

EFEITO DAS RELAÇÕES Ca/Mg, Ca/K e Mg/K DO SOLO NA PRODUÇÃO DE SORGO SACARINO¹

C.A. ROSELEM², J.R. MACHADO³ e O. BRINHOLI⁴

RESUMO - Foi conduzido um ensaio em casa de vegetação, em vasos com capacidade para 25 litros de terra, com o objetivo de estudar a resposta do sorgo sacarino (*Sorghum bicolor*) ao magnésio na presença e ausência de calagem e de adubação potássica. Amostras de terra foram tomadas na época da emergência das plantas, onde foi determinado o efeito de quatro doses de Mg na forma de sulfato, duas de potássio na forma de cloreto e duas de cálcio na forma de calcário calcítico sobre as relações Ca/Mg, Ca/K e Mg/K do solo. Na época do emborrachamento foram colhidas folhas para a diagnose foliar, e ao final do ciclo foram analisadas as produções de colmos e de grãos. Os resultados obtidos demonstraram que com teores de Mg no solo variando de 0,15 a 0,52 meq/100 cm³ não houve resposta do sorgo sacarino em termos de produção de colmos, mas quando a relação Mg/K no solo foi menor que 0,6 ou a relação Ca/K no solo foi menor que 7,4, houve prejuízo na produtividade, em função das menores absorções de Mg e Ca, respectivamente. Não houve efeito da relação Ca/Mg sobre a produção de sorgo sacarino. Com relação à produção de grãos, houve resposta ao Mg apenas em um dos solos na ausência de potássio.

Termos para indexação: *Sorghum bicolor*, calagem, fertilidade do solo.

EFFECT OF THE SOIL Ca/Mg, Ca/K AND Mg/K RATIOS ON SWEET SORGHUM PRODUCTION

ABSTRACT - A experiment was carried out in greenhouse conditions, in pots containing 25 l of soil, to study the sorghum (*Sorghum bicolor*) response to magnesium with and without liming and potassium fertilization. Soil samples were taken at plant emergence and analysis of K, Ca and Mg were performed to determine the effect of four Mg doses as sulphate, two potassium doses as chloride and two calcium doses as calcite limestone upon the soil Ca/Mg, Ca/K and Mg/K ratios. At boot stage sorghum leaves were sampled for foliar diagnosis, and at harvest stalk and grain yields were evaluated. The results didn't show any difference in sorghum stalk yields when the magnesium level in the soil ranged from 0,15 to 0,52 meq/cm³, but when the Mg/K and Ca/K ratios in the soil were lower than 0,6 and 7,4 respectively, there was a decrease in sweet sorghum stalk yields, as a function of the lower Mg and Ca uptake. There was not any effect of the Ca/Mg ratio on sorghum yields. There was an increase in grain yields due to Mg application only in the absence of potassium in one of the soils.

Index terms: *Sorghum bicolor*, liming, soil fertility.

INTRODUÇÃO

O sorgo sacarino é uma planta exigente em nutrientes, e em função do aproveitamento tanto dos colmos como dos grãos, pode ser agravado o problema de esgotamento do solo através de cultivos sucessivos (Rosolem & Malavolta 1981).

Foi demonstrado, por Rosolem et al. (Prelo e 1983), que para se obter altas produtividades de sorgo sacarino seria necessária a manutenção da saturação em bases do solo acima de 60%. Além

disso, Rosolem et al. (1983) relataram que em solos relativamente pobres em magnésio a planta apresentou resposta ao nutriente adicionado através da aplicação de calcário dolomítico.

Por outro lado, um solo, para estar em suas melhores condições de equilíbrio, deveria ter uma saturação de seu complexo de troca com 65% - 85% de Ca, 4% - 12% de Mg e 2% - 5% de K (Bear & Toth 1948, Adams & Henderson 1962, Liebhardt 1981), indicando que a resposta a um destes cátions depende não só de seu teor absoluto no solo, mas também da sua relação com os demais, aspecto que ainda não foi explorado na cultura do sorgo sacarino.

Desta forma, o presente trabalho foi delineado com objetivo de estudar a resposta do sorgo sacarino ao magnésio procurando associá-la às relações Ca/Mg, Ca/K e Mg/K do solo.

¹ Aceito para publicação em 23 de agosto de 1984.

² M.Sc., Dr. Livre Docente. Prof. - Adjunto, Dep. de Agric. e Silv. Fac. de Ciências Agronômicas, UNESP/DAS/FCA/UNESP, CEP 18600 Botucatu, SP, Brasil.

³ M.Sc., Dr. Prof. Assist. DAS/FCA/UNESP.

⁴ M.Sc., Dr. Livre Docente. Prof. - Titular DAS/FCA/UNESP.

MATERIAL E MÉTODOS

Um experimento foi conduzido em casa de vegetação, em vasos contendo 25 litros de terra. Foram utilizados dois Latossolos Vermelho-Escuros de textura média, cujos teores de K, Ca e Mg encontram-se na Tabela 1. O solo 1 mostrou-se, ainda, antes da calagem, com 1,0 meq/100 cm³ de Al, e o solo 2 apresentava-se livre de Al tóxico. Ambos os solos apresentavam CTC de, aproximadamente, 4,0 meq/100 cm³.

Foram empregadas doses de 0, 120, 240 e 360 kg/ha de MgO, aplicado na forma de sulfato de Magnésio, na ausência e presença de calagem com 4 t/ha de calcário calcítico (47% de CaO e 6% de MgO). Foram ainda empregadas doses de 0 a 100 kg/ha de K₂O na forma de cloreto de potássio. Desta forma, o ensaio foi instalado obedecendo um esquema fatorial 4 x 2 x 2, em blocos casualizados.

Todos os vasos receberam adubações na base de 150 kg/ha de N e P₂O₅, na forma de uréia e superfosfato triplo. A dose de N foi dividida em três e aplicada na época de semeadura, aos 25 e 40 dias após a emergência das plantas.

Foram semeadas oito sementes de sorgo sacarino cv. Brandes em cada vaso, sendo efetuado o desbaste para duas plantas aos 15 dias após a emergência. Aos 45 dias da emergência, uma das plantas de cada vaso foi colhida,

avaliando-se a produção de matéria seca. Na época do emborrachamento, foram colhidas as quartas folhas a contar do ápice da planta, para a diagnose foliar. O material foi secado em estufa a 65°C, por 72 horas; a seguir, foi moído, e foram determinados os teores de K, Ca e Mg no tecido, através de digestão nitroperclórica e leitura por espectrofotometria de absorção atômica. No estádio de grãos duros, foi efetuada a colheita, avaliando-se a produção de matéria seca de colmos e de grãos.

RESULTADOS

A colheita realizada aos 45 dias da emergência revelou resposta significativa em termos de matéria seca produzida, apenas à calagem, no solo 1, sendo que na presença de calagem a produção média por planta passou de 13,2 g para 19,2 g. No solo 2, onde não foram observadas respostas significativas, a produção média foi de 13,6 g de matéria seca por planta.

A análise de variância dos resultados obtidos para produção de matéria seca de colmos ao final do ciclo revelou efeitos significativos de doses de

TABELA 1. Resultados da análise da terra na época da emergência das plantas (média de três repetições, em meq/100 cm³ TFSA).

Cal. t/ha	K ₂ O kg/ha	MgO kg/ha	Solo 1			Solo 2		
			K	Ca	Mg	K	Ca	Mg
0	0	0	0,27	0,69	0,15	0,20	1,09	0,58
		120	0,24	0,65	0,20	0,18	0,95	0,61
		240	0,27	0,65	0,30	0,19	0,86	0,68
		360	0,23	0,69	0,48	0,19	0,81	0,63
100	0	0	0,42	0,67	0,18	0,45	0,86	0,52
		120	0,43	0,62	0,22	0,45	0,82	0,54
		240	0,43	0,59	0,27	0,34	0,83	0,61
		360	0,47	0,74	0,40	0,47	0,89	0,59
0	0	0	0,25	1,53	0,24	0,17	1,39	0,40
		120	0,24	1,39	0,30	0,17	1,49	0,50
		240	0,30	1,79	0,52	0,18	1,43	0,58
		360	0,28	1,61	0,50	0,18	1,50	0,68
4	0	0	0,49	1,54	0,28	0,47	1,65	0,45
		120	0,48	1,39	0,31	0,46	1,62	0,55
		240	0,46	1,59	0,42	0,40	1,46	0,51
		360	0,50	1,44	0,47	0,34	1,41	0,50

magnésio e calagem, e das interações magnésio x potássio e potássio x calagem no solo 1. Não foi observada interação significativa entre doses de magnésio e calagem, indicando que a relação Ca/Mg influenciou significativamente as produções de sorgo sacarino. O desdobramento destas interações encontra-se nas Tabelas 2 e 3. A análise de variância dos resultados de produção de matéria seca de colmos obtidos no solo 2 não revelou qualquer significância, sendo a produção média, por planta, de 10,8 g.

Os resultados obtidos para produção de matéria seca de grãos revelaram efeito significativo apenas da calagem no solo 1, e da interação magnésio x potássio e da calagem no solo 2. No solo 1, em função da calagem, a produção de grãos passou de

16,2 g para 22,0 g por planta, ao passo que no solo 2 a produtividade aumentou de 15,3 para 16,9 g/planta. O desdobramento da interação magnésio x potássio encontra-se na Tabela 4.

A diagnose foliar mostrou que os teores de Ca nas folhas foram afetados significativamente pela calagem e pela aplicação de potássio nos dois solos, ocorrendo uma interação significativa entre calagem e potássio no solo 1 (Tabela 2). A calagem fez com que os teores de cálcio nas folhas passassem de 0,91% para 1,10% e de 0,96% para 1,19%, nos solos 1 e 2, respectivamente. A aplicação do potássio levou à diminuição, nos teores de cálcio das folhas, de 1,13% para 0,88% e de 1,19% para 0,95%, respectivamente, nos solos 1 e 2.

Os teores de potássio nas folhas do sorgo sacari-

TABELA 2. Matéria seca de colmos, teores de Ca nas folhas e relação Ca/K no solo, em função da aplicação de calcário e adubo potássico, para o solo 1.

Calagem	Potássio					
	0			100		
	M.S. Colmos	Ca	Ca/K	M.S. Colmos	Ca	Ca/K
t/ha	g/planta	%		g/planta	%	
0	10,30 b	0,98 b	3,7 b	11,65 a	0,83 a	1,5 b
4	13,00 a	1,27 a	7,4 a	10,98 a	0,93 a	3,1 a

* Letras diferentes indicam diferença significativa (Tukey - 5%).

TABELA 3. Matéria seca de colmos, teores de Mg nas folhas e relação Mg/K no solo, em função da adubação com magnésio e potássio, no solo 1.

Mg	Potássio					
	0			100		
	M.S. Colmos	Mg	Mg/K	M.S. Colmos	Mg	Mg/K
kg/ha	g/planta	%		g/planta	%	
0	11,48 a	0,72	0,8 c	8,36 b	0,64	0,5 b
120	12,61 a	0,85	1,1 c	12,30 a	0,74	0,6 ab
240	11,68 a	0,91	1,4 b	12,39 a	0,72	0,8 ab
360	10,82 a	0,90	1,9 a	12,21 a	0,81	0,9 a
	11,65	0,84 A	1,30 A	11,31	0,73 B	0,69 B

* Letras diferentes indicam diferença significativa (Tukey - 5%).

TABELA 4. Matéria seca de grãos (g/planta), e teores de Mg nas folhas de sorgo sacarino em função de adubações com potássio e magnésio, no solo 2.

Mg	K (kg/ha)	
	0	100
0	15,7 b	17,5 a
120	17,9 a	14,9 bc
240	17,6 a	15,1 b
360	15,6 b	14,7 c

Letras diferentes indicam diferença significativa (Tukey - 5%).

no somente foram significativamente afetados pela aplicação de potássio, passando de 1,80% para 2,12% e de 1,03% para 1,62%, respectivamente, nos solos 1 e 2.

Com relação aos teores de magnésio revelados através da diagnose foliar, notou-se um efeito significativo da calagem, do potássio e do magnésio no solo 1, e apenas do potássio no solo 2.

No solo 1, o teor de magnésio das folhas aumentou de 0,71% para 0,86% em função da calagem, e de 0,68% para 0,85% em função da aplicação de magnésio, mas foi diminuído de 0,84% para 0,73%, em média, como uma consequência da aplicação do potássio. No solo 2, a adubação potássica levou à diminuição do teor de magnésio das folhas do sorgo sacarino de 1,14% para 0,95%.

DISCUSSÃO

Conforme pode ser observado pela Tabela 1, os tratamentos empregados permitiram a ocorrência de uma ampla variação nos teores de K, Ca e Mg no solo, tendo como consequência o estabelecimento das mais diferentes relações entre os nutrientes e de diferentes saturações de cada elemento no complexo de troca do solo.

Entretanto, esta situação não levou a alterações significativas na produção de matéria seca das plantas colhidas aos 45 dias da emergência, podendo a resposta obtida ser atribuída à neutralização do Al tóxico presente no solo 1, além da correlação

dos teores de Ca do solo e da saturação em bases do mesmo, uma vez que Rosolem et al. (1983) apresentaram resultados que apoiam esta afirmação.

Da literatura depreende-se que, quando se tem uma saturação do complexo de troca com 65% - 85% de Ca, 4% - 12% de Mg e 2% - 5% de K (Bear & Toth 1948, Adams & Henderson 1962, Liebhardt 1981), o solo estaria em seu melhor equilíbrio; portanto, em situações onde esta relação não é obedecida, existem condições para a ocorrência de deficiência induzida de um dos nutrientes.

No presente trabalho, no solo 1, onde foram encontradas respostas significativas, conforme pode ser observado na Tabela 2, houve resposta à calagem apenas na ausência de potássio. Por outro lado, na presença de calagem, a aplicação do potássio levou a uma diminuição de produtividade. Se for considerada a teoria de equilíbrio Ca:K, pode-se notar, na Tabela 1, que o solo em questão apresentava teores de K de médios para altos, mesmo na ausência de adubação potássica (Raij 1981), e teores baixos de Ca, parecendo ser este o principal fator limitante, o que é também demonstrado através dos teores de Ca observados nas folhas (Tabela 2). Com a calagem, foi corrigida esta deficiência; mas com calagem mais adubação potássica, apesar de a deficiência absoluta ter sido corrigida, estabeleceu-se novamente o desequilíbrio, uma vez que nesta condição não foi melhorada a absorção de Ca pela planta (Tabela 2). Embora Liebhardt (1981), entre outros, tenha demonstrado que as relações entre as bases do solo não é um indicativo seguro do potencial de resposta, as relações Ca:K na ausência de calagem, e na presença de calagem mais potássio foram baixas, com valores menores do que um quarto do considerado ideal por Bear & Toth (1948).

Por outro lado, na Tabela 3 pode ser observado que ocorreu resposta do sorgo sacarino em termos de produção de colmos, apenas na presença de adubação potássica, sendo a produção diminuída quando não foi aplicado magnésio. De acordo com os limites preconizados por Catani et al. (1955), o solo 1 encontrava-se deficiente em Mg. Mesmo assim, na ausência de adubação potássica não houve resposta ao Mg aplicado. Estes resultados não

são concordantes com aqueles obtidos por Rosolem et al. (1983), que obtiveram aumentos significativos na produtividade de sorgo sacarino, atribuídos, em parte, à melhor absorção de Mg, em um solo com teores variando de 0,24 a 0,60 meq/100 g de Mg.

A resposta obtida no presente trabalho pode ser atribuída ao desequilíbrio Mg:K, uma vez que na condição de prejuízo na produtividade a relação foi igual a 0,5, valor em que realmente seria esperada a deficiência induzida de Mg, conforme resultados obtidos por MacLean & Finn (1967) e Lierop et al. (1979). Por outro lado, quando a relação Mg:K foi maior ou igual a 0,6, não foi observada qualquer resposta do sorgo, o que também está de acordo com a literatura (Hossner & Doll 1970, Doll & Lucas 1973, Liebhardt 1981, Ologunde & Sorensen 1982). De acordo com Schuffelen (1974), em raízes de cevada, 30% dos sítios de absorção são específicos para potássio, 3% são específicos para Magnésio e 67% são comuns. Partindo dessa observação, Rahmatullah & Baker (1981) concluíram que uma relação Mg:K menor que 0,5 pode levar à ocorrência de deficiência induzida de Mg, o que ocorreu no presente trabalho, apesar de as plantas sempre mostrarem teores de Mg nas folhas na faixa considerada suficiente por Rosolem & Malavolta (1982).

É interessante notar que os teores de Mg no solo não foram afetados pela aplicação do potássio, mas a absorção de magnésio pela planta o foi, em função da diminuição da relação Mg:K. Outros autores relataram que em determinadas condições a absorção de Mg pela planta é mais uma função da disponibilidade de potássio do que de magnésio (Rahmatullah & Baker 1981, Stout & Baker 1981).

Com relação à produção de grãos, os resultados significativos obtidos para a interação Mg x K encontram-se na Tabela 4.

Quando se analisam os efeitos dos tratamentos sobre os níveis de bases no solo na planta e suas relações, não se encontra uma explicação. Entretanto, Rosolem et al. (1983) observaram ser o sorgo sacarino uma planta relativamente sensível à deficiência de Boro, principalmente quando cultivada na presença de calagem e adubação potássica. Desta forma, poderia estar ocorrendo um efei-

do do potássio sobre a absorção de boro, impedindo que o sorgo sacarino respondesse ao magnésio aplicado na presença de adubação potássica (Olsen 1972).

No solo 1, os teores de Mg nas folhas foram um pouco mais baixos do que no solo 2 (dados não apresentados), mas não foi observada resposta significativa ao magnésio aplicado, devendo portanto haver outros fatores limitantes, não considerados neste trabalho. Deve ser lembrado, ainda, que os teores de Mg determinados nas folhas do sorgo sacarino sempre estiveram dentro ou acima da faixa sugerida como adequada por Rosolem & Malavolta (1982).

A exemplo do relato de Rosolem et al. (1983), no presente trabalho evidenciou-se que as respostas do sorgo sacarino à adubação são diferentes quando se considera a produção de colmos e a produção de grãos.

Em termos de produção de grãos, o aumento dos teores de Ca no solo refletiu-se nos teores do nutriente nas folhas, aumentando a produtividade do sorgo sacarino, efeito que não foi observado da mesma forma em termos de produção de colmos. Por outro lado, a redução dos teores de Ca nas folhas causada pela adubação potássica não teve conseqüências em termos de produtividade.

O aumento dos níveis de K no solo obtidos através da adubação potássica proporcionaram maior absorção de K pela planta embora sem conseqüência direta em termos de produtividade. No solo 2, seria esperada resposta ao potássio, uma vez que o teor de 1,03% de K pode ser considerado deficiente, de acordo com os resultados obtidos por Rosolem & Malavolta (1982) e Coutinho (1983). Pode ter ocorrido, neste caso, uma interação negativa entre o potássio e boro (Olsen 1972, Rosolem et al. 1983).

A variação positiva dos teores de Mg nas folhas em função da calagem no solo 1 pode ser atribuída ao fato de apesar do calcário ser calcítico, através da calagem, terem sido adicionadas quantidades apreciáveis de Mg ao solo, conforme foi revelado pela análise do mesmo (Tabela 1).

CONCLUSÃO

Os resultados demonstraram que não houve res-

posta do sorgo sacarino em termos de produção de colmos quando os teores de Mg do solo variaram de 0,15 a 0,52 meq/100 cm³; mas quando a relação Mg/K no solo foi menor que 0,6, ou a relação Ca/K no solo foi menor que 7,4, houve prejuízo na produtividade, em função das menores absorções de Mg e Ca, respectivamente. A relação Ca/Mg não teve influência nas produções de sorgo sacarino. Com relação à produção de grãos, houve resposta ao Mg em apenas um dos solos, na ausência de potássio.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, F. & HENDERSON, J.B. Magnesium availability as affected by deficient and adequate levels of potassium and lime. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 26: 65-8, 1962.
- BEAR, F.E. & TOTH, S.T. Influence of calcium on other soil cations. *Soil Sci.*, 65:69-75, 1948.
- CATANI, R.; GALLO, J.R. & GARGANTINI, H. Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Campinas, IAC, 1955. 22p. (Boletim, 69).
- COUTINHO, E.L.M. Efeitos da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica na cultura do sorgo sacarino, avaliada pela diagnose foliar, produção de colmos e álcool etílico. Piracicaba, ESALQ/USP, 1983. 83p. Tese Doutorado.
- DOLL, C. & LUCAS, R.E. Testing soils for potassium calcium and magnesium. In: WAISH, L.M. & BEATON, O., eds. *Soil testing and plant analysis*. Madison, Soil Sci. Soc. Am., 1973. p.133-51.
- HOSSNER, L.R. & DOLL, E.C. Magnesium fertilization of potatoes as related to liming and potassium. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 34:722-44, 1970.
- LIEBHARDT, W. The basic cation saturation ratio concept and lime and potassium recommendations on Delaware's coastal plain soils. *J. Soil Sci. Soc. Am.*, Madison, 45:544-9, 1981.
- LIEROP, W. van; MARTEL, Y.A. & CESCAS, M.P. Onion response to lime on acid histosols as affected by Ca/Mg ratios. *J. Soil Sci. Soc. Am.*, Madison, 43:1172-7, 1979.
- MACLEAN, A.J. & FINN, B.J. Amendments for oats in soil contaminated with magnesium lime dust. *Can. J. Soil Sci.*, 47:253-4, 1967.
- OLOGUNDE, O.O. & SORENSEN, R.C. Influence of concentrations of K and Mg in nutrient solutions on sorghum. *Agron. J.*, Madison, 74:41-7, 1982.
- OLSEN, S.R. Micronutrients interactions. In: MORTVEDT, J.T.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L., eds. *Micronutrients in agriculture*. Madison, Soil Sci. Soc. Am., 1972. p.243-64.
- RAHMATULLAH & BAKER, D.E. Magnesium accumulation by corn as a function of potassium - magnesium exchange in soils. *J. Soil Sci. Soc. Am.*, Madison, 45:899-903, 1981.
- RAIJ, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba, Inst. Potassa Fosfato e Inst. Int. Potassa, 1981. 142p.
- ROSOLEM, C.A. & MALAVOLTA, E. Estudo preliminar sobre a diagnose foliar do sorgo sacarino. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 17(1):33-8, jan. 1982.
- ROSOLEM, C.A. & MALAVOLTA, E. Exigências nutricionais do sorgo sacarino. *An. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz, Piracicaba*, 38:257-68, 1981.
- ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R.; BRINHOLI, O. & COLETA, O. della. Efeito da calagem no sorgo sacarino cultivado em um Latossolo Roxo. Científica, São Paulo. Prelo.
- ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R.; COLETA, O. della & MARCONDES, D.A.S. Efeito de calagem e adubação potássica na cultura do sorgo sacarino em um Latossolo Vermelho-Escuro fase arenosa. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 18(4):351-6, abr. 1983.
- SCHUFFELEN, A.C. Aspects of potassium and magnesium uptake of oats. *Neth. J. Agric. Sci.*, 22:237-44, 1974.
- STOUT, W.L. & BAKER, D.E. Effect of differential adsorption of potassium and magnesium in soils on magnesium uptake by corn. *J. Soil Sci. Soc. Am.*, Madison, 45:996-7, 1981.