

INFLUÊNCIA DA CALAGEM E DO ZINCO NO DESENVOLVIMENTO DAS RAÍZES TUBEROSAS DA MANDIOCA¹

Marcelo Ferraz de Campos²
Silvio José Bicudo³
Elizabeth Orika Ono⁴

RESUMO

Com o objetivo de estudar o efeito das doses de calcário e zinco sobre o desenvolvimento de raízes tuberosas de mandioca, visando maior produtividade, foi realizado um experimento em campo, no município de Assis, em Latossolo Vermelho-Escuro, distrófico, álico, textura arenosa, com 0,12 mg dm³ de Zn. O cultivar utilizado foi o Espeto, exigente em fertilidade do solo. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com parcelas subdivididas e quatro repetições. Os tratamentos constaram das combinações de quatro doses de calcário dolomítico nas parcelas (0,0; 1.594; 3.188; e 4.782 kg ha⁻¹) e quatro de zinco nas subparcelas (0,0; 2,08; 4,17; e 6,25 kg ha⁻¹). A população utilizada foi de 13.330 plantas ha⁻¹, com 128 plantas em cada parcela e 32 por subparcela. Foram realizadas quatro colheitas, determinado-se o acúmulo de matérias verde e seca de raízes. As maiores produtividades de raízes tuberosas foram obtidas com as maiores doses de calcário e zinco, quando estas estavam associadas. Tratamentos com doses baixas de calcário (0,0 e 1.594 kg ha⁻¹) apresentaram maiores produções de raízes com aplicação de zinco na dose de 2,08 kg ha⁻¹. Houve correlação positiva entre a produção de raízes e a altura de plantas, número de hastes, número de raízes e quantidade de matéria seca de caules.

Palavras-chave: *Manihot esculenta*, correção de acidez, produtividade, nutrientes.

¹ Aceito para publicação em 14.04.2004.

² Universidade Estadual Paulista, Departamento de Botânica. 18618-000 Botucatu, SP. E-mail: mfecamp@ig.com.br

³ Universidade Estadual Paulista. Departamento de Agricultura. Cx. P. 237.18603-970 Botucatu, SP. Fax (14)3911-7102. E-mail: secdamv@fca.unesp.br

⁴ Universidade Estadual Paulista. Departamento de Botânica. 18618-000 Botucatu, SP. E-mail: econo@ibb.unesp.br

ABSTRACT

EFFECTS OF LIMING AND ZINC ON THE DEVELOPMENT OF TUBEROUS ROOTS OF CASSAVA

A field experiment was conducted to study the effects of lime and zinc doses on the development of tuberous cassava roots for a better yield in Oxisol with a sandy texture and 0.12 mg dm^{-3} of Zn in the soil. Espeto, a soil fertility-demanding cultivar, was planted. A randomized complete-block design was used with split-plots and four replications. The treatments consisted of the combinations of four concentrations of lime in the plots (0.0; 1,594; 3,188; and 4,782 kg ha^{-1}) and four concentrations of zinc in the subplot (0.0; 2.08; 4.17 and 6.25 kg ha^{-1}). The population consisted of 13,330 plants. ha^{-1} , with 128 plants in each plot and 32 plants in each subplot. Four evaluations were performed to determine accumulation of green and dry mass of the roots. The highest yield of tuberous root level was obtained with the highest doses of lime and zinc, when both were associated. Treatments with low level of lime (0.0; 1,594 kg ha^{-1}) showed a higher root production when zinc was applied at 2.08 kg ha^{-1} . There was a positive correlation between root production and other variables such as height of plants, number of stems and roots and stem dry matter.

Key words: *Manihot esculenta*, acidity correction, productivity, nutrients.

INTRODUÇÃO

A cultura da mandioca nos trópicos ocupa o quarto lugar em importância como fonte energética, sendo alimento básico para mais de 500 milhões de pessoas. A grande maioria dos cultivos mundiais são de subsistência, existindo também as culturas comerciais, destinadas, principalmente, às indústrias de farinha e fécula (11). Sua importância e potencialidade mostram que para a obtenção de altas produtividades é inevitável a utilização de técnicas de manejo de solo.

A calagem é uma prática agrícola necessária que eleva a produtividade das culturas e provoca diversas reações químicas nos solos, que implicam no aumento da disponibilidade de certos nutrientes (Ca, Mg, P, N, K, S, Mo, Cl) e na diminuição de outros (Fe, Zn, Cu, Mn), podendo favorecer também diversas atividades biológicas (9).

Segundo Raij (21), solos ácidos são, em geral, também inférteis. Assim, a calagem induz a extração mais rápida de nutrientes pelas plantas, podendo ocorrer deficiências se as adubações não forem adequadas. Os micronutrientes costumam ser negligenciados nas adubações e sua deficiência pode ocorrer por causa da calagem. De forma geral, com calagem elevada é necessário maior atenção quanto ao potássio, zinco, boro e manganês. Essas afirmações são verdadeiras também com relação à mandioca, segundo Fageria et al. (5), que apresentam o nível crítico exigido pela cultura para alguns nutrientes no solo: P, 7 - 9 mg dm^{-3} ; K, 0,6

– 1,5 mmol dm⁻³; Ca, 2,5 mmol dm⁻³; Zn, 1 mg dm⁻³; Mn, 5 - 9 mg dm⁻³ e S, 8 mg dm⁻³.

A calagem, para a maioria dos solos tropicais, é necessária para elevar o seu pH, reduzir o teor de alumínio trocável, aumentar a eficiência da adubação fosfatada e fornecer cálcio e magnésio (6, 18). Segundo Malavolta (15), além de a calagem devolver ao solo o Ca e Mg perdidos (ou que não estavam em teor adequado) e neutralizar o alumínio, também reduz a quantidade de manganês e ferro que poderiam se tornar tóxicos com pH baixo, dando condições para a disponibilidade de nutrientes essenciais, garantindo, assim, meio favorável ao crescimento das plantas e à vida dos microrganismos do solo. Apesar de a mandioca produzir relativamente bem em solos ácidos e de baixa fertilidade, também responde bem em solos férteis; todavia, altas doses de calcário induzem a deficiência de zinco (8).

O cálcio e o magnésio são elementos de fundamental importância para a nutrição dos vegetais. O primeiro, além de outras funções, participa intensamente no crescimento e desenvolvimento das plantas, pois é elemento formador da parede celular, tornando-o indispensável no desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular. O papel mais importante do magnésio é, sem dúvida, a sua presença na molécula de clorofila, responsável pela fotossíntese; prova disso é que os cloroplastos possuem a metade do magnésio foliar (14).

O zinco é o micronutriente mais estudado em nossa agricultura, devido ao avanço da ocupação dos solos com vegetação de cerrado. Este micronutriente exerce papel importante como ativador de várias enzimas, na produção de auxina, na rota metabólica do triptofano e formação do ácido indolacético. Sua ocorrência é, geralmente, maior nas camadas superficiais de solo, devido à decomposição da matéria orgânica depositada (4, 17).

A mandioca é cultivada nos mais variados tipos de solo. A capacidade de se desenvolver e produzir relativamente bem em solos de baixa fertilidade talvez seja a principal característica dessa planta. Toleram solos ácidos, porque suporta altos níveis de saturação de alumínio, porém é muito suscetível à salinidade. A faixa de pH ideal entretanto situa-se entre 5 e 6 (10).

Grande número de autores afirma que a calagem pode resultar na redução dos teores de zinco disponível do solo, limitando os efeitos desta prática na cultura. Segundo Lorenzi et al. (12), as faixas de teores adequados de zinco em folhas de mandioca estão entre 35 e 100 mg kg⁻¹. Lozano et al. (13) afirmam que os níveis normais de zinco nas folhas expandidas de mandioca oscilam entre 50 e 100 mg kg⁻¹, os de cálcio entre 6 e 10 g kg⁻¹ e os de magnésio entre 25 e 30 g kg⁻¹.

Sousa et al. (22), em experimento instalado na região de Sinop, MT, com aplicação de vinhoto, fósforo e calagem (0 e 1 t ha⁻¹ de CaCO₃), observaram que a calagem influenciou significativamente a produção de matéria seca das raízes e parte aérea. Este efeito está coerente com a análise de solo que apresentou alumínio acima de 5 mmol dm⁻³ em todas as camadas e o teor de Ca + Mg abaixo de 10 mmol dm⁻³ em cinco das seis camadas avaliadas. Segundo os autores os micronutrientes do vinhoto evitaram deficiências, inclusive do zinco.

Vidigal Filho et al. (23), em experimento realizado em casa de vegetação, estudaram o efeito da calagem (0,0 e 4,1 t ha⁻¹), duas doses de fósforo (0,0 e 80,0 mg dm⁻³) e quatro de zinco (0,0; 1,0; 2,0; e 4,0 mg dm⁻³) em mandioca. Observaram que a calagem e o fósforo propiciaram maior número de folhas formadas, folhas retidas, área foliar total, altura de plantas, diâmetro do caule e produção de matéria seca de folhas, caule e raízes. A produção de matéria seca total foi influenciada apenas pelo fósforo. As doses de zinco não influenciaram significativamente as características de crescimento, tanto da parte aérea como das raízes. A calagem também propiciou maiores teores de Ca e Mg e menores de Zn na parte aérea das plantas.

Paula et al. (20), também em experimento de campo, combinaram doses de calcário (0; 500; 1.000; e 1.500 kg ha⁻¹) e fósforo (0; 125; 250; 1.000; e 2.000 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e observaram que os tratamentos proporcionaram maiores concentrações de cálcio e de fósforo e menores de zinco nos tecidos das plantas. De maneira geral, houve redução no teor de zinco da parte aérea com o aumento das doses de fósforo e essa redução foi ainda mais acentuada com o aumento das doses de calcário.

Asher et al. (1) afirmam que a resposta da mandioca às doses mais elevadas de calcário é negativa, pois a sua aplicação inibe a absorção de micronutrientes, principalmente do zinco, acarretando queda na produção. Entretanto, segundo Howeler (7), em solos com teor adequado de zinco a aplicação de até 6 t ha⁻¹ de calcário provocou resposta positiva, em relação ao aumento de produção.

A influência da calagem na disponibilidade de nutrientes e as respostas da mandioca à calagem e ao zinco justificam a realização desta pesquisa, cujo objetivo foi estudar a interação entre a calagem e a adubação com zinco e determinar as doses a serem recomendadas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Assis (SP), região do médio Vale do Paranapanema, no ano agrícola de 1998/99. O cultivar escolhido, de origem autóctone, conhecido por Espeto, é cultivado para fins industriais, principalmente no processamento da farinha de mesa.

Caracteriza-se por apresentar porte baixo, pouca ramificação, distância curta entre as gemas, película suberosa, polpa e feloderma de coloração branca, além de ser exigente quanto à fertilidade do solo.

O solo, classificado como Latossolo Vermelho-Escuro, distrófico, álico, foi preparado com arado de discos reversível, seguido de gradagens.

A análise de solo da área foi executada, coletando-se amostras compostas (10 amostras simples por parcela) na profundidade de 0-20 cm. Os resultados das análises de macro e micronutrientes do solo da área experimental, referentes à pré-correção, são apresentados nos Quadros 1 e 2.

QUADRO 1 - Resultados médios das análises químicas de macronutrientes do solo, antes da correção											
Amostras		pH	M.O	P res.	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
Bloco	Parcela	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³			mmol	dm ⁻³			%
A	1 a 4	4,05	9,25	2,00	28,75	0,43	1,25	0,25	1,93	31,00	6,23
B	4 a 8	4,03	10,00	2,00	31,00	0,50	1,00	0,00	1,50	33,25	4,51
C	8 a 12	4,13	10,00	2,00	29,75	0,52	1,50	0,75	2,77	32,50	8,52
D	12 a 16	4,20	8,25	2,25	28,50	0,37	2,25	0,25	2,87	30,75	9,33

Análise realizada no laboratório do Departamento de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP-Campus de Botucatu.

QUADRO 2 - Resultados médios das análises químicas de micronutrientes do solo, antes da correção						
Amostras		B	Cu	Fe	Mn	Zn
Bloco	Parcela	mg dm ⁻³				
A	1 a 4	0,10	0,70	41,25	1,65	0,17
B	4 a 8	0,14	0,53	39,25	2,10	0,07
C	8 a 12	0,08	0,53	34,00	2,35	0,07
D	12 a 16	0,06	0,45	28,75	2,15	0,02

Análise realizada no laboratório do Departamento de Ciência do solo da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP- Campus de Botucatu.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com parcelas subdivididas, com quatro doses de calcário nas parcelas, quatro doses de zinco nas subparcelas e quatro repetições. Os tratamentos constaram das combinações de doses de calcário dolomítico (0,0; 1.594; 3.188; e 4.782 kg ha⁻¹) e de zinco (0,0; 2,08; 4,17; e 6 25 kg ha⁻¹). A população utilizada foi 13.330 plantas ha⁻¹, com 128 plantas em cada parcela e 32 por subparcela, totalizando 2.048 plantas e ocupando área de 1.536 m².

As subparcelas foram colhidas em quatro épocas, sendo as três primeiras aos 132, 181 e 250 dias após o plantio, colhendo-se três plantas das linhas laterais de cada subparcela cada vez. As plantas das linhas centrais foram retiradas na colheita final, aos 305 dias após o plantio.

As parcelas do experimento foram corrigidas com a aplicação de calcário dolomítico a lanço, com as doses definidas segundo o esquema: 0;

50; 100; e 150 % da NC, em que a NC (necessidade de calagem) correspondeu à quantidade de calcário calculada, considerando-se $V_2 = 100\%$. O zinco foi aplicado nas subparcelas na forma de sulfato, com teor de 20 dag kg^{-1} de zinco, nos sulcos de plantio.

O espaçamento utilizado foi de 1,0 m entre as linhas, contendo oito plantas por linha de 6 m cada, o que totaliza uma população de 13.330 plantas por hectare.

No campo eram feitas anotações das variáveis da cultura nas épocas em que foram efetuadas as colheitas. O material colhido em quatro épocas distintas foi pesado e seco em estufa a 60°C e, posteriormente, analisado em laboratório.

Os dados foram submetidos à análise de variância, regressão e correlação entre matéria seca de raízes e algumas variáveis observadas, como altura de plantas, número de hastes, número de raízes por plantas e matéria seca de raízes, caules e folhas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira colheita, a massa de matéria seca de raízes em função de diferentes doses de calcário apresentou uma resposta linear ($\hat{Y} = 120,03 + 0,0117 x$ e $R^2 = 0,96$). Verifica-se no Quadro 3 que a maior produção de matéria verde e seca de raízes, aos quatro meses de idade, ocorreu com 4.782 kg ha^{-1} de calcário, e a menor, com 1.594 kg ha^{-1} .

A segunda colheita, aos seis meses de idade, apresentou o menor rendimento de matéria seca com a dose de 3.188 kg ha^{-1} de calcário; todavia, a maior produção foi com 1.594 kg ha^{-1} (Quadro 3). Nestes resultados não foi encontrada nenhuma interação com a aplicação de zinco, discordando dos obtidos na Colômbia (2), os quais mostraram que a aplicação de 6 t ha^{-1} causou deficiência de micronutrientes nas plantas, diminuindo a produção, que é aumentada com a aplicação de zinco.

A terceira e a quarta colheita, aos oito e dez meses, respectivamente, apresentaram melhores rendimentos de matéria verde e seca de raízes com a aplicação de 4.782 kg ha^{-1} de calcário, interagindo com $6,25 \text{ kg ha}^{-1}$ de zinco, sendo essas as maiores doses dos tratamentos. Todavia, a menor produção foi encontrada com as doses de 0 kg ha^{-1} de calcário e $6,25 \text{ kg ha}^{-1}$ de zinco (Quadro 4). Estes resultados são concordantes com os de Sousa et al. (22), os quais observaram que a calagem influenciou significativamente a produção de matéria seca de raízes, bem como a aplicação de micronutrientes, inclusive zinco, através do vinhoto. Ensaio conduzidos na Colômbia (3) deram resultados discordantes, pois constataram que, em média, a mandioca produziu 81 % do rendimento máximo nos ensaios com a aplicação de $0,5 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário. Nogueira et al. (19) também encontraram resultados discordantes, obtendo aumento na produção, interagindo $1,0 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário com $7,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de sulfato de zinco.

QUADRO 3 - Médias de matéria seca de raízes de mandioca (kg ha^{-1}), em função de doses de calcário e zinco*				
Tratamento Calcário (kg ha^{-1})	Colheitas (dias após plantio)			
	132	181	250	305
0,00	1.786,67 BC	3.452,80 AB	3.272,80	3.289,07
1.594	1.578,80 C	5.420,13 A	4.478,13	3.889,87
3.188	1.981,20 B	2.985,47 B	4.280,00	3.121,07
4.782	2.537,20 A	3.867,33 AB	5.047,73	3.698,80
C.V.%	16,77	47,74	38,66	23,96
Zinco (kg ha^{-1})				
0,00	1.722,27	4.185,60	4.819,20	3.591,06
2,08	2.023,87	3.638,94	4.200,13	3.667,60
4,17	1.944,40	3.877,60	3.998,00	3.140,53
6,25	2.197,87	4.023,60	4.061,33	3.599,47
C.V.%	44,65	31,26	41,49	26,68
interação Cal x Zn	n.s.	n.s.	**	*

* e ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F.
Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Outro resultado importante foram as boas produções com a dose de 2,08 kg ha^{-1} de zinco, quando o calcário não foi aplicado (Quadro 4), o que se repete tanto na terceira quanto na quarta colheitas. Isso pode ser resultado do equilíbrio entre os nutrientes, não ocorrendo a inibição do zinco pelo cálcio e magnésio. A inibição competitiva entre os elementos zinco, cálcio e magnésio não aparece, em decorrência de não ter sido feita a calagem.

QUADRO 4 - Médias de produção de matéria seca de raízes de mandioca (kg ha^{-1}) em função das doses de calcário e zinco (colheita aos 305 dias após o plantio)*				
Dose de calcário (kg ha^{-1})	Dose de zinco (kg ha^{-1})			
	0,00	2,08	4,17	6,25
0,00	3.706,00 ABa	4.440,67 Aa	2.719,47 ABa	2.290,13 Bb
1.594	3.606,67 Aa	4.193,73 Aa	4.125,60 Aa	3.633,73 Aab
3.188	2.738,27 Aa	2.910,93 Aa	2.882,27 Aa	3.952,80 Aab
4.782	4.313,47 Aa	3.125,07 Aa	2.835,07 Aa	4.521,47 Aa

*Coeficiente de variação (%) de 24,0 e 26,7 para doses de calcário e zinco, respectivamente.
Médias seguidas de mesma letra, maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

No quadro 5 são apresentados alguns componentes de produção e produtividade de raízes de mandioca. Mesmo não ocorrendo interação entre a calagem e o zinco, o maior número de plantas por hectare foi obtido nos tratamentos com doses elevadas de calcário, indicando que a maior produtividade, devido ao tratamento, pode ter sido influenciada pelo estado da cultura. Marcano et al. (16) observaram que, de maneira geral, a calagem determinou o aumento da produção de raízes de mandioca, quando trabalharam com 27 cultivares.

O número de hastes por planta (Quadro 5), ao que tudo indica, foi maior quando as menores doses, tanto de calcário quanto de zinco, foram aplicadas, ou seja, 1.594 e 2,08 kg ha⁻¹, respectivamente. Isso também pode ser visto no Quadro 4, indicando que o número de hastes também pode influenciar a produtividade e que as doses de calcário e zinco podem ser as responsáveis.

QUADRO 5 - Componentes de produção e de produtividade de raízes de mandioca*					
Tratamento (kg ha ⁻¹)	Variáveis			Produtividade	
	Estande (plantas ha ⁻¹)	Nº de hastes (por plantas)	Nº de raízes (por plantas)	Matéria verde (kg ha ⁻¹)	Matéria seca (kg ha ⁻¹)
Calcário					
0,00	11.225 AB	1,52 AB	3,24	10.089	3.289
1.594	10.313 B	1,62 A	3,56	12.356	3.911
3.188	11.954 A	1,41 B	2,88	10.933	3.111
4.782	11.304 A	1,38 B	3,43	13.289	3.689
C.V.%	7,87	9,44	32,24	26,50	23,96
Zinco					
0,00	11.408	1,42 AB	2,96	12.311	3.600
2,08	11.017	1,56 A	3,52	11.778	3.689
4,17	10.913	1,53 AB	3,33	10.444	3.156
6,25	11.458	1,41 B	3,30	12.089	3.600
C.V.%	7,98	9,99	26,31	26,57	26,68
Interação C x Zn	n.s.	n.s.	n.s.	*	*

* Significativo a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste F.
Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Visando entender as respostas para a melhora da produtividade de raízes de mandioca em função da calagem e do zinco aplicado em adubação no sulco de plantio, fez-se o estudo da correlação entre a produção de matéria seca de raízes e as variáveis da cultura, de duas maneiras; no primeiro caso, fez-se a correlação entre a quantidade de matéria seca de raízes e as variáveis da cultura, "dentro" de cada época de colheita. No segundo, a correlação também foi feita entre a produção de matéria seca de raízes e as variáveis da cultura, todavia relacionando a matéria seca de raízes na colheita final, aos 305 dias após o plantio, e as variáveis da cultura em cada colheita.

Considerando-se os dados do Quadro 6, a altura das plantas e o número de raízes por planta correlacionam-se positivamente com a produção de matéria seca de raízes, indicando que plantas maiores com maior número de raízes podem ser mais produtivas. Contudo, a matéria seca de caules apresenta menor correlação após a terceira colheita, aos oito meses, o que talvez ocorra devido à estabilização do crescimento da parte aérea, que já possui porte suficiente para a manutenção das necessidades fisiológicas de produção dos fotoassimilados de reserva.

QUADRO 6 - Coeficiente de correlação linear simples entre a produção de matéria seca de raízes de mandioca e variáveis da cultura em cada época de colheita (n = 64)

Variável	Colheitas (dias após o plantio)			
	132	181	250	305
Altura de plantas	0,76 *	0,80 *	0,77 *	0,73 *
Nº de hastes	0,24 n.s.	0,47 *	0,39 *	0,37 *
Nº de raízes	0,73 *	0,81 *	0,83 *	0,82 *
Matéria seca de folhas	0,73 *	0,69 *	-----	-----
Matéria seca de caules	0,41 *	0,92 *	0,55 *	0,47 *

* Significativo a 5 % de probabilidade.

A altura das plantas e o número de raízes por planta também se correlacionam positivamente com a produção de raízes na colheita final, o que confirma as afirmações do parágrafo anterior (Quadro 7). O número de hastes por plantas, do mesmo modo que apresentou baixa correlação com a produção de raízes em cada época de colheita, quando considerada com a colheita final, não apresentou resposta significativa.

Só foi possível a coleta de folhas durante as duas primeiras colheitas, devido ao repouso fisiológico da cultura, em razão da queda de temperatura nas colheitas finais; todavia, a influência da matéria seca de folhas na produção não foi significativa quando correlacionada com a produção de raízes na colheita final, o que ocorreu de maneira diferente, correlacionando essa variável com a produção de matéria seca de raízes "dentro" de cada época de colheita.

QUADRO 7 - Coeficiente de correlação linear simples entre a produção de matéria seca de raízes de mandioca na quarta colheita e variáveis da cultura em cada época de colheita (n = 64)

Variável	Colheitas (dias após o plantio)			
	132	181	250	305
Altura de plantas	0,32 *	0,50 *	0,58 *	0,73 *
Nº de hastes	0,01 n.s.	0,05 n.s.	0,17 n.s.	0,37 *
Nº de raízes	0,36 *	0,35 *	0,45 *	0,82 *
Matéria seca de folhas	0,19 n.s.	0,18 n.s.	-----	-----
Matéria seca de caules	0,32 *	0,26 *	0,38 *	0,47 *
Matéria seca de raízes	0,28 *	0,37 *	0,46 *	1,00

* Significativo a 5 % de probabilidade.

CONCLUSÕES

1) Em solo ácido pobre em fertilidade, o uso da calagem influencia as características avaliadas, como população de plantas e produção de raízes tuberosas, sendo as maiores doses de calcário (3.188 e 4.782 kg ha⁻¹) as que possibilitaram as melhores respostas pelas plantas de mandioca.

2) As doses mais altas de calcário e de zinco possibilitam aumento na produção de matéria seca nas raízes.

3) Com doses baixas de calcário, principalmente a de 1594 kg ha⁻¹, as maiores produções de raízes aparecem com a dose de 2,08 kg ha⁻¹ de zinco.

4) A altura das plantas e o número de raízes por planta de mandioca correlacionam-se com a produção de massa de matéria seca de raízes.

REFERÊNCIAS

1. ASHER, C.J.; EDWARDS, D. G. & HOWELER, R. H. Desordenes nutricionales de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1980. 48p.
2. CIAT. Sistema de producción de yuca. Cali, 1975. p. B1-B85. (Informe anual).
3. CIAT. Suelos y nutrición de la planta. Cali, 1977. p. 59-69. (Programa de yuca).
4. COLL, J. B.; RODRIGO, G. N.; GARCÍA, B. S. & TAMÉS, R. S. Nutrición mineral. In: Coll, J. B.; Rodrigo, G. N.; García, B. S. & Tamés, R. S. (eds.). Fisiología vegetal. Madrid, Ediciones Pirámide, 2001. p. 121 - 37.
5. FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V. C. & JONES, C. H. Cassava and potato. In: Fageria, N. K.; Baligar, V. C. & Jones, C. H. Growth and mineral nutrition of field crops. (eds.). New York, Marcel Dekker, 1991. p. 354 - 78.
6. HOWELER, R. H. Nutrición mineral y fertilización de la yuca. In: Curso de Produccion de Yuca, 1º, Cali, CIAT, 1978. p. 274-321.
7. HOWELER, R. H. Nutrición mineral y fertilización de la yuca. 4 ed. Cali, Colombia, ISBN/CIAT, 1981. 55 p.
8. HOWELER, R. H. Mineral nutrition of cassava. Mineral nutrient disorders of root crops in the Pacific. 65: 110 - 16, 1997.
9. LOPES, A.S. Manual internacional de fertilidade do solo. 2 ed. Piracicaba, Potafós, 1998. 177 p.
10. LORENZI, J. O. & DIAS, C. A. de C. Cultura da mandioca. Campinas, Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1993. 41 p. (Boletim Técnico, 211).
11. LORENZI, J. O. & MONTEIRO, D. A. A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) como matéria prima para produção de etanol no Brasil. Campinas, Instituto Agrônomo, 1980. 80 p. (Boletim nº 67).
12. LORENZI, J. O.; MONTEIRO, D. A.; MIRANDA FILHO, H. da S. & Raij, B. V. Raízes e tubérculos. In: RAIJ, B. V.; Cantarella, H.; Quaggio, J. A. & Furlani, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2 ed. Campinas, Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. p. 221-9.
13. LOZANO, J. C.; BELLOTI, A.; REYES, J. A.; HOWELER, R.; LEIHNER, D. & DOLL, J. Problemas en el cultivo de la yuca. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1981. 208 p.
14. MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Ceres, 1980. 251p.
15. MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola - Nutrição de plantas e fertilidade do solo. São Paulo, Ceres, 1976. 528p.
16. MARCANO, J. J.; PAREDES, G. F. & COLMENAREZ, O. Efecto de la aplicacion de cal sobre la producion de raizes de 27 cultivares de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en un suelo con alto valor de acidez. Yaritagua - Venezuela. In: Congresso Brasileiro de Mandioca, 8º, Salvador - Ba, 1994. Resumos, Banco do Nordeste do Brasil, 1994, p. 41.

17. MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2 ed. San Diego, Academic Press, 1995. 889 p.
18. MIRANDA, L.; MIELNICZUK, J. & LOBATO, E. Calagem e adubação corretiva. In: Simpósio Sobre o Cerrado, 5º, Brasília, 1978. Anais, Editerra, 1980, p. 521-78.
19. NOGUEIRA, F. D.; PAULA, M. P.; TANAKA, R. T. & ANDRADE, A. M. S. Interações entre níveis de calagem e de zinco para a cultura da mandioca em solo sob vegetação de cerrado. *Revista Brasileira de Mandioca*, 3 (2): 99-104, 1984.
20. PAULA, M. B. de; NOGUEIRA, F. D.; TANAKA, R. T. & ANDRADE, A. M. S. Efeitos de níveis de fósforo e calcário sobre a cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). *Revista Brasileira de Mandioca*, 4 (2): 7-18, 1985.
21. RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo, Ceres - Potafós, 1991. 343 p.
22. SOUSA, L. D.; GOMES, J. de C. & CALDAS, R. C. Interação vinhoto, calagem e fósforo na cultura da mandioca no norte do Mato Grosso. *Revista Brasileira de Mandioca*, 11 (2): 148-55, 1992.
23. VIDIGAL FILHO, P.S.; VIEIRA, J.M.; ZAMBOLIM, L.; SEDIYAMA, T.; CARDOSO, A.A.; FONTES, P.C.R.; RIBEIRO, A.C. & CAETANO, L.F. *Glomus etunicatum* Becker & Guerdemann, calagem, superfosfato triplo e níveis de zinco influenciando o crescimento da mandica. *Revista Brasileira de Mandioca*, 16 (1): 15-34, 1997.