas foram invadidos pelo patógeno nos tratamentos com 10 e 400 $\mu\text{g Ca ml}^{-1}$, respectivamente, na solução com pH 4,5. As diferenças no crescimento do caule e raiz, entre plantas com e sem inoculação, foram significativas (5%) apenas nos tratamentos com as menores concentrações de Ca na solução (0 e 10 $\mu\text{g ml}^{-1}$), provavelmente em virtude de uma maior colonização dos tecidos pelo patógeno. A facilidade com que o micélio do patógeno progrediu no interior dos tecidos vasculares das plantas deficientes em Ca poderia ser explicada pelo fato de, provavelmente, nestas células, as paredes serem mais finas do que a das células normais (Kalra 1956), competição por nutrientes (Lilly 1965), produção de toxinas e destruição dos tecidos (Balmer & Galli 1978).

Os tecidos das raízes e caules das plantas que receberam tratamentos com altos níveis de Ca ($> 100 \mu\text{g ml}^{-1}$) foram proporcionalmente menos colonizados pelo fungo. O menor desenvolvimento e ramificação do micélio, nestas condições, seria devido aos efeitos exercidos pelo Ca sobre algum mecanismo de resistência da planta hospedeira, pois Kalra (1956) observou que um adequado suprimento de Ca é essencial para a formação de tecidos meristemáticos em plantas, os quais podem atuar como barreiras morfológicas que impedem ou limitam a proliferação do micélio do fungo no

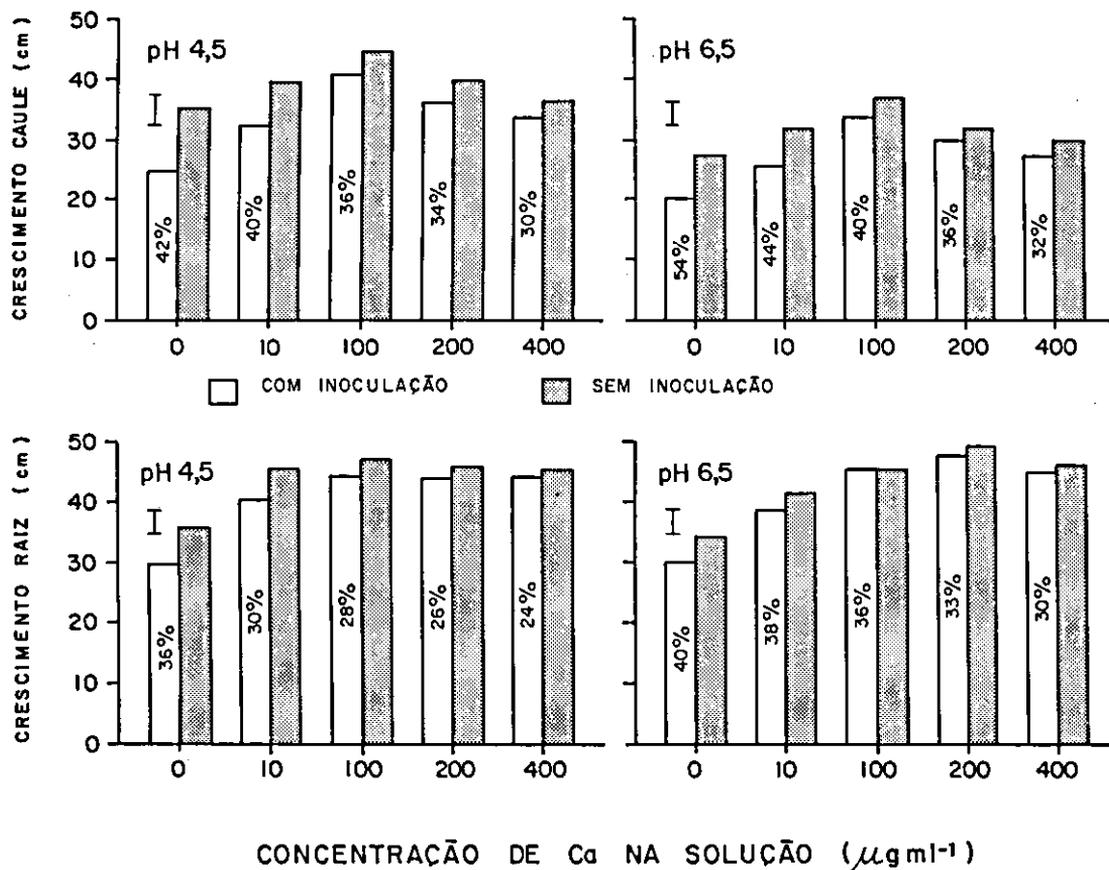


FIG. 2. Influência do Ca e pH no crescimento das raízes e caules de cafeeiros com e sem inoculação e na percentagem de tecidos colonizados nas plantas inoculadas com *F. oxysporum* f. sp. *coffaeae*.

seu interior. Além da barreira mecânica, não se descarta a possibilidade dos efeitos do Ca na nutrição do fungo, quer seja diretamente, pela toxidez, quer indiretamente, pela absorção diferencial de nutrientes (Tabela 2), proporcionando uma composição química no interior dos tecidos condutores inadequada para o desenvolvimento do fungo. Steinberg (1948), citado por Lilly (1965), concluiu que o Ca não é um elemento essencial para o crescimento de *Fusarium oxysporum* var. *micotianae*. Detalhes sobre os elementos essenciais e suas funções para os fungos podem ser obtidos na revisão realizada por Lilly (1965). As funções do Ca na formação de barreiras mecânicas nos tecidos condutores e a ação na nutrição do fungo aparentemente funcionaram como mecanismos de defesa da planta. Como em todas as plantas ino-

culadas houve a progressão do Fusarium, mesmo ao nível mais alto de Ca, pareceu improvável que tenha havido um efeito direto da força iônica da solução nutritiva.

Por outro lado, na mesma Fig. 1, os resultados também demonstraram que a percentagem de tecidos colonizados pelo patógeno foi maior em pH 6,5 do que 4,5. Este resultado poderia ser explicado pela máxima disponibilidade dos elementos essenciais para o desenvolvimento do fungo em pH próximo a neutro (Lilly 1965). Isto sugere que as observações de campo referentes a maior frequência de ocorrência da doença em solos ácidos e pobres de bases, se deva provavelmente aos mais baixos teores de nutrientes, principalmente Ca, do que a presença "per se" do íon H^+ .

Na Tabela 3 são apresentadas as equações de re-

TABELA 2. Efeito dos tratamentos com Ca e pH na solução, na concentração de elementos nas folhas, ramos e raízes de cafeeiros não inoculados com *F. oxysporum*.

Tratamento - solução		Macronutrientes (%)					Micronutrientes ($\mu\text{g g}^{-1}$)				
pH	Ca $\mu\text{g ml}^{-1}$	N	P	K	Ca ¹ _{si}	Ca ¹ _{ci}	Mg	Mn	Cu	Zn	Fe
Folhas											
4,5	0	1,9	0,26	3,3	0,40	0,38	0,72	277	8	11	380
	10	2,9	0,28	2,6	1,52	1,50	0,36	235	8	12	330
	100	3,2	0,29	2,4	2,81	2,78	0,20	139	8	13	200
	200	3,3	0,28	2,3	2,89	2,86	0,14	120	8	15	180
	400	3,4	0,28	2,2	2,95	2,92	0,11	115	8	15	170
6,5	0	1,8	0,24	3,2	0,45	0,42	0,70	175	6	12	360
	10	2,9	0,25	2,8	1,29	1,25	0,36	133	6	13	230
	100	3,3	0,24	2,4	2,40	1,40	0,18	108	6	13	210
	200	3,4	0,22	2,2	2,56	1,50	0,16	93	6	13	190
	400	3,6	0,20	2,1	2,61	2,52	0,13	90	6	13	160
Ramos											
4,5	0	0,8	0,26	2,4	0,17	0,15	0,38	50	3	36	27
	10	1,4	0,24	2,4	0,46	0,46	0,23	35	3	38	35
	100	1,9	0,21	2,0	0,96	0,93	0,18	28	3	25	30
	200	1,9	0,21	1,8	1,00	0,90	0,14	28	3	24	28
	400	1,9	0,21	1,8	1,12	1,10	0,13	24	3	21	18
6,5	0	1,1	0,22	2,4	0,12	0,12	0,29	32	3	33	23
	10	1,4	0,20	2,4	0,38	0,36	0,21	34	3	36	28
	100	2,0	0,18	2,2	0,79	0,70	0,17	21	3	36	17
	200	2,0	0,16	2,2	0,83	0,80	0,14	15	3	26	19
	400	2,0	0,16	2,0	0,94	0,89	0,12	10	3	18	16
Raízes											
4,5	0	1,43	0,20	0,80	0,28	0,28	0,81	26	4	12	47
	10	1,63	0,18	0,60	0,26	0,27	0,61	12	5	10	48
	100	2,73	0,14	0,60	1,70	1,68	0,57	9	6	10	54
	200	2,84	0,11	0,50	1,96	1,90	0,54	7	7	10	74
	400	2,94	0,13	0,50	2,18	2,10	0,51	6	7	10	76
6,5	0	1,42	0,18	0,70	0,23	0,20	0,87	12	5	11	30
	10	1,67	0,19	0,60	0,26	0,26	0,77	11	6	10	46
	100	2,84	0,15	0,50	1,65	1,60	0,72	9	6	9	50
	200	3,00	0,12	0,50	2,03	2,10	0,69	9	7	9	68
	400	3,09	0,13	0,50	2,43	2,40	0,50	10	8	9	70

¹ si = sem inoculação; ci = com inoculação.

TABELA 3. Equação de regressão e coeficientes de correlação entre as percentagens de tecidos da raiz e caule colonizados por *Fusarium oxysporum* f. sp. *coffeeae* e a concentração de Ca na solução.

Parâmetros analisados Y vs X	Equação de regressão	Coef. de correlação
	pH 4,5	
Raiz colonizada (%) vs Ca-sol. (mg/l)	Y = 32,11 - 0,023 X	0,84**
Caule colonizado (%) vs Ca-sol. (mg/l)	Y = 40,36 - 0,028 X	0,96**
	pH 6,5	
Raiz colonizada (%) vs Ca-sol. (mg/l)	Y = 38,72 - 0,023 X	0,97**
Caule colonizado (%) vs Ca-sol. (mg/l)	Y = 47,45 - 0,044 X	0,86**

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

gressão e coeficiente de correlação entre alguns parâmetros analisados. A percentagem de tecidos das raízes e caules colonizados pelo fungo foram significativamente correlacionados com os teores de Ca na solução em ambos os valores de pH. Correlações similares foram obtidas entre os teores de Ca na planta com as percentagens de tecidos colonizados. Estes resultados indicaram que a concentração de Ca foi efetiva na defesa da planta contra a proliferação do fungo nos tecidos condutores.

CONCLUSÕES

1. O maior desenvolvimento das plantas ocorreu quando a concentração de Ca na solução foi de 100 µg ml⁻¹

2. Os aumentos dos níveis de Ca na solução proporcionaram elevações nas absorções de Ca e N, diminuições nas de P, K, Mg, Mn e Fe e não afetaram as de Cu e Zn.

3. A percentagem de tecidos das raízes e caules invadidos pelo patógeno aumentou com a diminuição dos níveis de Ca na solução.

4. As plantas foram menos afetadas pelo fungo em condições de altos níveis de Ca e pH ácido.

REFERÊNCIAS

ALBERT, W.B. The effects of certain nutrient treatments upon the resistance of cotton to *Fusarium vasinfectum*. *Phytopathology*, Saint Paul, 36: 703-16, 1946.

BALMER, E. & GALLI, F. Classificação das doenças segundo a interferência em processos fisiológicos da planta. In: GALLI, F., ed. *Manual de fitopatologia; princípios e conceitos*. São Paulo, Agronômica Ceres, 1978. v.1., p.260-88.

BANGERTH, F. Calcium-related physiological disorders of plants. *Annu. Rev. Phytopathol.*, Palo Alto, 17: 97-122, 1979.

CARDOSO, R.M.L. As doenças do cafeeiro. In: *MANUAL agropecuário para o Paraná*. Londrina, Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1978. p.195-204.

CHAPMAN, H.D.; JOSEPH, H. & RAYNER, D.S. Some effects of calcium deficiency on citrus. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.*, Alexandria, 86: 183-93, 1965.

CHRISTIANSEN, M.N. & FOY, C.D. Fate and function of calcium in tissue. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, New York, 10: 427-42, 1979.

CLARKSON, D.T. & HANSON, J.B. The mineral nutrition of higher plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 31: 239-98, 1980.

COLLIER, G.F.; SCAIFE, M.A. & HUNTINGTON, V.C. Nutritional aspects of physiological disorders. In: *NATIONAL VEGETABLE RESEARCH STATION. Annual report*. Wellsbourne, 1976. p.43-4.

ENGELHARD, A.W. & WOLTZ, S.S. *Fusarium* wilt of chrysanthemum; complete control of symptoms with an integrated fungicide-lime-nitrate regime. *Phytopathology*, Saint Paul, 63: 1256-9, 1973.

FOY, C.D. Effects of soil availability on plant growth. In: CARSON, E.W., ed. *The plant root and its environment*. Charlottesville, Univ. Press of Virginia, 1974. p.565-600.

FUOSS, R.M. Ionic association. III. The equilibrium between ion pairs and free ions. *J. Am. Chem. Soc.*, Washington, 80: 5059-61, 1958.

HART, H. Nature and variability of disease resistance in plants. *Annu. Rev. Microbiol.*, Washington, 1: 289-313, 1949.

KALRA, G.S. Response of the tomato plant to Ca²⁺ deficiency. *Bot. Gaz.*, Chicago, 118: 18-37, 1956.

LILLY, V.G. Chemical constituents of the fungal cell. I. Elemental constituents and their roles. In: AINSWORTH, G.C. & SUSSMAN, A.S., eds. *The fungi*. New York, Academic Press, 1965. p.163-77.

- LONERAGAN, J.F. & SNOWBALL, K. Calcium requirements of plants. *Aust. J. Agric. Res.*, Melbourne, 20:465-78, 1969.
- MOHR, H.C. & WATKINS, G.M. The nature of resistance to southern blight in tomato and the influence of nutrition on its expression. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.*, Alexandria, 74: 484-93, 1959.
- PAVAN, M.A. Efeitos tóxicos de alumínio em mudas de cafeeiros em relação à nutrição de cálcio. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 6:209-13, 1982.
- ROBBINS, M.L. & OGLE, W.L. The influence of calcium nutrition and duration of holding time on reaction of sweet potato sprouts to fusarium wilt. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.*, Alexandria, 86: 523-6, 1965.
- SHEAR, C.B. Calcium-related disorders of fruits and vegetables. *Hortic. Sci.*, Alexandria, 10: 361-5, 1975.
- WASEL, Y. The effect of Ca on the uptake of monovalent ions by excised barley roots. *Physiol. Plant.*, Copenhagen, 14: 709-24, 1962.
- WILLS, W.H. & WOORE, L.D. Calcium nutrition on black shank of tobacco. *Phytopathology*, Saint Paul, 59: 346-51, 1969.