

AVALIAÇÃO DA DEFICIÊNCIA DE Ca EM DIFERENTES SOLOS DE CERRADO, POR MEIO DO CRESCIMENTO DE RAÍZES ^{1/}

Luiz Eduardo Dias ^{2/}

Luiz J.C.B. Carvalho ^{3/}

K.D. Ritchey ^{4/}

1. INTRODUÇÃO

O crescimento superficial do sistema radicular das culturas na região dos cerrados tem sido atribuído a três condições de solo específicas: 1) toxidez de Al, seja ao longo do perfil do solo (LE), seja restrita a camadas definidas (LV); 2) deficiência generalizada de Ca (LE e LV); 3) associação desses fatores (1, 3, 7). Quando esse crescimento deficiente do sistema radicular ocorre associado a veranicos esporádicos, durante a estação de crescimento das culturas, as plantas sofrem limitações na absorção efetiva de água e de nutrientes disponíveis no perfil dos solos (1).

Muito embora essas informações estejam disponíveis e as verificações de ordem prática tenham-se tornado evidentes nos últimos anos (4), faz-se necessária a elaboração de métodos que sejam de fácil utilização pelos agricultores, para diagnosticar essas situações. O teste biológico de crescimento de raízes, segundo Ritchey *et alii* (5, 6), parece de grande possibilidade, visto ser de aplicação relativamente fácil, além de servir como auxiliar na interpretação das análises químicas de solos.

O presente trabalho é parte do programa de pesquisa sobre lixiviação de Ca do CPAC — EMBRAPA e teve por objetivo avaliar a utilização de teste biológico de crescimento de raízes no diagnóstico da deficiência de Ca em amostras de seis solos de cerrado com diferentes conteúdos de Al trocável.

^{1/} Recebido para publicação em 5-10-1984.

^{2/} EMBRAPA/UFV — Depto. de Solos. 36570 Viçosa, MG.

^{3/} EMBRAPA — CPAC, Caixa Postal 70-0023. 73300 Planaltina, DF.

^{4/} Consultor do IICA/EMBRAPA — CPAC.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Experimento n.º 1

Foram selecionados seis diferentes solos de cerrado, localizados na área do CPAC, com diferentes teores de Al: a) Latossolo Vermelho-Escuro (LE₁), com vegetação natural; b) Latossolo Vermelho-Escuro (LE₂), em área desmatada há 17 anos, distante 100m do LE₁; c) Latossolo Vermelho-Escuro (LE₃), em área cultivada com soja e arroz, distante 10m do LE₂, que recebeu 3,5 t/ha de gesso, 4 t/ha de calcário, 300 kg/ha de P₂O₅ (superfosfato simples), 80 kg/ha de N (sulfato de amônio), 100 kg/ha de K₂O (cloreto de potássio) e 10 kg/ha de Zn (sulfato de zinco); d) Cambissolo, com vegetação natural; e) Latossolo Vermelho-Amarelo (LV), com vegetação natural; f) Gley, em várzea de cerrado. A análise química de rotina de cada solo (Quadro 1) foi realizada de acordo com os métodos de análise descritos por Ritchey *et alii* (7), com exceção dos teores de Ca e Mg, que foram determinados por absorção atômica.

Para obter a capacidade de campo dos solos, colocaram-se 200g de solo num copo sem fundo, sobre o mesmo solo, em saco plástico, adicionando-se água destilada. Após um período de duas horas, os copos sem fundo foram colocados em outros copos de igual capacidade e transferidos para uma câmara úmida de crescimento.

Sementes de trigo (*Triticum aestivum*, cv. Moncho BSB) foram colocadas para germinar em papel-toalha durante 24 horas, em temperatura ambiente. Após a emergência, foram selecionadas as plântulas com radículas mais uniformes, transplantando-se cinco delas por copo. Como delineamento estatístico foram utilizados blocos ao acaso, com quatro repetições.

Após quatro dias de crescimento, segundo o método utilizado por Ritchey *et alii* (6), foram tomadas medidas de comprimento total e médio e da maior raiz, bem como do número de raízes, por planta, em cada copo.

2.2. Experimento n.º 2

Amostras de quatro dos seis solos utilizados no Experimento n.º 1 foram tratadas com diferentes fontes de Ca: 0,2 meq/100g de Ca, como CaSO₄; 2,0 meq/100g de Ca, como CaCO₃; 5,0 meq/100g de Ca, como CaCO₃. Procedimento idêntico ao do experimento anterior foi adotado neste ensaio.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Experimento n.º 1

O comprimento total e o comprimento médio de raízes, bem como o comprimento da maior raiz (CMaR) (Quadro 1), foram altamente correlacionados entre si e com alguns parâmetros químicos dos solos (Quadro 2). O número de raízes correlacionou-se significativamente apenas com a saturação de Al ($r=0,61$) e com a saturação de Ca ($r=-0,66$). As correlações dos parâmetros de raízes com o Ca foram sempre superiores às correlações com os demais elementos. Esse fato revela a importância dominante do Ca no crescimento de raízes nos solos de cerrado, conforme já relatado em trabalhos anteriores (4, 6). Os parâmetros de raízes estão altamente associados entre si (Quadro 2), de maneira que o CMaR torna-se mais conveniente como medida de crescimento de raízes, pela facilidade com que é avaliado.

Paralelamente a este experimento, realizou-se um teste: adição de 0,2 meq de

QUADRO 1 - Características químicas dos solos estudados e comprimento da maior raiz

Solo	Profun- didade (cm)	pH em água (1:1)	Al	Ca		Mg	Cresc. da maior raiz (cm)
				(meq/100 g)			
LE ₁	0-15	4,67	2,32	0,425	0,060	6,2	
	15-30	4,82	1,72	0,009	0,032	3,5	
	30-45	4,88	1,50	0,007	0,023	4,0	
	45-60	4,65	1,36	0,005	0,013	3,4	
	60-75	4,05	1,24	0,003	0,009	3,0	
	75-90	4,01	1,20	0,004	0,009	3,7	
	90-105	4,03	1,12	0,003	0,008	2,8	
	105-120	4,18	0,96	0,002	0,007	2,7	
LE ₂	0-15	4,84	1,72	0,061	0,029	6,1	
	15-30	4,77	1,42	0,035	0,027	7,0	
	30-45	4,63	1,20	0,051	0,021	8,4	
	45-60	4,72	0,82	0,039	0,016	7,7	
	60-75	4,65	0,82	0,025	0,010	6,8	
	75-90	4,63	0,70	0,033	0,012	5,7	
	90-105	4,65	0,58	0,024	0,018	6,4	
	105-120	4,72	0,60	0,014	0,009	5,5	

Continua...

QUADRO 1 - Continuação

Solo	Profun- didade (cm)	pH em água (1:1)	Al	Ca		Mg	Cresc. da maior raiz (cm)
				(meq/100 g)			
LE ₃	0-15	4,77	0,80	2,595		0,162	13,6
	15-30	4,90	0,70	2,325		0,192	13,2
	30-45	4,43	1,18	1,227		0,108	13,5
	45-60	4,56	0,96	1,236		0,064	12,5
	60-75	4,58	0,90	1,290		0,039	11,8
	75-90	4,65	0,80	1,230		0,054	11,8
	90-105	4,64	0,82	0,861		0,029	11,3
	105-120	4,44	0,72	0,513		0,029	9,1
Cambis- solo	0-15	4,51	1,04	0,053		0,042	10,0
	15-30	5,05	0,70	0,021		0,029	8,8
	30-45	5,42	0,38	0,010		0,024	6,6
	45-60	5,25	0,12	0,010		0,017	5,9
	0-15	4,48	2,36	0,102		0,027	4,5
Gley	15-30	4,70	2,80	0,069		0,021	3,0
	30-45	4,64	2,60	0,085		0,023	3,5
	45-60	4,45	2,20	0,187		0,049	5,0
	60-75	4,36	2,10	0,141		0,045	5,3
	75-90	4,25	2,78	0,042		0,018	4,4
	90-105	4,22	1,60	0,020		0,010	3,2
	105-120	4,20	1,70	0,032		0,015	3,2
	105-120	5,55	0,0	0,008		0,005	2,9
LV	105-120	5,55	0,0	0,008		0,005	2,9

QUADRO 2 - Correlações entre parâmetros de avaliação de raízes e destes com características químicas dos solos

Característica química dos solos	Comprimento de raízes*		Nº de raízes
	Médio	Da maior	Total
Al ³⁺	NS	NS	NS
Ca ²⁺	0,81	0,79	0,82
Mg ²⁺	0,67	0,67	0,70
Saturação de Al	-0,71	-0,68	-0,68
Saturação de Ca	0,84	0,81	0,82
Comprimento da maior raiz (CMar)	0,99	-	-
Comprimento total de raízes	0,98	0,99	-
Número de raízes	-0,84	-0,81	-0,75

* Todos os valores que não estão marcados com NS (não significativos) foram significativos ao nível de $p < 0,01$.

Ca/100g de solo, na forma de CaSO_4 , a uma amostra de solo LV com 0 (zero) de Al. Neste teste obteve-se um CMar cerca de três vezes maior que na testemunha (Quadro 1). No solo Gley (60-75 cm), com teores de Ca semelhantes, mas com 2,1 meq de Al/100g de solo, o CMar foi reduzido à metade. Por outro lado, o CMar foi limitado tanto pelo Al como pelo baixo teor de Ca nos solos LE₁, com excessão do perfil do LE₃, que continha alto teor desse elemento.

Apesar de, basicamente, serem o mesmo solo, o LE₁, o LE₂ e o LE₃ foram manejados diferentemente ao longo do tempo. O LE₁ é uma área com mata virgem e o LE₂ é uma área desmatada há cerca de 17 anos, ao passo que o LE₃ foi cultivado, durante quatro anos, com a adubação anteriormente descrita. O uso de gesso possibilitou um aumento considerável no teor de Ca em todo o perfil do LE₃ e uma conseqüente melhora no crescimento de raízes (2, 6).

3.2. Experimento n.º 2

A adição de 0,2 meq de Ca/100g de solo, na forma de CaSO_4 , melhorou significativamente o CMar (Quadro 3) nos solos em que esse crescimento é mais limitado pela deficiência de Ca somente (Cambissolo) ou por deficiência de Ca e níveis mais elevados de Al (LE₁ e LE₂). No entanto, essa quantidade não é suficiente para provocar uma melhora significativa do CMar, quando o Al é o principal fator de limitação de crescimento de raízes (Gley).

Por outro lado, a aplicação de CaCO_3 (2,0 meq de Ca/100g de solo) em solos com limitações, por deficiência de Ca e por toxicidade de Al (LE₁ e LE₂), promoveu aumento significativo no CMar, em relação ao tratamento com CaSO_4 (Quadro 3). Isso não ocorreu quando o principal fator de limitação do CMar foi o baixo teor de Ca no solo (Cambissolo). A neutralização de Al pelo CaCO_3 é a principal causa dessa resposta diferencial.

4. CONCLUSÕES

1. Para avaliar o teor de Ca do solo, a medida de comprimento da maior raiz de cada planta é tão eficiente quanto a medição total de todas as raízes da planta, para efeitos comparativos, além de ser mais rápida.

2. Para o cultivar utilizado, o teste biológico do crescimento de raízes, originalmente desenvolvido para detectar deficiência de Ca, pode ser também utilizado para indicar uma situação de toxidez de Al.

3. A adição de 0,2 meq de Ca/100g de solo, na forma de CaSO_4 , é suficiente para corrigir a deficiência de Ca (0,02 a 0,05 meq de Ca/100g de solo). Entretanto, para solos que apresentam, além da deficiência de Ca, toxidez de Al, essa adição não é suficiente para possibilitar o crescimento satisfatório das raízes.

5. RESUMO

O teste biológico do crescimento de raízes, para diagnosticar deficiência de Ca em Latossolos de cerrado com diferentes teores de Ca e Al, foi realizado durante quatro dias, visando à avaliação de sua viabilidade.

Foram feitas várias medições de raízes, ressaltando que a medição da maior raiz de cada planta-teste (trigo) é tão eficiente quanto a medição total das raízes para a avaliação de deficiência de Ca.

Comparações de crescimento das raízes nos subsolos, sem a adição de Ca, com a adição de 0,2 meq de Ca/100g de solo, na forma de CaSO_4 , e com a adição de 2,0 meq de Ca/100g de solo, na forma de CaCO_3 , foram feitas em amostras dos perfis dos solos LE, LV, Cambissolo e Gley. Aumento significativo no crescimento das raízes foi observado com a adição de 0,2 meq de Ca/100g de solo a solos deficientes

QUADRO 3 - Características químicas de amostras de solos estudados e crescimento de raízes (média de 20 plantas)

Solo	Ca adicio- nado (meq/100g)	pH em H ₂ O	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Compr. da maior raiz (cm)
			(meq/100g)			
LE ₁ (60-120 cm)	0,0	4,43	1,10	0,011	0,010	4,35 c*
+ (CaSO ₄)	0,2	4,48	1,00	0,235	0,033	7,93 b
+ (CaCO ₃)	2,0	5,19	0,04	2,175	0,010	11,05 a
LE ₂ (30-90 cm)	0,0	4,35	0,76	0,044	0,015	6,50 c
+ (CaSO ₄)	0,2	4,40	0,64	0,237	0,015	9,00 b
+ (CaCO ₃)	2,0	5,20	0,00	2,130	0,016	10,35 a
Cambissolo (30-60 cm)	0,0	4,83	0,37	0,027	0,028	8,44 b
+ (CaSO ₄)	0,2	4,82	0,28	0,207	0,010	10,73 a
+ (CaCO ₃)	2,0	5,83	0,00	2,795	0,033	11,97 a
Gley (45-60 cm)	0,0	4,40	1,80	0,166	0,048	4,69 b
+ (CaSO ₄)	0,2	4,40	1,76	0,395	0,048	5,88 b
+ (CaCO ₃)	2,0	5,01	0,28	2,295	0,046	9,29 a
+ (CaCO ₃)	5,0	5,87	0,00	4,600	0,045	9,60 a

* Valores do mesmo solo seguidos pela mesma letra não diferem significativamente a 5% (Duncan).

em Ca (Ca inferior ou igual a 0,02– 0,05 meq/100g de solo). No entanto, quando havia toxidez de Al, a adição de Ca, na forma de CaCO_3 , promoveu um aumento adicional significativo no crescimento das raízes, em relação à aplicação de CaSO_4 . Por outro lado, quando a presença do Al era uma limitação, não ocorreu incremento significativo no crescimento de raízes com a adição de 0,2 meq de Ca/100g de solo na forma de CaSO_4 .

6. SUMMARY

(EVALUATION OF Ca DEFICIENCY IN DIFFERENT CERRADO SOILS BY MEANS OF WHEAT ROOT GROWTH)

This research was undertaken to determine if the root growth of wheat would be a sensitive method to detect Ca deficiency in cerrado oxisols with different levels of Ca and Al.

Several root measurements were taken which resulted in the finding that measurements of the longest root on each test plant was equally as good as, and more efficient than, the measurement of the total root length for determination of root growth limitations by low levels of Ca.

Root growth comparisons were made in subsoil samples, taken from LE, LV, Cambissolo and Gley soil profiles, and treated as follows: without additions of Ca, with addition of CaSO_4 at 0.2 meq Ca/100g of soil, and with addition of CaCO_3 at 2.0 meq Ca/100g of soil. When Ca deficiency (Ca less than 0.02 to 0.05 meq/100g of soil) was a problem, significant increases in root growth were obtained by the additions of Ca. Where Al toxicity was a problem, additional root growth increases resulted from the addition of CaCO_3 . In the presence of Al toxicity only, there was no significant root growth response with the addition of CaSO_4 .

7. LITERATURA CITADA

1. AYRES, A.S. The utility of soil analysis in determining the need for applying calcium to sugar cane. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.*, 11: 162-170, 1963.
2. DIAS, L.F.; FERREIRA, F.A.S.; RIBEIRO, A.C. & COSTA, L.M. Movimentação de cálcio em colunas de solo tratadas com carbonato e sulfato de cálcio. *Rev. Ceres*, 31:407-414, 1984.
3. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal*. Rio de Janeiro, 1978. 455 p. (Boletim Técnico 53).
4. LOBATO, E. & RITCHEY, K.D. Manejo do solo visando à melhora do aproveitamento de água. In: SIMPÓSIO SOBRE CERRADO, 5. Brasília, DF, 1979. *Cerrado: uso e manejo*. Brasília, Editerra, 1980. p. 645-671.
5. RITCHEY, K.D.; SILVA, J.E. & COSTA, U.F. Calcium deficiency in clayey B horizons of Savannah Oxisols. *Soil Sci.*, 133:378-382, 1982.
6. RITCHEY, K.D.; SILVA, J.E. & SOUSA, D.M.G. Relação entre o teor de cálcio no solo e o desenvolvimento de raízes avaliado por um método biológico. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 7:269-275, 1983.
7. RITCHEY, K.D.; SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. & CORREA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in Brazilian savannah oxisol. *Agron. J.*, 72: 40-44, 1980.