

Científico nº 33-A. E.S.A. "Luiz de Queiroz", 1968.

RUHE, R. - Geomorphology - Houghton Mifflin Company, Illinois. 246 p. 1975.

SIMONSON, R.W. - Modern Concepts of Soil Genesis - A Symposium outline of a generalized theory of soil genesis. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 23:152-156.

STEELE, J.C. & BRADFIELD, R. - The significance of size distribution in the clay fraction. Am. Soil Survey Ass. Report Bull. XV: 89-93. 1934.

SOARES, P.C. & LANDIN, P.M.B. - Depósitos Cenozóicos na Região Centro-Sul do Brasil. Not. Geomorfol., Campinas 16 (3): 17-39. 1976.

WINTERS, R. & SMITH, R.S. - Determination of total carbon in soils. Ind. Eng. Chem. Anal. 1:202-203, 1929.

PROCI-1986. 00017
 PRI
 1986
 SP-1986. 00017

43(1) : 589 - 613

TOXIDEX DE ALUMÍNIO E MANGANES EM SORGO SACARINO (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). I. EFEITOS DO SILICATO E DO CARBONATO DE CÁLCIO EM SOLO PODZÓLICO VERMELHO AMARELO VAR. LARAS*

Ana Candida P. Aguirre Primavesi**
 E. Malavolta***
 Odo Primavesi****

RESUMO

Foram determinados produção de matéria seca de raízes, colmos e folhas e teores de P, Ca, Mg, K, Al, Mn e Fe de três cultivares de sorgo sacarino (Br500, Br602 e Ample-H-0K) crescendo em solo Podzólico Vermelho Amarelo Var. Laras, em presença e ausência de corretivos da acidez do solo (calcário e silicato).

Ocorreram diferenças genotípicas na resposta aos corretivos. 0 me

*Parte da tese apresentada pelo primeiro autor à ESALQ, USP, Piracicaba. Entregue para publicação em 10/11/86.

**EMBRAPA - Dept. Química, ESALQ, USP

***CENA, USP.

****CPG Solos e Nutrição de Plantas ESALQ-USP, Bolsista da EMBRAPA.

lhor tratamento para a produção de matéria seca das folhas não foi necessariamente o melhor para a produção de matéria seca dos colmos. O calcário propiciou efeitos relativos melhores que o silicato na promoção do crescimento dos cultivares. O cultivar Br500 apresentou a melhor resposta ao calcário e Br602 ao silicato.

A melhor produção de matéria seca de colmos do sorgo sacarino, proporcionado pela aplicação de corretivos, deveu-se principalmente à redução da saturação em alumínio e ao aumento da CTC efetiva, do Ca trocável e do pH do solo.

O calcário promoveu a redução nos teores foliares de todos os elementos analisados, inclusive Al e Mn. O silicato acarretou aumentos nos teores de Ca, Mg, K, P e Al.

Não foram constatados sintomas visuais de toxicidade de Mn nos níveis presentes, embora a produção de matéria seca total tenha sido afetada.

Os cultivares foram afetados pelo Al trocável do solo na seguinte ordem de crescente: Ample-H-0K > Br602 > Br500.

INTRODUÇÃO

A toxicidade de alumínio é considerada uma das principais causas dos desequilíbrios nutricionais que afetam o crescimento, desenvolvimento e produção de plantas cultivadas em solos ácidos (MALAVOLTA *et alii*, 1977), geralmente de baixa fertilidade, como ocorre no Brasil (OLMOS & CAMARGO, 1976). Acontece com pH abaixo de 5,0, mas pode ocorrer em valores de pH como 5,5 (FOY, 1974).

Em solos ácidos, não corrigidos, podem ocorrer concentrações tóxicas de manganês, que afetam a taxa de crescimento das culturas (BRADFORD *et alii*, 1966).

Vários autores relatam sobre a redução ou eliminação da toxicidade de alumínio e manganês, com elevação da produção vegetal, através da aplicação de corretivos como carbonato ou silicato de cálcio (MATSON & HESTER, 1933; TOTH, 1959; FOY & BROWN, 1963; HUNTER, 1965; HUTTON & FISSELL, 1965; BRADFORD *et alii*, 1966; MIRAMONTES & ORTEGA, 1972; VILLACHICA, 1973; SERPA & GONZALES, 1979).

Como o sorgo sacarino constitui uma fonte renovável para produção de álcool combustível, devido a sua elevada produtividade e ciclo relativamente curto, torna-se necessário recolher mais dados agroeconômicos em nossas condições.

O presente trabalho objetivou obter resultados da aplicação dos corretivos de acidez, carbonato e silicato de cálcio, sobre os efeitos tóxicos do alumínio e manganês presentes no substrato solo, em três cultivares de sorgo sacarino, através da produção de matéria seca e concentrações de nutrientes.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os cultivares de sorgo sacari no: Br-500, Br602 e Ample-H-0K, fornecidos pela EMBRAPA.

O solo usado foi classificado como Podzólico Vermelho Var. Laras coletado numa camada de 0-30 cm de profundidade, e apresentou as seguintes características químicas: pH=4,3; C=0,3% e em emg/100 g TFSa: 1,55 de PO_4^{3-} , 0,29 de K^+ , 0,88 de Ca^{2+} , 0,64 de Mg^{2+} , 0,64 de Al^{3+} , 0,48 de H^+ (CAITANI & JACINTHO, 1974) e Mn^{2+} = 93 ppm (extração com H_2SO_4 0,05N). Classe textural = franco silteoso.

As doses de corretivos usadas corresponderam a necessidade de 0, 1/2 e 1 vez a dose recomendada para elevar o pH a 6,5. As curvas de calibração indicaram a dose 1 como sendo 2 t/ha de carbonato de cálcio e 8 t/ha de silicato de cálcio (Fig. 1).

Foram usados vasos plásticos com 500g de terra previamente preparada, contendo os tratamentos corretivos (doses), aos quais foram acrescidos calcário e silicato, respectivamente, para a correção da acidez fisiológica dos adubos. Após a incubação, com teor de água equivalente a 75% do poder de embebição, foram incorporados os nutrientes nas dosagens recomendadas por MALAVOLTA (1980).

O delineamento estatístico foi um fatorial $3 \times 3 \times 2$, inteiramente casualizado, com 4 repetições, 3 cultivares, 3 doses e 2 corretivos.

Foram semeadas cinco sementes por vaso e três dias após a germinação feito o desbaste para duas plantas. A unidade foi mantida pela adição de água destilada, através de pesagem. As plantas foram cultivadas até resposta diferencial.

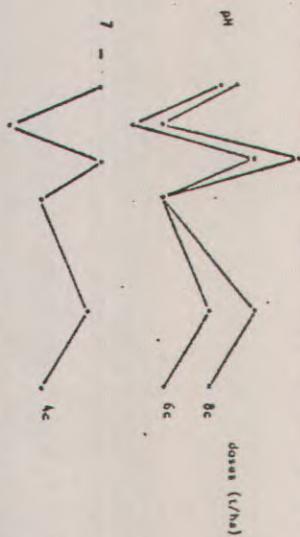
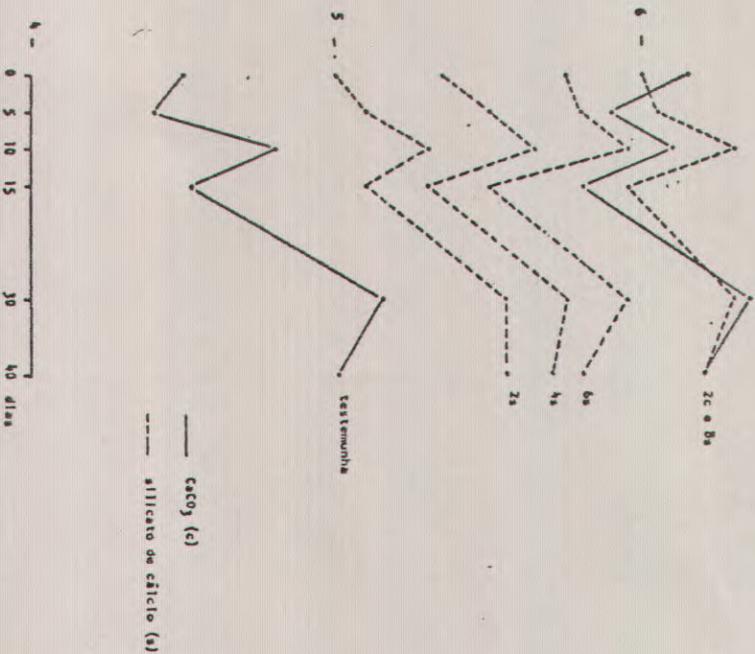


Figura 1. Curva de calibração para calcário e silicato.



Foi avaliada a produção de matéria seca de raízes, colmos e folhas. Após digestão nitroperclórica (SARRUGE & HAAG, 1974), foram determinados os teores de P, Ca, Mg, Al, Mn e Fe por espectrometria de emissão com plasma induzido em argônio e K por fotometria de chama.

Após a colheita, as amostras de terra foram novamente analisadas quanto às características químicas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

SOLO

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise química da amostra de terra, efetuada após a colheita do experimento.

Os resultados indicam um aumento no pH do solo, teor de cálcio trocável e CTC efetiva e uma redução no teor de magnésio trocável e na porcentagem de saturação em alumínio, em função das doses dos corretivos.

MATÉRIA SECA

Os pesos médios de produção de matéria seca das raízes, folhas e colmos de sorgo sacarino, crescendo em terra que recebeu carbonato ou silicato de cálcio, encontram-se nas Tabelas 2 e 3 e Fig. 2.

Ocorreu diferença entre doses, corretivos e cultivares para a produção de matéria seca de folhas e colmos, e entre doses e corretivos para a de raízes.

Tabela 1 - Resultados de análises químicas do solo após a colheita

Cultivar	tratamento	pH	C %	—ppm—			Ca	Mg emg/100g	Al	CTCef.	Al % sat	
				P	Mn	K						
Ample-H-OK	Ca	0	5,0	0,54	215	50	0,12	1,84	0,48	0,25	2,69	9,3
		1	5,3	0,52	228	43	0,10	2,48	0,36	0,32	3,26	9,8
		2	5,6	0,49	256	62	0,10	2,96	0,32	0,32	3,70	8,6
Br602	Ca	0	4,9	0,55	168	50	0,13	1,92	0,44	0,30	2,79	10,8
		1	5,4	0,51	233	45	0,10	2,32	0,32	0,29	3,03	9,6
		2	5,3	0,54	237	51	0,10	2,80	0,32	0,27	3,49	7,7
Br500	Ca	0	5,0	0,55	205	48	0,11	1,96	0,36	0,36	2,79	12,9
		1	5,4	0,50	244	56	0,11	2,56	0,16	0,27	3,10	8,7
		2	5,7	0,51	248	60	0,11	3,04	0,12	0,34	3,61	9,4
Ample-H-OK	Si	0	5,2	0,57	240	67	0,11	1,82	0,84	0,32	3,09	10,3
		1	5,5	0,51	256	56	0,11	2,84	0,40	0,25	3,60	6,9
		2	5,6	0,41	248	53	0,09	3,44	0,40	0,25	4,18	6,0
Br602	Si	0	5,2	0,57	220	56	0,11	2,16	0,56	0,37	3,20	11,6
		1	5,5	0,57	256	55	0,10	2,92	0,52	0,23	3,77	6,1
		2	5,9	0,47	248	56	0,10	3,44	0,32	0,25	4,11	6,1
Br500	Si	0	5,3	0,52	244	58	0,09	2,12	0,56	0,32	3,09	10,3
		1	5,6	0,52	240	59	0,10	2,84	0,60	0,25	3,79	6,6
		2	5,9	0,50	237	54	0,10	3,52	0,24	0,28	4,14	6,8

Obs.: Ca=calcário; Si=silicato; 0-1-2=doses dos corretivos (0-1-2 t/ha calcário; 0-4-8 t/ha silicato).

Tabela 2 - Matéria seca e teores de elementos minerais nas folhas e raízes.

Cultivar tratamento	folhas									raízes								
	Ca	Mg	K	P	Al	Fe	Mn	ms	ms	Ca	Mg	K	P	Al	Fe	Mn		
	%				ppm			g	g	%				ppm				
Ample-H-OK	Ca	0	0,83	0,30	1,88	0,61	228	192	794	4,30	2,17	0,48	0,11	0,25	0,24	13200	3580	552
		1	1,08	0,35	1,71	0,75	106	177	509	4,31	1,80	0,52	0,10	0,20	0,30	13485	5158	414
		2	0,96	0,39	1,42	0,59	117	136	294	4,64	2,02	0,62	0,12	0,21	0,27	15145	5262	377
BR-602	Ca	0	1,06	0,36	2,10	0,81	211	242	653	4,07	1,62	0,53	0,12	0,23	0,29	12730	2503	451
		1	0,98	0,29	1,76	0,68	106	171	454	4,12	2,04	0,66	0,14	0,18	0,34	18540	5958	407
		2	0,83	0,25	1,68	0,53	105	142	323	4,30	2,39	0,47	0,09	0,22	0,20	11610	3899	274
BR-500	Ca	0	1,34	0,46	2,36	1,06	119	262	1109	3,80	1,61	0,40	0,12	0,24	0,29	12390	3031	560
		1	1,39	0,38	1,95	0,84	146	178	665	3,99	2,12	0,40	0,09	0,23	0,20	12315	3925	362
		2	1,00	0,32	1,96	0,67	121	139	550	4,21	2,00	0,73	0,13	0,22	0,33	16325	6605	496
Ample-H-OK	Si	0	0,64	0,23	1,56	0,45	89	143	855	4,90	1,60	0,44	0,11	0,27	0,29	12295	4059	697
		1	0,95	0,31	1,89	0,63	156	169	571	4,77	1,37	0,67	0,12	0,21	0,31	11645	3104	398
		2	1,01	0,36	1,88	0,68	193	165	410	5,05	1,95	0,58	0,10	0,16	0,27	13090	5104	367
BR-602	Si	0	0,73	0,26	1,42	0,58	111	200	507	4,09	1,57	0,51	0,10	0,26	0,28	13316	4436	442
		1	1,14	0,38	1,77	0,81	136	255	812	4,66	1,41	0,77	0,15	0,25	0,38	14150	4607	347
		2	1,02	0,38	1,76	0,68	156	163	419	4,63	1,87	0,54	0,10	0,22	0,24	13279	5438	360
BR-500	Si	0	1,03	0,40	1,72	0,81	144	213	1263	4,14	1,27	0,37	0,08	0,25	0,24	8857	2625	425
		1	1,40	0,56	2,08	1,09	180	234	1272	4,54	1,39	0,55	0,12	0,24	0,29	12575	5538	625
		2	1,22	0,42	2,03	0,81	197	196	387	4,35	1,87	0,55	0,09	0,24	0,24	13125	5423	304
Variação	Ca		0,83	0,25	1,42	0,53	105	136	294			0,40	0,09	0,18	0,20	11610	2503	274
			1,39	0,46	2,36	1,06	228	262	1109			0,73	0,13	0,25	0,34	18540	6605	560
	Si		0,64	0,23	1,42	0,45	89	143	410			0,37	0,08	0,16	0,24	8857	2625	304
			1,40	0,56	2,08	1,09	197	255	1272			0,77	0,15	0,27	0,38	14150	5538	697

Obs.: Ca=calcário; Si=silicato; 0-1-2=doses de corretivo (0-1-2 t/ha de calcário; 0-4-8 t/ha de silicato); ms=matéria seca.

Tabela 3 - Matéria seca e teores de elementos minerais no colmo.

Cultivar tratamento	Ca	Mg	K	P	Al	Fe	Mn	matéria seca (y/2 plantas)									
								col/fol ra/PA				total					
								col.	fol.	PA	ra						
Ample-H-OK	Ca	0	1,72	0,83	2,38	1,54	217	498	2580	1,98	4,30	6,28	2,17	8,45	0,46	0,35	
		1	1,35	0,33	1,65	0,67	79	110	608	2,28	4,31	6,59	1,80	8,35	0,53	0,27	
		2	1,51	0,35	1,47	0,70	97	130	455	2,56	4,64	7,20	2,02	9,22	0,55	0,28	
Br602	Ca	0	1,65	0,50	2,43	0,91	98	231	1135	1,67	4,07	5,74	1,62	7,36	0,41	0,28	
		1	1,58	0,48	1,72	0,78	85	111	657	1,74	4,12	5,86	2,04	7,90	0,42	0,35	
		2	1,41	0,34	1,55	0,60	85	107	567	1,99	4,30	6,29	2,35	8,68	0,46	0,38	
Br500	Ca	0	1,75	0,56	2,57	1,05	135	176	1702	1,72	3,60	5,52	1,61	7,13	0,45	0,29	
		1	1,48	0,41	1,53	0,83	100	157	814	1,92	3,99	5,91	2,12	8,03	0,48	0,36	
		2	1,61	0,46	1,71	0,85	186	212	541	2,31	4,21	6,52	2,00	8,52	0,55	0,31	
Ample-H-OK	Si	0	0,73	0,20	1,37	0,41	129	119	828	2,49	4,90	7,30	1,60	8,95	0,51	0,22	
		1	1,02	0,26	1,41	0,48	64	107	537	2,40	4,77	7,17	1,37	8,54	0,50	0,19	
		2	0,96	0,22	1,30	0,40	45	117	302	2,52	5,05	7,57	1,95	9,52	0,50	0,26	
Br602	Si	0	1,07	0,33	1,52	0,57	130	115	660	1,94	4,05	6,23	1,57	7,60	0,47	0,26	
		1	1,62	0,46	1,75	0,76	78	155	662	2,08	4,66	6,74	1,41	8,15	0,45	0,21	
		2	1,06	0,30	1,34	0,44	52	127	348	2,21	4,63	6,84	1,87	8,71	0,48	0,27	
Br500	Si	0	0,93	0,34	1,67	0,61	123	157	876	1,99	4,14	6,13	1,27	7,40	0,48	0,21	
		1	0,86	0,30	1,31	0,45	59	105	603	2,12	4,54	6,66	1,39	8,05	0,47	0,21	
		2	0,99	0,29	1,53	0,48	54	113	341	1,93	4,35	6,28	1,87	8,15	0,44	0,30	
Variação	Ca		1,35	0,33	1,47	0,60	75	107	455								
			1,75	0,46	2,57	1,06	217	498	2580								
	Si		0,73	0,20	1,31	0,40	45	105	302								
			1,61	0,46	1,75	0,76	130	195	876								

Obs.: Ca=calcário; Si=silicato; 0-1-2=doses de corretivo (0-1-2 t calcário/ha; 0-4-8 t silicato/ha); col.=colmo; fol.=folhas; PA=parte aérea; ra=raízes.

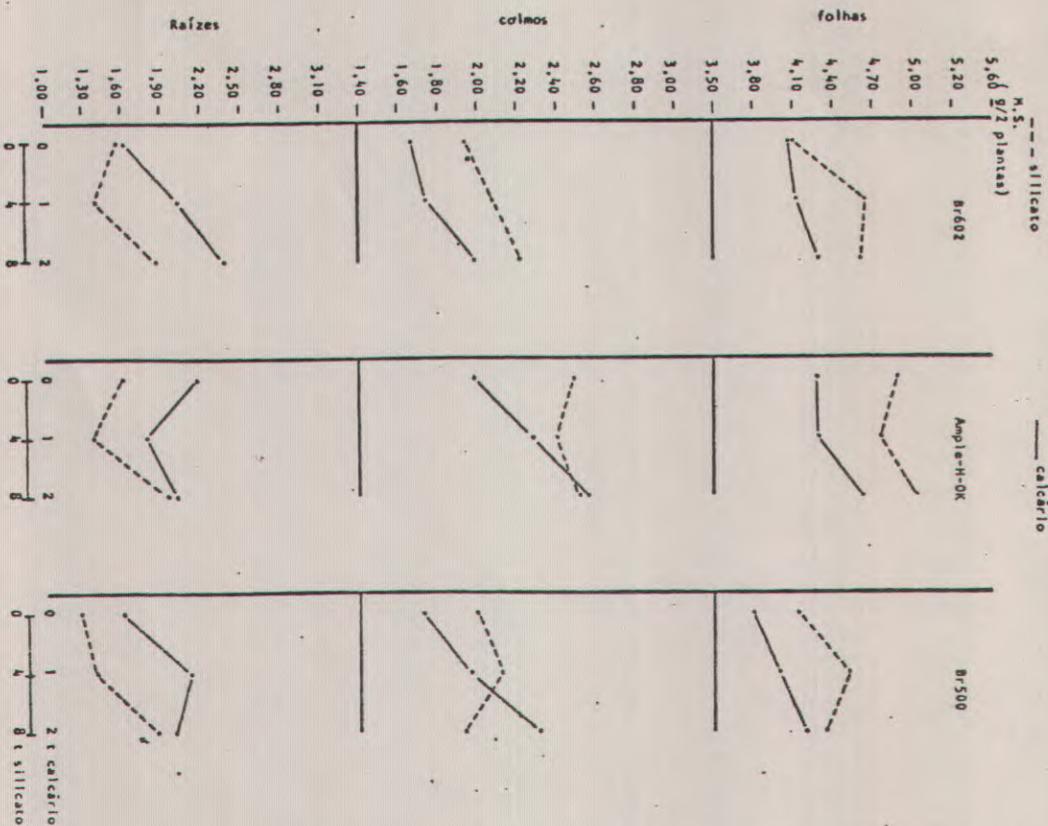


Figura 2. Efeito de doses de corretivos na produção de matéria seca de cultivares de sorgo sacarino

A dose 2 de calcário acarretou maior produção de matéria seca de folhas, colmos e raízes, embora não tenha diferido da dose 1. A dose 2 de silicato proporcionou maior peso de matéria seca apenas nas raízes, não havendo diferença entre doses para colmos e folhas, embora tenha ocorrido tendência de aumento de produção. Este comportamento diferente no acúmulo de matéria seca, de acordo com a parte da planta e o cultivar, considerado, em função do corretivo e sua dose, concorda com relatos de DUNCAN *et alii* (1980), sobre a interação genótipo do sorgo e o meio na absorção de nutrientes, afetando o crescimento e produção.

Comparando os cultivares, verifica-se que com o calcário ocorreu acúmulo semelhante de matéria seca nas folhas e colmos e variável nas raízes. Com silicato, o acúmulo foi semelhante nas folhas de Br602 e Br500 e nas raízes de Br602 e Ample-H-0K, ocorrendo maior variação no comportamento dos cultivares.

Comparando os tratamentos com calcário e silicato, verifica-se uma tendência semelhante no acúmulo de matéria seca nos colmos de Br602 e folhas e raízes de Ample-H-0K.

Verificou-se que o silicato proporcionou acúmulos de matéria seca superiores ao do calcário, nas folhas e colmos (em geral na dose 1) dos três cultivares e inferiores nas raízes (Fig.2). Entretanto, comparando-se a variação percentual no acúmulo de matéria seca entre as doses 2 e 0 dos corretivos, a resposta ao calcário foi maior para as folhas de Br500 e Ample-H-0K, para os colmos dos três cultivares e para as raízes de Br602 (Tabela 4).

O cultivar Ample-H-0K apresentou maior acúmulo de matéria seca nos colmos e folhas com ambos os corretivos. Entretanto, ocupou uma posição intermediária na resposta aos corretivos.

Tabela 4 - Resposta (%) dos cultivares ao calcário e ao silicato de cálcio.

Órgãos vegetais	calcário			silicato		
	Br602	Ample-H-OK	Br500	Br602	Ample-H-OK	Br500
Folhas	5,7	7,9	10,8	13,2	3,1	5,1
Colmos	19,2	29,3	34,3	13,9	1,2	- 3,0
Raízes	47,5	- 6,9	24,2	19,1	22,6	46,5

Verificou-se a seguinte ordem decrescente quanto ao grau de tolerância ao alumínio trocável : Br500 > Br602 > Ample-H-OK, considerando reduções de produção de matéria seca de colmo em 6,1%, 16,3% e 21,4% respectivamente, quando a porcentagem de saturaçãõ em alumínio aumentou em 56%. (Tabela 5).

ELEMENTOS MINERAIS

As Tabelas 2 e 3 apresentaram as concentrações de Ca, Mg, K, P, Al, Fe e Mn nas raízes, folhas e colmos dos três cultivares em função das doses de cada corretivo e a Tabela 7 a quantidade total extraída.

Verificou-se o seguinte comportamento dos cultivares quanto aos teores foliares e quantidade total dos elementos extraída, em função das doses dos corretivos (Tabela 6).

Doses de calcário promoveram redução dos teores foliares de Ca, Mg, K, P, Fe, Al e Mn. As doses de silicato acarretaram aumento nos teores de Ca, Mg, K, P, Al.

Comparando as doses de corretivos verificou-se, para os cultivares, que o silicato apresentou com maior frequência teores mais elevados de todos os elementos nas folhas e P e K nas raízes. O calcário acarretou com maior frequência teores menores de Al, Mn, Fe, Ca e Mg nas raízes e de todos os elementos nos colmos (Tabelas 2 e 3).

Doses de calcário aumentaram a extração total de Al, Ca, Fe e reduziram a de Mn, P, Mg e K. Doses de silicato aumentaram a extração total de Al, Ca, Fe, P, Mg, K e reduziram a de Mn. Com silicato, ocorreram extrações maiores de Mn e K e com calcário de Al, Ca, Mg, P e Fe (Tabela 7).

Tabela 5 - Percentagem de saturação em alumínio no solo, ordenada por cultivar, na ordem crescente de produção de matéria seca das folhas.

Cultivar	tratamento	m.s. (g)		Al (% sat)
		folhas	colmo	
Ample-H-OK	Ca 0	4,30	1,98*	9,3*
	Ca 1	4,31	2,28	9,8
	Ca 2	4,64	2,56	8,6
	Si 1	4,77	2,40	6,9
	Si 0	4,90	2,49	10,3
	Si 2	5,05	2,52*	6,0*
Br602	Ca 0	4,07	1,67	10,8
	Si 0	4,09	1,94	11,6
	Ca 1	4,12	1,74*	9,6*
	Ca 2	4,30	1,99	7,7
	Si 2	4,63	2,21	6,1
	Si 1	4,66	2,08*	6,1*
Br500	Ca 0	3,80	1,72	12,9
	Ca 1	3,99	1,92	8,7
	Si 0	4,14	1,99*	10,3*
	Ca 2	4,21	2,31	9,4
	Si 2	4,35	1,93	6,8
	Si 1	4,54	2,12*	6,6*

Obs.: Ca=calcário; Si=silicato; 0-1-2=doses de corretivos.

Tabela 6 - Teores foliares e extração total dos elementos em função das doses dos corretivos.

Elementos	P	K	Ca	Mg	Al	Fe	Mn
<u>Teor na folha</u>							
Calcário	-	-	-	-	-	-	-
Silicato	+	+	+	+	+	+	+
<u>Quantidade total absorvida</u>							
Calcário	-	-	+	-	+	+	-
Silicato	+	+	+	+	+	+	+

Obs.: - diminuição
+ aumento

Tabela 7 - Extração total (mg/2 plantas) de nutrientes e Al, nos tratamentos com calcário e silicato.

Cultura	tratamento	Ca	Mg	K	P	Al	Fe	Mn	
Ample-H-OK	Ca	0	80,16	31,72	133,39	61,93	30,05	9,72	
		1	86,69	24,41	114,92	53,00	23,91	10,30	4,33
		2	95,72	28,84	107,76	50,75	31,38	11,59	3,29
Br602	Ca	0	79,28	11,95	129,78	52,86	21,65	5,43	5,29
		1	81,33	23,16	106,11	48,52	38,41	13,13	3,81
		2	74,98	19,67	109,14	39,51	28,37	10,14	3,17
Br500	Ca	0	87,46	29,04	137,75	63,01	20,63	6,18	8,04
		1	92,357	24,94	112,06	53,69	26,88	9,33	4,98
		2	93,891	26,70	126,42	54,44	33,59	14,28	4,56
Ample-H-OK	Si	0	56,58	18,01	114,87	36,90	20,43	7,49	7,37
		1	78,97	22,67	126,87	45,82	16,85	5,31	4,56
		2	86,51	25,67	130,82	49,68	26,62	11,08	3,55
Br602	Si	0	58,62	18,61	91,65	39,18	21,61	8,01	4,05
		1	97,68	29,39	122,41	58,91	20,75	8,09	5,65
		2	80,75	26,09	115,22	45,70	25,65	11,20	3,38
Br500	Si	0	65,85	24,34	107,62	48,72	12,09	4,26	7,51
		1	89,44	33,45	125,54	63,06	18,42	8,98	7,92
		2	82,46	25,55	122,32	48,99	25,50	11,21	2,91

Obs.: Si=silicato; Ca=calcário

Com calcário, em geral, verificou-se nas folhas dos três cultivares, entre os tratamentos de menor e os de maior produção de matéria seca, redução nos teores de Mg, K, P, Fe e Mn. Especificamente ocorreu aumento no teor de Ca e redução no teor de Al para Ample-H-OK, redução de Ca e Al para Br602, aumento de Al e redução de Ca para Br500 (Tabela 2).

Para o silicato, em geral, considerando-se os tratamentos de menor e os de maior produção de matéria seca, ocorreu aumento nos teores de Ca, Mg, K, P e Al nas folhas dos três cultivares. Especificamente houve redução no teor de Mn para Ample-H-OK e aumento nos teores de Fe e Mn para Br602 e Br500 (Tabela 2).

A aplicação de corretivos como o carbonato ou o silicato de cálcio, aumentam a produção vegetal, reduzindo ou eliminando a toxicidade de alumínio e manganeses tanto pela elevação do pH, como pela elevação do CTC efetiva, maior saturação em Ca e Mg, aumentada concentração de íons Mg, Ca e fósforos na solução do solo, redução da saturação em alumínio (RHUE & GROGAN, 1977; FURLANI & CLARK, 1978; WALLACE *et al.*, 1980). Isto devido a insolubilização ou indisponibilização do Al e Mn, ou maior equilíbrio entre nutrientes como Fe e Mn, além de aumentar os teores de nutrientes como Ca, Mg, P, K, Si, nas plantas (FOY & BROWN, 1963; MIRAMONTES & ORTEGA, 1972).

No presente trabalho verificou-se um aumento de produção de matéria seca foliar com a aplicação dos corretivos, que provavelmente foi devido a elevação do pH, CTC efetiva e redução da saturação em alumínio. O corretivo silicato proporcionou, na planta, aumento dos teores dos nutrientes Ca, Mg, K, P. Os teores foliares de Mn decresceram com as doses dos corretivos. Esse decréscimo foi causado por uma diminuição na disponibilidade desse elemento, devido a uma possível precipitação e oxidação em pH mais elevado (PATIL & FA

TIL, 1981). SHUMAN & ANDERSON (1976) relatam sobre freqüentes reduções na absorção desse elemento devido a aumentos nas doses de cálcio no meio de crescimento. O cálcio pode produzir esse efeito benéfico pela redução na absorção do Mn pelas raízes das plantas (WILLIAMS & VLAMIS, 1957) ou pela redução de seu transporte para a parte aérea (OUELLETTE e DESSUREAUX, 1958). O silício reduz a absorção excessiva de Mn (FOY *et al.*, 1978; HORST e MARSCHNER, 1978).

Os teores foliares de Al decresceram com doses de calcário, e aumentaram com as de silicato. Dados sobre teores minerais na parte aérea de soja e milho, em campo e sob várias condições de solo, mostraram mais Al e Fe nos solos com pH elevado. Esses dados não são casos isolados, sendo representativos de numerosas observações dessa espécie (MELICH, 1957).

A Figura 3 mostra os efeitos do calcário e do silicato na produção de matéria seca total em função do teor foliar de alumínio e manganês nos três cultivares de sorgo sacarino. Verificou-se uma relação inversa entre teores de Al e produção de matéria seca total com aplicação de calcário; com silicato essa relação apresentou-se direta. Ocorreu uma relação inversa entre teor de Mn nas folhas e produção de matéria seca total para os dois corretivos.

Considerando que a aplicação de calcário ou silicato atua na mudança do pH, bem como através da presença dos íons Ca e silicato que possuem efeitos específicos sobre a disponibilidade de P, Ca, Al, Mn e outros cátions, pode-se considerar que o efeito tóxico do Al e o do Mn, a semelhança que ocorre com a toxicidade de Fe (OTTOW *et al.*, 1982), praticamente ocorre devido a uma deficiência múltipla de nutrientes essenciais para os cultivares não tolerantes. Essa deficiência pode ser alterada pela aplicação de corretivos e outros nutrientes essenciais em falta, cuja quan-

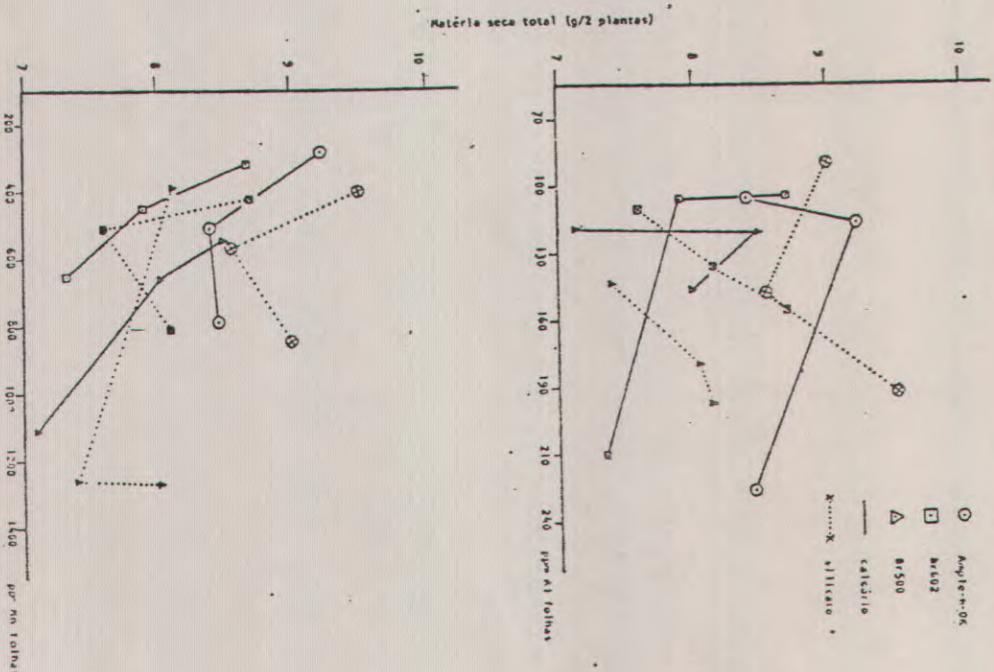


Figura 3. Efeito do calcário e silicato na produção de matéria seca total e no teor foliar de manganês e alumínio em três cultivares de sorgo sacarino.

tidade pode ser específica ao cultivar.

CONCLUSÕES

- Ocorreram diferenças genotípicas na resposta aos corretivos.
- O calcário deu efeitos melhores que o silicato na promoção do crescimento dos cultivares.
- O cultivar Br500 apresentou a maior resposta ao calcário e Br602 ao silicato.
- A resposta dos cultivares de sorgo sacarino, à aplicação de calcário e silicato, em aumento de produção de matéria seca de colmos, deveu-se principalmente à redução da saturação em alumínio e ao aumento da CTC efetiva.
- Os cultivares foram afetados pelo Al trocável do solo na seguinte ordem decrescente: Ample-H-0K > Br602 > Br500.
- Não se verificou efeitos nocivos visíveis do manganês trocável nos níveis presentes.
- O calcário acarretou redução nos teores foliares de todos os elementos e o silicato aumento nos de Ca, Mg, K, P e Al.
- Doses de calcário aumentaram a extração total de Al, Ca, Fe e reduziram a de Mn, P, Mg e K e as de silicato aumentaram a de Al, Ca, Fe, P, Mg, K e reduziram a de Mn.

SUMMARY

INDUCED TOXICITIES OF ALUMINUM AND MANGANESE IN SWEET SORGHUM (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). I. EFFECTS OF THE CALCIUM SILICATE AND CARBONATE IN A LARAS RED YELLOW PODZOLIC SOIL.

Three sweet sorghum cultivars (Br500, Br602 and Ample-H-0K) were grown in a Red Yellow Podzolic Soil (Laras variety) in the presence and absence of amendments of acidity, limestone and calcium silicate.

The three cultivars showed differences in their response to the treatments. The best treatment for leaf production was not necessarily the one associated with higher stalk yields. Limestone was a better means to correct acidity than silicate, as a rule. The cultivar Br602, however, showed a higher response to silicate, whereas Br500 presented a better reaction to limestone.

It was found that the plant response to the amendments was due to the reduction in aluminum saturation, and to increases in the effective cation exchange capacity, exchangeable calcium and soil pH.

Limestone caused a decrease in the contents of P, Ca, Mg and K in the dry matter, very likely by dilution effect. As expected, Al and Mn also decreased. On the other hand silicate application caused a raise in the contents of Ca, Mg, K, P and Al.

Although visual symptoms of Mn toxicity were not observed, the content of this element caused a decrease in dry matter yield.

Soil aluminum affected dry matter production in the following decreasing order: Ample-H-OK, Br-602, Br-500 was the most influenced.

LITERATURA CITADA

- BRADFORD, R.R.; D.E. BAKER e W.I. THOMAS, 1966. Effect of soil treatments on chemical element accumulation of four corn hybrids. Agron. J., Madison, 58(6): 614-617.
- DUNCAN, R.R.; J.W. DOBSON, Jr. e C.D. FISHER, 1980. Leaf elemental concentration and grain yield of sorghum grow on acid soil. Comm. Soil Sci. Plant Analysis. New York, 11(7):699-707.
- FOY, C.D. e J.C. BROWN, 1963. Toxicity factors in acid soils. I. Characterization of aluminum toxicity in cotton. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 27(4):403-407.
- FOY, C.D., 1974. Effects of aluminum on plant growth. In: Plant Root and Its Environment. Charlottesville, Virginia. U.S.A. Ed. by E.W. CARSON, Virginia Polytechnic Institute and State University. 691p.
- FOY, C.D., R.L. CHANEY e M.C. WHITE, 1978. The physiology of metal toxicity in plants. Ann. Rev. Plant Physiol. New York, 29:511-566.
- FURLANI, P.R. e R.B. CLARK, 1978. Screening sorghum for aluminum tolerance in nutrient solution. In: Agronomy Abstracts. Madison, p.153.
- HORST, W.H. e H. MARSCHNER, 1978. Effect of silicon on manganese tolerance of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.). Plant and Soil. The Hague, 50(2): 287-303.
- HUNTER, A.S., 1965. Effects of silicate on uptake of phosphorus from soils by four crops. Soil Sci. Baltimore, 100:391-396.
- HUTTON, C.E. e J.G.A. FISKELL, 1965. Soil acidity factors affecting corn production in west Florida. Proc. Soil Crop Sci. Soc. Fla. Belle Glade, 25:36-46.
- MALAVOLTA, E.; J.R. SARRUGE e V.C. BITTENCOURT, 1977. Toxidez de alumínio e de manganês. In: FERRI, M.G., Coord. IV Simpósio Sobre o Cerrado. Bases para a Utilização Agropecuária, p.275-301.
- MALAVOLTA, E., 1980. Práticas de Nutrição Mineral de Plantas. Curso de Pós-Graduação de Solos e Nutrição. Postila mimeografada, 15p.
- MATSON, S. e J.B. HESTER, 1933. The laws of soil colloidal behavior. XII. The amphoteric nature of soils in relation to aluminum toxicity. Soil Sci.

- Baltimore, 36:229-244.
- MELICH, A., 1957. Aluminum, Iron and pH in relation to lime induced manganese deficiencies. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* Madison, 21(6):625-628.
- MIRAMONTES, B. e E. ORTEGA. 1972. Efectos del carbonato y silicato de calcio sobre el rendimiento de sorgo y algunas propiedades químicas em tres suelos de México. *Agrociência*, Chapingo, 7:81-94.
- OLMOS, J.I.L. e M.C. CAMARGO, 1976. Ocorrência de alumínio tóxico nos solos do Brasil, sua caracterização e distribuição. *Ciência e Cultura*. São Paulo, 28:171-180.
- OTTOW, J.C.G.; G. BENCKISER; S. SANTIAGO e I. WATANABE, 1982. Iron toxicity of wetland rice (*Oryza sativa* L.) as a multiple nutrition stress. In: SCIAFE, A.; ed. *Proceedings, 19th, Intern. Pl. Nutr. Coll.*, Warwick Univ., UK, C.A.B., vol. 2:454-460.
- QUELLETTE, G.J. e L. DESSUREAUX, 1958. Chemical composition of alfafa as related to degree of tolerance to manganese and aluminum. *Can. J. Plant Sci.*, Ottawa, 38:206-214.
- PATIL, J.D. e N.D. PATIL, 1981. Effect of calcium carbonate and organic matter on the growth and concentration of iron and manganese in sorghum (*Sorghum bicolor*). *Plant and Soil*. The Hague, 60(2):295-300.
- RHUE, R.D. e C.O. GROGAN, 1977. Screening corn for Al tolerance using different Ca and Mg concentrations. *Agron. J.*, Madison, 69:755-760.

- SARRUGE, J.R. e H.P. HAAG, 1974. Análises químicas em plantas. Piracicaba, ESALQ/USP. 56p.
- SERPA, R. e M.A. GONZALEZ, 1979. Necesidad de cal en tres suelos acidos de Costa Rica. *Agron. Costarr.* San José, 3(2):101-108.
- SHUMAN, L.M. e O.E. ANDERSON, 1976. Interactions of manganese with other ions in wheat and soybeans. *Comm. Soil Sci. Plant Analysis*. New York, 7:547-557.
- TOTH, S.J., 1959. The stimulating effects of silicates on plant yields in relation to anion displacement. *Soil Sci.*, Baltimore, 87:123-142.
- VILLACHICA, H., 1973. Respuesta del sorgo al encalado y fertilización. I. Rendimiento de materia seca y concentración foliar de N, P, K. *Fitotecnia Latinoamericana*. Caracas, 9(1):67-73.
- WALLACE, A. e E.M. ROMNEY, 1977. Aluminum toxicity in plants grown in solution culture. *Comm. Soil Sci. Plant Analysis*. New York, 8(9):791-794.
- WILLIAMS, D.E. e J. WLAMIS, 1957. The effect of silicon on yield and Mn^{54} uptake and distribution in the leaves of barley plants grown in culture solution. *Plant Physiol.* New York, 32:404-409.