

CALAGEM E DIAGNOSE FOLIAR EM SORGO SACARINO
(*Sorghum bicolor* L. Moench)*

E.L.M. Coutinho**
A.M.L. Neptune***
E.C.A. Souza**
A.G. Soriano****

RESUMO

Os efeitos da aplicação de cinco níveis de calcário dolomítico (0 - 1,25 - 2,50 - 5,00 e 10,00 t/ha) foram estudados em um Latossol Vermelho Escuro textura média. A calagem aumentou a produção de colmos de sorgo sacarino, sendo que as produções mais elevadas foram obtidas quando a soma de cálcio e magnésio, saturação em

* Entregue para publicação em 03/04/85. Trabalho realizado com a participação financeira da FAPESP.

** Departamento de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Jaboticabal.

*** Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes, E. S.A. "Luiz de Queiroz", USP.

**** Estagiário do Departamento de Solos e Adubos, F.C.A. V. - UNESP.

bases e valor pH do solo eram, respectivamente, 2,93 meq/100 cm³, 59% e 5,71. Foram observados desequilíbrios na nutrição potássica com a aplicação de 10 t/ha de calcário dolomítico. Os níveis críticos de Mg nas folhas + 4 e + 3, coletadas, respectivamente, aos 45 e 83 dias, foram 0,19 e 0,31 %. A qualidade do caldo não foi alterada significativamente pelas doses de calcário dolomítico empregadas.

INTRODUÇÃO

O sorgo sacarino é uma opção viável para a fabricação de etanol, residindo sua potencialidade de utilização nas microdestilarias e no aproveitamento do equipamento das destilarias autônomas e anexas no período da entre-safra da cana-de-açúcar, possibilitando, assim, a ampliação do período de fabricação de álcool e um maior aproveitamento da mão-de-obra rural.

Tratando-se de uma cultura recém introduzida no Brasil, encontrou-se na literatura consultada poucos trabalhos sobre os efeitos da reação do solo no comportamento dessa gramínea.

ROSOLEM *et alii* (1982) empregando doses de até 8 t/ha de calcário dolomítico em um Latossol Roxo, somente verificaram incrementos na produção de colmos no segundo cultivo, quando se utilizou 4 t/ha de calcário. Nos três anos de experimentação, as doses mais elevadas de corretivo estiveram associadas a um decréscimo na produção.

ROSOLEM *et alii* (1983) verificaram que a neutralidade do alumínio tóxico e a elevação da saturação em bases para 48% eram suficientes para se obter a máxima produção de grãos de sorgo sacarino, entretanto, quando o objetivo era a produção de colmos, isso era insuficiente, devendo neste caso o solo apresentar saturação em bases ao redor de 60% e atentar-se com o fornecimento de Mg para as plantas.

Com relação a diagnose foliar, ROSOLEM & MALAVOLTA (1982) verificaram que a amostragem das folhas medianas no estágio de emborrachamento da cultura, não se mostrou suficientemente sensível para que seja recomendada em condições de campo, em vista da pequena variação nos teores de nutrientes nas folhas, e ainda por não se ter obtido boas correlações entre essas concentrações e a produção de colmos.

Neste experimento procura-se verificar os efeitos da aplicação de doses crescentes de calcário dolomítico, na produção de colmos e etanol, em propriedades químicas do solo e na composição química das folhas +3 e +4 coletadas em dois estádios de desenvolvimento da cultura. Para o Ca e Mg procura-se determinar os níveis críticos e estabelecer a melhor época e folha a ser amostrada para fins de diagnose foliar.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um Latossol Vermelho Escuro textura média localizado no município de Jaboticabal, SP. A análise química do solo para fins de fertilidade apresentou os seguintes valores: pH (H₂O) 5,0; M.O. = 1,61%; P (H₂SO₄ 0,05N) = 2 µg/cm³; (H+Al) = 3,38 meq/100 cm³; Al, Ca, Mg e K trocáveis: 0,37; 1,27; 0,36 e 0,14 meq/100 cm³, respectivamente.

Foram utilizados os seguintes níveis de calcário dolomítico: 0 - 1,25 - 2,50 - 5,00 e 10,00 t/ha aplicados a lanço e incorporados com grade até a profundidade de aproximadamente 15 cm (46 dias antes da semeadura). O corretivo empregado possuía as seguintes características: 28,6% de CaO; 15,7% de MgO; 1,3% material retido na peneira nº 50 e 47,3% material que passava na peneira nº 50.

Todos os tratamentos receberam 80, 100 e 50 kg/ha de N, P₂O₅ e K₂O, tendo-se, respectivamente, como fontes, o sulfato de amônio, o superfosfato triplo e o cloreto de potássio. O nitrogênio foi aplicado parceladamente, empregando-se um terço da dose na semeadura e o restante em cobertura 32 dias após a emergência das plantas.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições. As parcelas eram constituídas de seis linhas espaçadas de 0,60m, com um comprimento de 5m, fornecendo uma área total de 18 m² e uma área útil de 12 m², pois se desprezou uma linha de cada lado da parcela que representaram a bordadura.

A semeadura foi realizada em 11/12/1981, utilizando-se 25-30 sementes da cultivar Brandes por metro linear de sulco. O desbaste foi efetuado 19 dias após a emergência das plantas, deixando-se cerca de dez plantas por metro linear.

Para se avaliar o estado nutricional das plantas, foram coletados separadamente o terço médio (sem a nervura central) das folhas de posição +3 e +4 (respectivamente terceira e quarta folha a partir do ápice com o colar visível) de 15 plantas dentro da área útil de cada parcela. Essas amostragens foram realizadas nos estádios de crescimento vegetativo e florescimento da cultura, respectivamente aos 45 e 83 dias após a emergência das plantas.

A amostragem de solo, efetuada no sulco de semeadura, foi realizada no fim do ciclo da cultura (127 dias

após a emergência das plantas).

No estágio de grão "duro" foram colhidas as duas linhas da área útil de cada parcela, determinando-se o peso de colmos desfolhados. Foram separados dez colmos para análises tecnológicas, com o objetivo de estimar a produção de álcool.

As análises tecnológicas foram realizadas segundo técnicas descritas por MEADE (1967), considerando-se para a estimativa da produção de etanol uma eficiência de 90% no rendimento em álcool na fermentação.

Para a determinação nas folhas dos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn foram utilizados métodos descritos por SARRUGE & HAAG (1974). Os teores de K, Ca, Mg e (H+Al) e ainda valor pH do solo, foram determinados segundo métodos descritos por CATANI & JACINTHO (1974).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Tabela 1 que as doses de calcário dolomítico aumentaram significativamente a produção de colmos, principalmente quando se empregou 2,5 e 5,0 t/ha de corretivo.

Através de um estudo de regressão polinomial, é verificado que as produções mais elevadas foram obtidas quando a soma de cálcio e magnésio, saturação em bases e valor pH (H₂O) do solo eram respectivamente 2,93 meq/100 cm³, 59% e 5,71 (Figuras 1 e 2), corroborando parcialmente os resultados obtidos por ROSOLEM et alii (1983).

Tabela 1 - Produção de colmos, etanol e coeficientes de correlação linear (r) entre as concentrações Ca e Mg nas folhas (variável independente) e a produção de colmos.

Calcário dolomítico t/ha	Produção de colmos t/ha	Produção l/ha	etanol l/t de colmos	Variável Independente		r
				%	%	
0	31,1	1.698,1	54,6	Ca folha de posição +3(45 dias)	0,292 ^{ns}	
1,25	37,7	2.130,0	56,5	Ca folha de posição +4(45 dias)	-0,119 ^{ns}	
2,50	48,7	2.605,4	53,5	Ca folha de posição +3(83 dias)	0,189 ^{ns}	
5,00	46,4	2.361,8	50,9	Ca folha de posição +4(83 dias)	0,169 ^{ns}	
10,00	42,2	2.211,3	52,4	Mg folha de posição +3(45 dias)	-0,149 ^{ns}	
Teste F	21,13**	3,33*	1,99 ^{ns}	Mg folha de posição +4(45 dias)	0,615**	
DMS (5%)	6,48	832,59	-	Mg folha de posição +3(83 dias)	0,475*	
C.V. (%)	7,1	17,2	15,9	Mg folha de posição +4(83 dias)	0,302 ^{ns}	

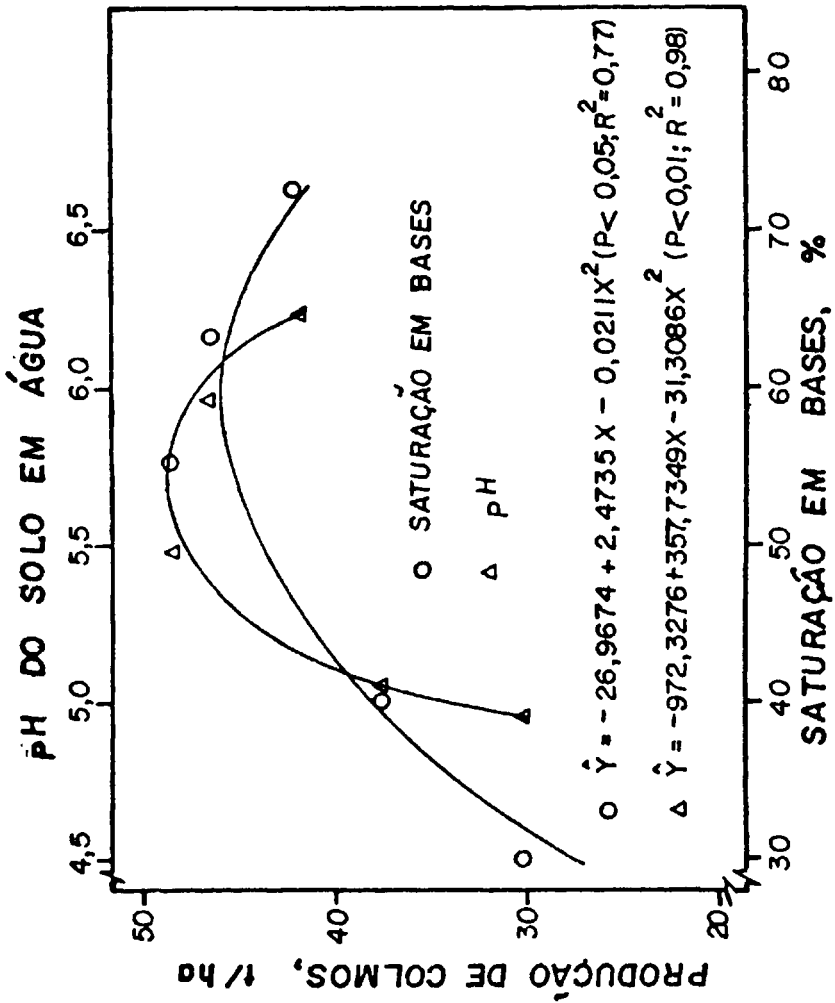


Figura 1 - Efeito da saturação em bases e valor pH do solo na produção de colmos.

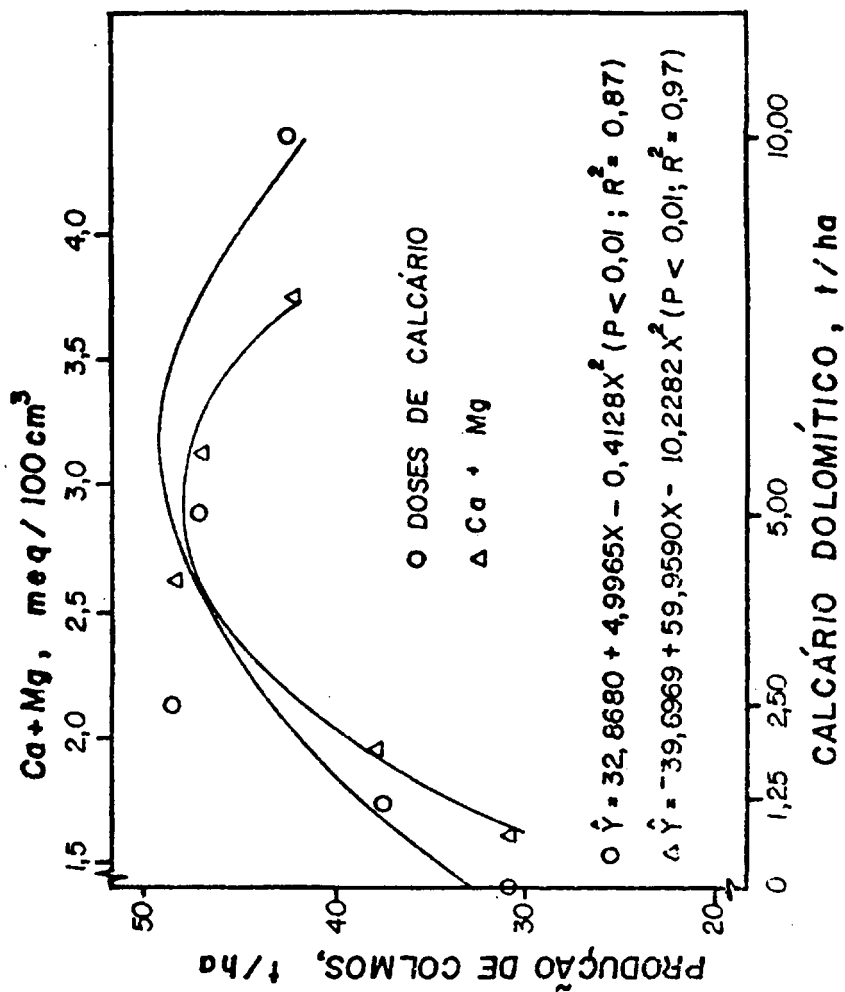


Figura 2 - Efeito de doses de calcário dolomítico e da soma cálcio e magnésio do solo na produção de colmos.

É interessante relatar que, com a adição de apenas 1,25 t/ha de calcário dolomítico, a acidez trocável (dados não apresentados) foi praticamente neutralizada. Entretanto, aumentos na produção foram constatados com o fornecimento de doses mais elevadas de corretivo, confirmando assim observações de QUAGGIO (1983), de que o teor de alumínio trocável não é um bom critério para cálculo da necessidade de calagem no Estado de São Paulo.

Examinando-se a Tabela 1 e Figura 2, nota-se que quando se aplicou 10 t/ha de calcário, a produção de colmos sofreu uma redução. Isto pode ser atribuído a desequilíbrios na nutrição potássica (Tabela 2 e 3), onde os teores desse cátion foram reduzidos a valores abaixo daqueles considerados adequados por COUTINHO (1983).

A necessidade de um nível adequado de equilíbrio entre os cátions K, Ca e Mg, tem sido bastante discutido entre os pesquisadores, em virtude da divergência dos resultados experimentais obtidos. Contudo, COUTINHO (1983) verificou que as relações K/Ca e K/Ca+Mg nas folhas de sorgo sacarino estiveram correlacionadas significativamente com a produção de colmos, aproximadamente com a mesma magnitude que as concentrações isoladas de K nessas folhas. O autor admitiu que equilíbrios adequados entre estas bases, constituem-se em fator importante para se obter a máxima produção.

Com relação à produção estimada de álcool por tonelada de colmos, observa-se que a mesma não foi afetada significativamente pela calagem (Tabela 1). Por outro lado, a produção de etanol por área (l/ha) sofre variações com as doses de corretivo empregadas, onde o tratamento 2,5 t/ha de calcário diferiu significativamente da testemunha através do teste de comparação de médias.

Esses dados demonstram que o contrário das culturas da cana-de-açúcar e beterraba açucareira, a adubação não tem alterado a qualidade do caldo de sorgo sacarino, constituindo-se a produção de álcool/ha função da produ-

ção de colmos (COUTINHO, 1983; ROSOLEM et alii, 1983; COUTINHO et alii, 1984).

Os teores de macro e micronutrientes nas folhas +3 e +4, coletadas em dois estádios de desenvolvimento da cultura, são apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Analisando esses resultados, verifica-se o efeito significativo dos tratamentos nos teores de Mg nas folhas +4 e +3, coletadas, respectivamente, aos 45 e 83 dias após a emergência das plantas.

Com relação ao Ca, é interessante observar que as concentrações do mesmo nas folhas não variaram significativamente com as doses de calcário dolomítico empregadas. Resultados semelhantes foram obtidos na cultura do sorgo granífero por COUTINHO et alii (1982).

Considerando que os coeficientes de correlação entre a produção de colmos e os teores de Mg nas folhas podem ser utilizados como parâmetros para se estabelecer a época e folha a ser amostrada para fins de diagnose foliar, verifica-se na Tabela 1 que as concentrações de Mg nas folhas +4 e +3, coletadas respectivamente nos estádios de crescimento vegetativo e florescimento, correlacionaram-se positiva e significativamente com a produção de colmos. Esses resultados além de mostrarem que as plantas de sorgo sacarino responderam à adição de Mg, indicam ainda que as épocas e folhas citadas anteriormente, podem ser utilizadas para a diagnose da nutrição magnésiana.

É constatado ainda na Tabela 1, que as amostragens estudadas não podem ser utilizadas seguramente para a diagnose da nutrição cálcica, em vista das plantas de sorgo sacarino não terem respondido à adição de Ca, e ainda devido a que os teores desse elemento nas folhas, não se correlacionarem significativamente com a produção de colmos.

Tabela 2 - Concentrações de macro e micronutrientes nas folhas coletadas aos 45 dias após a emergência das plantas.

Calciário dolomítico	Folha de Posição +3							Folha de Posição +4										
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
--t/ha---	-----							-----							----- ppm -----			
0	3,11	0,303	2,71	0,24	0,21	9	149	61	13	3,06	0,294	2,68	0,36	0,13	12	187	57	12
1,25	3,17	0,297	2,61	0,24	0,20	9	155	60	14	3,10	0,299	2,62	0,36	0,15	11	169	48	11
2,50	3,15	0,301	2,63	0,26	0,18	11	129	57	13	3,11	0,322	2,66	0,36	0,21	10	182	55	13
5,00	3,09	0,297	2,54	0,33	0,21	11	149	65	16	3,16	0,295	2,58	0,37	0,20	11	178	59	13
10,00	3,20	0,300	2,44	0,28	0,22	10	147	58	13	3,15	0,292	2,41	0,35	0,19	12	152	42	12
Teste F	0,26 ^{ns}	0,15 ^{ns}	1,19 ^{ns}	2,77 ^{ns}	1,86 ^{ns}	1,20 ^{ns}	1,31 ^{ns}	0,85 ^{ns}	1,26 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,99 ^{ns}	1,03 ^{ns}	0,04 ^{ns}	3,48*	0,76 ^{ns}	0,68 ^{ns}	1,64 ^{ns}	0,89 ^{ns}
DMS (5%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06	-	-	-	-
C.V.(%)	9,7	11,4	12,6	16,2	9,6	17,1	11,9	11,7	13,9	10,1	9,6	10,1	18,0	15,6	20,5	19,2	17,0	13,0

Tabela 3 - Concentração de macró e micronutrientes nas folhas coletadas aos 83 dias após a emergência das plantas.

Calciário dolomítico	Folha de Posição +3										Folha de Posição +4									
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn		N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	
0	2,93	0,235	1,69	0,68	0,25	15	97	44	17		2,99	0,239	1,78	0,75	0,30	16	169	46	16	
1,25	3,00	0,237	1,64	0,81	0,29	15	114	38	17		3,04	0,241	1,71	0,81	0,35	16	163	37	17	
2,50	3,00	0,248	1,60	0,80	0,31	14	112	38	19		3,01	0,249	1,78	0,83	0,35	15	117	36	18	
5,00	2,99	0,257	1,59	0,79	0,31	14	120	34	19		3,10	0,254	1,61	0,85	0,33	16	127	34	17	
10,00	3,06	0,256	1,32	0,76	0,32	15	117	30	17		2,97	0,254	1,44	0,81	0,33	15	201	30	19	
Teste F	0,54 ^{ns}	2,21 ^{ns}	0,04 ^{ns}	3,12 ^{ns}	6,35 ^{**}	0,49 ^{ns}	0,89 ^{ns}	4,36 [*]	0,83 ^{ns}		1,01 ^{ns}	1,54 ^{ns}	0,23 ^{ns}	1,85 ^{ns}	2,23 ^{ns}	1,28 ^{ns}	1,07 ^{ns}	5,97 ^{**}	1,29 ^{ns}	
DMS (5%)	-	-	-	-	0,05	-	-	12,3	-		-	-	-	-	-	-	-	-	10,7	-
C.V. (%)	9,9	12,4	7,6	7,2	7,7	10,5	16,7	12,5	13,2	8,4	11,7	9,7	13,5	7,8	8,8	14,9	8,3	9,4		

Segundo EPSTEIN (1975), para elementos que são móveis no floema e prontamente redistribuídos na planta, a concentração na folha é geralmente um bom índice para avaliar o estado nutricional da planta, existindo ainda uma correlação entre a concentração destes elementos e os indicadores do crescimento. Entretanto, para nutrientes como o Ca, que não são móveis no floema, a análise química das folhas poderá não representar com confiabilidade o estado nutricional de outros órgãos, isto porque os desarranjos devidos à deficiência podem ser bastante localizados.

Neste sentido, trabalhos conduzidos por LONERAGAN (1968) e LONERAGAN & SNOWBALL (1969) evidenciam uma distribuição desigual do Ca na planta, podendo o elemento apresentar quantidades de "luxo" em alguns tecidos ou órgãos, mas sendo deficientes em outros.

Para estabelecer o nível crítico de um nutriente na folha várias técnicas podem ser adotadas, sendo utilizada no presente estudo, metodologia até certo ponto semelhante à empregada por NEPTUNE (1966).

Determinou-se primeiramente a curva de produção através de um estudo de regressão polinomial, obtendo-se uma equação de segundo grau. Através dessa equação calculou-se a dose de calcário que correspondeu a 90% da produção máxima, substituindo-se esse valor "x" na equação de regressão quadrática que define as relações existentes entre as doses de calcário dolomítico empregadas e as concentrações do elemento nas folhas. O valor assim obtido correspondeu ao teor considerado adequado ou nível crítico.

As equações de regressão obtidas são as que seguem, onde x representa as doses de calcário dolomítico empregadas, \hat{y}_1 e \hat{y}_2 as concentrações de Mg nas folhas +4 e +3 coletadas, respectivamente, aos 45 e 83 dias.

$$\hat{y} = 32,8680 + 4,9965x - 0,4128x^2 \quad (P \ 0,01; R^2 = 0,87)$$

$$\hat{y}_1 = 0,1519 + 0,01720x - 0,0014x^2 \quad (P \ 0,01; R^2 = 0,89)$$

$$\hat{y}_2 = 0,2733 + 0,02000x - 0,0018x^2 \quad (P \ 0,01; R^2 = 0,81)$$

Desta maneira, os níveis críticos determinados para o Mg, respectivamente nas folhas +4 e +3 foram 0,19 e 0,31%. Essas concentrações de Mg estiveram associadas a uma dose de 2,65 t/ha de calcário dolomítico, correspondendo a uma produção estimada de 43,2 t/ha de colmos.

Por outro lado, para os demais nutrientes determinados nas folhas, apenas as concentrações de Mn foram afetadas significativamente, sendo reduzidas com a aplicação de doses mais elevadas de calcário dolomítico. Os teores desse micronutriente estiveram relacionados inversamente com o valor pH, indicando a diminuição da solubilidade do mesmo no solo.

CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos pode-se concluir que:

1) As maiores produções de colmos de sorgo sacarinó foram obtidas quando a soma de cálcio e magnésio, saturação em bases e valor pH (H₂O) do solo eram respectivamente 2,93 meq/100 cm³, 59% e 5,71%;

2) As amostragens de folhas estudadas não podem ser utilizadas seguramente para a diagnose da nutrição cálcica;

3) Os níveis críticos de Mg, determinados nas folhas +4 e +3, coletadas respectivamente aos 45 e 83 dias,

foram de 0,19 e 0,31%;

4) A qualidade do caldo não foi alterada pelas doses de calcário dolomítico empregadas.

SUMMARY

LIMING AND FOLIAR DIAGNOSIS ON SACCHARINE SORGHUM (*Sorghum bicolor* L. Moench).

The application effects of five levels of dolomitic limestone (0 - 1,25 - 2,50 - 5,00 and 10,00 kg/ha) were studied in a Typic Haporthox soil. Liming increased sweet sorghum stems and the highest yield was obtained when the amount of calcium and magnesium, bases in saturation and soil pH value were, respectively, 2,93 meq/100 cm³, 59% and 5,71. It was observed an unbalanced potassium nutrition with the application of dolomitic limestone of 10 t/ha. The critical levels of Mg on the leaves +4 and +3, collected, respectively, at 45 and 83 days, were 0,19 and 0,31%. The juice quality was not altered significantly by the dolomitic limestone doses used.

LITERATURA CITADA

CATANI, R.A.; JACINTHO, A.O., 1974. **Avaliação da fertilidade do solo. Métodos de análise**, Piracicaba, ESALQ-USP, 57p.

COUTINHO, E.L.M., 1963. Efeitos da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica na cultura do sorgo sacarino

(*Sorghum bicolor* L. Moench), avaliada pela diagnose foliar produção de colmos e álcool etílico. Piracicaba, ESALQ/USP, 89p. (Tese de Doutorado).

- COUTINHO, E.L.M.; FARES, J.C.; PINTO, A.G.; SOUZA, E.C.A. 1984. Efeitos da adubação nitrogenada e potássica na cultura do sorgo sacarino, avaliada pela diagnose foliar, produção de colmos e etanol. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 15, Maceió-Al. **Resumos**. p. 100.
- COUTINHO, E.L.M.; SOUZA, E.A.; BAUMGARTNER, J.G., 1982. Efeitos da calagem e da adubação potássica na cultura do sorgo granífero. *Científica* **10**:253-258.
- EPSTEIN, E., 1975. **Nutrição Mineral das Plantas: princípios e perspectivas**, Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Ed., 341p.
- LONERAGAN, J.F., 1968. Nutrient requirements of plants. *Nature* **200**:1307-1308.
- LONERAGAN, J.F.; SNOWBALL, K., 1969. Calcium requirements of plants. *Austral. J. Agric. Res.* **20**:465-478.
- MEADE, G.P., 1967. **Manual del Azúcar de Canã**. 9a. ed. , Barcelona, Montaner y Simon, 940p.
- NEPTUNE, A.M.L., 1966. Estudos sobre adubação e diagnose foliar do milho. Piracicaba, ESALQ/USP, 167p. (Tese de Cátedra).
- QUAGGIO, J.A., 1983. Métodos de laboratório para a determinação da necessidade de calagem em solos. In: RAIJ, B. van; BATAGLIA, O.C.; SILVA, N.M. **Acidez e Calagem no Brasil**. Campinas, SBCS, p.32-48.
- ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R.; BRINHOLI, O. DELLA COLETA, O., 1982. Efeito da calagem no sorgo sacarino cultivado em Latossolo Roxo. In: Congresso Nacional de

Milho e Sorgo, 14, Florianópolis-SC. **Resumos.** p.172.

ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R.; DELLA COLETA, O.; MARCONDES, D.A.S., 1983. Efeito de calagem e adubação potássica na cultura do sorgo sacarino em um Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa. *Pesq. Agropec. Bras.* **18**:351-356.

ROSOLEM, C.A.; MALAVOLTA, E., 1982. Estudo preliminar sobre a diagnose foliar do sorgo sacarino. *Pesq. Agrop. Bras.* **17**:33-38.

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P., 1974. **Análises químicas em plantas**, Piracicaba, ESALQ/USP, 55p.