



BRAGANTIA

Revista Científica do Instituto Agronômico, Campinas

Vol. 40

Campinas, agosto de 1981

Artigo n.º 12

ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA PRODUÇÃO DE SOJA, NOS TEORES DE POTÁSSIO NAS FOLHAS E NA DISPONIBILIDADE DE POTÁSSIO EM LATOSSOLO ROXO DISTRÓFICO DE CERRADO (1)

HIPÓLITO A. A. MASCARENHAS (2), *Seção de Leguminosas*, J. M. A. DA S. VALADARES (2), C. L. RÖTTA (2), *Seção de Pedologia*, e E. A. BULISANI (2), *Seção de Leguminosas*, Instituto Agronômico

RESUMO

Foram estudadas no período 1973/78, em Latossolo roxo distrófico da Alta Mojiana (SP), as respostas de soja à aplicação de cinco níveis de adubação potássica, sendo o fertilizante aplicado apenas no primeiro ano. Em nenhuma localidade se observou efeito significativo do potássio na produção de sementes de soja nem nos teores desses elementos determinados nas folhas no período de florescimento das plantas em qualquer dos anos estudados. Em vista dessa não-resposta, foram determinados, em 1978, os teores de potássio trocável extraível com HNO_3 1N a quente e do potássio total em amostras dos três latossolos. Pela análise mineralógica da fração grosseira, verificou-se a não-existência de minerais que possam apresentar reservas ponderáveis de potássio. Os baixos teores de potássio trocável e extraível pelo HNO_3 a quente e as boas produções de soja obtidas nesses solos mostram que a soja tem grande poder de extração para o potássio do solo e que o nível de 0,12 meq/100g, normalmente apresentado como limite inferior para a disponibilidade do potássio trocável do solo para o caso de soja, em solos de cerrado, e quando se utilizam cultivares de ciclo de 140 dias ou mais, pode ser provavelmente rebaixado para valores ao redor de 0,08 meq/100g de solo.

1. INTRODUÇÃO

O potássio é um nutriente importante para a soja, sendo bem sabido que favorece a retenção das vagens durante sua formação e reduz-lhe a deiscência na maturação, melhora a qualidade das sementes e, em combinação com fósforo e nitrogênio, pode aumentar o conteúdo de óleo das sementes. Também aumenta a resistência da soja ao fungo **Diaporthe**

phaseolorum sojae, que incide principalmente no período de granação e maturação das plantas (9).

CATANI (7), em levantamento dos solos do Estado de São Paulo, mostrou que, em geral, o potássio trocável era baixo. CATANI et alii (8) consideram os teores de K de 0 a 0,12 meq/100g, como sendo baixos; de 0,12 a 0,30 meq/100g, como mé-

(1) Recebido para publicação a 10 de outubro de 1980.

(2) Com bolsa de suplementação do CNPq.

dios e os maiores que 0,30 meq/100g, como altos. RAIJ & MASCARENHAS(16) demonstraram que há resposta de soja para a adubação de K quando o teor trocável deste no solo é inferior a 0,12 meq/100g, valor acima do qual há pouca ou nenhuma resposta. BOYER(5) apontou que, para agricultura tropical, os níveis mínimos absolutos de potássio trocável estavam ao redor de 0,10 meq/100g, mas variavam de 0,07 a 0,20 meq/100g, dependendo do tipo de solo e plantas envolvidas.

MASCARENHAS et alii(10) obtiveram respostas esporádicas à aplicação de potássio em soja, mesmo estando os teores desse elemento no solo abaixo de 0,12 meq/100g ou 48 ppm utilizando o cultivar Santa-Rosa como planta indicadora. BRAGA et alii(6), no Triângulo Mineiro, empregando o mesmo cultivar, não obtiveram respostas, com soja, à aplicação de potássio em solo com teores desse nutriente considerados baixos. A explicação dada pelos autores foi que o extrator "Carolina do Norte" retira do solo apenas o potássio disponível no momento, mas não aquele que poderia ser liberado durante o ciclo da cultura.

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito imediato e residual da adubação potássica, nos teores de K das folhas, bem como na produção de soja cultivada em Latossolo Roxo distrófico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos três experimentos, dois no município de Guaira e um no de Bento Quirino, situados em áreas de Latossolo roxo distrófico recém-desmatado de cerrado. Na pri-

meira quinzena de junho/1973, foram aplicados 2.500 kg/ha de calcário dolomítico incorporados com enxada rotativa a uma profundidade de aproximadamente 25cm. Cinco meses depois, instalaram-se os experimentos de adubação com P e K em esquema fatorial 5 x 5, com cinco níveis de fósforo (0, 40, 80, 120 e 160kg/ha de P_2O_5) e potássio (0, 20, 40, 60 e 80kg/ha de K_2O) nas formas de superfosfato triplo e de cloreto de potássio respectivamente. Essas aplicações foram efetuadas no sulco, na época de plantio. Cada parcela consistiu em seis linhas de 5m, espaçadas entre si 0,60m. Para o cálculo de produção de grãos, consideraram-se somente as duas linhas centrais como área útil, eliminando-se 0,50m de cada extremidade. Empregaram-se 25 sementes de soja, cultivar Santa-Rosa, pré-inoculadas por metro de sulco. Na época do florescimento, foram coletadas amostras das terceiras folhas a partir do ápice das hastes principais das plantas, para serem analisadas quimicamente, conforme descrito por BATAGLIA et alii(2).

Os resultados das análises químicas de solo coletado antes do plantio (1973) encontram-se no quadro 1. Nos anos subseqüentes foram estudados os efeitos residuais dessa adubação e, em junho de 1975, foram novamente aplicadas 2,5 t/ha de calcário dolomítico, para manter no solo o teor de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ acima de 3 meq/100g. Em fevereiro de 1978, foram coletadas amostras de solo em profundidades de 0-20, 20-40 e 60-80cm nos tratamentos 00 (testemunha absoluta) e 33 (onde foram aplicados 120kg/ha de P_2O_5 e 60kg/ha de K_2O), nas quais foram determinados os teores de potássio trocável

(extraído com HNO_3 0,05N) e determinado por fotometria de chama, o potássio extraível com HNO_3 1N a quente e potássio total pelo ataque perclórico-fluorídrico (14, 15). Para análise mineralógica, tomou-se a fração 0,05 a 0,10mm separada por tamisagem. Foram montadas lâminas com líquidos de índice de refração conhecido e contados em média 300 grãos por lâmina. A identificação dos minerais dessa fração de areia foi feita pelos métodos usuais de óptica cristalográfica (4), utilizando-se microscópio polarizador.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No quadro 2 são apresentadas as médias dos teores de K nas folhas, bem como as médias das produções de soja nas três localidades. As produções, em todos os níveis de potássio, foram sempre obtidas em presença de fósforo. Os teores adequados de potássio nas folhas situam-se entre 1,7 e 2,5 (12). No primeiro ano (1973/74), a aplicação de potássio no solo não aumentou os teores desse elemento nas folhas, que não ultrapassaram o limite superior da faixa adequada, e também não influenciou a produção. No primeiro ano de efeito residual, os teores de potássio, mesmo sem a aplicação desse nutriente, estiveram além do limite superior da faixa adequada em Guaira I e II, mas em Bento Quirino mantiveram-se dentro da mesma. Não houve diferenças na produtividade de tratamentos com e sem aplicação de potássio. Esse fato também foi observado no segundo e no terceiro ano de efeito residual, sendo as produções sempre maiores do que as de 1973/74. No terceiro ano, houve uma redução nos teores de potássio nas folhas, espe-

cialmente em Bento Quirino, mas sem prejuízo na produção. Esse abaixamento no teor de K nas folhas das plantas em Bento Quirino pode ser devido ao fato de a amostragem ter sido feita após um período seco, o que afeta a concentração do elemento nas folhas (11). Em 1977/78, foi cultivada a soja pela quarta vez nas três localidades, para estudo do efeito residual, mas, devido a um veranico durante fevereiro, as produções foram prejudicadas.

Conforme BLACK (3), a planta tem capacidade de extrair ou reduzir rapidamente o K trocável, e se este for insuficiente para sua necessidade, ela vai continuar absorvendo K, que passa do estado de lentamente trocável para prontamente disponível. Esse equilíbrio entre essas duas formas é lento e será tanto mais lento quanto mais se esgotar a forma facilmente disponível. Haveria com tempo (bem mais longo), uma lenta passagem do K da forma pouco solúvel para a mais solúvel. No quadro 3, em Bento Quirino, tanto no tratamento 00 como no 33, nos primeiros 20cm, a quantidade de potássio facilmente trocável é 0,04 meq/100g, insuficiente para suprir as necessidades das plantas de soja; assim, logicamente, elas devem ter extraído o potássio da reserva, que é o K dificilmente trocável (0,08 meq/100g extraído na análise com HNO_3 1N a quente), e que é bem maior que trocável (0,08 meq/100g). É por isso que MASCARENHAS et alii (10) em São Paulo, assim como BRAGA et alii (6) em Minas, não obtiveram respostas à adubação potássica, apesar de os teores trocáveis serem baixos no solo. O mesmo pode ser dito para Guaira I e II. Deve-se considerar ainda que esses solos são

QUADRO 1 — Resultados de análise do solo feita antes do plantio (1973)

Localidade	pH	C	PO ₄ ^{s(2)}	K ⁺ (3)	Ca ²⁺ (3)	Mg ²⁺ (3)	Al ³⁺ (4)
%							
Bento Quirino	5,5	1,22	0,03	0,17	1,65	0,96	0,00
Guaíra I	5,4	1,82	0,06	0,19	2,65	1,86	0,10
Guaíra II	5,5	1,26	0,02	0,16	2,20	1,86	0,10

(1) Análise efetuada na Seção de Pedologia do Instituto Agronômico.

(2) Solúvel em H₂SO₄ 0,05N.

(3) Extraído com HNO₃ 0,05N.

(4) Extraído com KCl 1N.

QUADRO 2 — Médias de teores de K nas folhas e produções de grãos em função de K₂O aplicado apenas no ano agrícola 1973/74

Localidade	Ano agrícola	Níveis de K ₂ O aplicado (kg/ha)														
		0			20			40			60			80		
		Prod. kg/ha	K nas folhas %	Prod. kg/ha	K nas folhas %	Prod. kg/ha	K nas folhas %	Prod. kg/ha	K nas folhas %	Prod. kg/ha	K nas folhas %	Prod. kg/ha	K nas folhas %			
Bento Quirino	Efeito direto 1973/74	1.369	1,73	1.400	1,96	1.383	2,07	1.312	1,78	1.433	1,82					
	Efeito residual															
	1974/75 1.º ano	1.893	2,45	2.085	2,40	1.961	2,39	2.291	2,26	1.905	2,14					
	1975/76 2.º ano	1.922	2,22	1.930	2,03	1.910	2,10	1.756	1,89	1.868	2,08					
	1976/77 3.º ano	2.350	1,29	2.412	1,38	2.058	1,33	2.526	1,46	2.294	1,57					
Guaira I	Efeito direto 1973/74	1.642	2,04	1.521	2,09	1.651	2,23	1.617	2,45	1.625	2,30					
	Efeito residual															
	1974/75 1.º ano	2.163	2,82	1.996	3,04	1.872	2,52	1.955	2,98	1.830	3,07					
	1975/76 2.º ano	3.136	2,67	3.161	2,57	3.107	2,45	3.232	2,85	3.112	2,76					
	1976/77 3.º ano	2.377	2,09	2.113	2,04	2.346	1,79	2.316	2,01	2.112	2,27					
Guaira II	Efeito direto 1973/74	1.616	2,03	1.808	1,90	1.901	2,10	1.725	2,19	1.703	2,25					
	Efeito residual															
	1974/75 1.º ano	1.830	2,67	2.100	2,82	2.163	3,02	2.101	3,04	1.914	2,91					
	1975/76 2.º ano	2.400	2,52	1.934	2,31	2.051	2,56	2.147	2,47	2.213	2,73					
	1976/77 3.º ano	1.707	1,91	1.757	1,81	1.821	2,05	1.830	2,02	1.773	2,19					

QUADRO 3 — Teores de potássio trocável e de potássio extraído com HNO_3 IN a quente e de potássio total (HF-HClO₄) e suas respectivas quantidades em kg/ha de K em amostragem do solo feita em fevereiro de 1978

Localidade	Tratamentos	Profundidade	Potássio					
			Trocável			Ext. HNO_3 a quente		
		cm	meq./100g	kg/ha	meq./100g	kg/ha	meq./100g	kg/ha
Bento Quirino	00	00-20	0,04	31,2	0,12	93,6	0,70	546
		20-40	0,03	23,4	0,12	93,6	0,30	390
		60-80	0,03	23,4	0,12	93,6	0,50	390
	33	00-20	0,04	31,2	0,12	93,4	0,50	390
		20-40	0,04	31,2	0,12	93,6	0,50	390
		60-80	0,03	23,4	0,12	93,6	0,50	390
Guaira I	00	00-20	0,06	46,8	0,12	93,6	0,70	546
		20-40	0,04	31,2	0,12	93,6	0,90	702
		60-80	0,03	23,4	0,08	62,4	0,50	390
	33	00-20	0,06	46,8	0,12	93,6	0,60	468
		20-40	0,06	46,8	0,12	93,6	1,00	780
		60-80	0,02	15,6	0,08	62,4	0,90	702
Guaira II	00	00-20	0,05	39,0	0,12	93,6	0,50	390
		20-40	0,04	31,2	0,12	93,6	0,50	390
		60-80	0,04	31,2	0,12	93,6	0,50	390
	33	00-20	0,05	46,8	0,12	93,6	0,50	390
		20-40	0,05	39,0	0,08	62,4	0,50	390
		60-80	0,03	23,4	0,08	62,4	0,50	390

00 = Testemunha absoluta. 33 = 120kg/ha de P_2O_5 e 60kg/ha de K_2O aplicados no sulco no plantio de soja no ano agrícola 1973/74.

pobres em minerais que possam ser fontes de potássio para as plantas, conforme apontado no quadro 4.

O ideal seria manter o K extraído pelo HNO_3 1N a quente bem acima do nível 0,12 meq/100g e em quantidade suficientemente grande, para que, no fim do ciclo da planta, ele volte a esse nível, ou apenas um pouco abaixo dele. Pelos valores do quadro 3, verifica-se que o valor "crítico" está ao redor de 0,12 meq/100g para o K dificilmente trocável mais o trocável. Provavelmente, deveria manter-se o teor de potássio facilmente trocável ao redor de 0,08 meq/100g. Nas três localidades, principalmente no tratamento sem adubo (00), a extração acumulada de potássio pela soja foi sempre superior à quantidade de potássio trocável inicial menos o potássio trocável que restou no final do ciclo (Quadro 5). Em Bento Quirino, Guaíra I e Guaíra II, a soja utilizou todo o potássio trocável inicial e mais 39, 62 e 44% res-

pectivamente do potássio que passou da forma dificilmente trocável para a facilmente trocável. Deve-se considerar também que uma parte do potássio total pode ter sido utilizado através do equilíbrio natural anteriormente descrito. No tratamento adubado, o potássio extraído pela soja veio praticamente todo da forma facilmente disponível mais o adicionado pelo fertilizante.

É sabido que a soja tem alta capacidade para retirar potássio do solo (13). Se considerarmos a forma K trocável mais K dificilmente trocável, talvez o nível crítico do K trocável possa ser reduzido a um valor menor que 0,12 meq/100g de solo, principalmente em solos de cerrado e quando se usam cultivares de soja de ciclo semitardio e tardio (140 dias ou mais), o que vem confirmar as observações de BOYER (5) e de RITCHEY (17). Novos experimentos estão sendo conduzidos visando a confirmar esses dados.

QUADRO 4. — Fração de areia (0,05-0,10mm) de amostras do solo das três localidades do tratamento 00

Localidade	Profundidade	Qz.	Op.	Fel.	Zr.	Tu.	Mi.
	cm						
Bento Quirino	0-20	70	30	— —	tr.	tr.	— —
	20-40	75	25	— —	tr.	tr.	— —
Guaíra I	0-20	60	40	tr.	tr.	tr.	tr.
	20-40	60	40	tr.	tr.	tr.	tr.
Guaíra II	0-20	55	45	tr.	tr.	tr.	— —
	20-40	55	45	tr.	tr.	tr.	tr.

Qz = quartzo; Op = opaco; Fel = feldspato; Zr = Zircão; Tu = turmalina; Mi = mica; Tr. = traços.

QUADRO 5 — Teores de potássio trocável inicial e final e relação entre o K extraído pela cultura e o do solo mais o do fertilizante

Localidades	K trocável		Diferença F - I	Adubação	K trocável + K adubo	K extraído (1) pela soja	K soja K trocável + K adubo	
	Inicial	Final						
	meq/100g		kg/ha					%
Bento Quirino	00	0,17	0,04	0	101,7	141,3	139	
	33	0,17	0,04	50	151,7	146,9	97	
Guaira I	00	0,19	0,06	0	101,7	164,8	162	
	33	0,19	0,06	50	151,7	165,5	109	
Guaira II	00	0,16	0,05	0	86,0	123,6	144	
	33	0,16	0,06	50	128,2	141,2	110	

(1) Valores acumulados nos quatro anos de produção baseados nos dados de BATAGLIA & MASCARENHAS (1).

EFFECT OF POTASSIUM FERTILIZATION, ITS AVAILABILITY IN THE CERRADO SOIL, LEAF CONCENTRATION AND YIELD OF SOYBEANS**SUMMARY**

A study was carried out in the North of the State of São Paulo during a five year period (1973/78) in the cerrado soil at three localities to study yields of soybeans with the application of different levels of potassium. The potassium in the form of potassium chloride was applied in the rows at planting time only in the first year and in subsequent years only residual effect was studied. At the three localities no significant increase in yield of soybeans was observed nor were there differences in concentration of K in leaves in any of the years. Chemical analysis were made to determine exchangeable K, nonexchangeable K with could be released and total soil K. The soil mineralogical analysis showed the nonexistence of potassium reserves. Low exchangeable K and nonexchangeable K and good yields of soybeans indicated that soybeans have great capacity to extract potassium from the soil and the critical level usually established at 0.12 meq/100 g in the soil for soybean crop could probably be lowered to approximately 0.08 meq/100 g in cerrado soil for cultivars with 140 or more days maturity.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BATAGLIA, O. C. & MASCARENHAS, H. A. A. Absorção de nutrientes pela soja. Campinas, Instituto Agronômico, 1977. 36p. (Boletim técnico, 41)
2. ———; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; FURLANI, A. M. C.; GALLO, J. R. Análise química de plantas. Campinas, Instituto Agronômico, 1978. 31p. (Circular, 87)
3. BLACK, C. A. Soil-plant relationships. New York, John Willey, 1968. 675p.
4. BLOSS, F. D. An introduction to the methods of optical-crystallography. Southern Illinois University, U.S.A., 1961. 294p.
5. BOYER, J. Soil potassium. In: Soils of the humid tropics. Washington, Natl. Acad. Sci., 1972. p.102-135.
6. BRAGA, J. M.; FERRARI, R. A. R.; SEDIYAMA, C.; OLIVEIRA, I. M. Respostas de cultivar de soja Santa Rosa à aplicação de P, K e calcário em latossolo do Triângulo Mineiro. II — Correlação com análise química do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, 1975. Anais. São Paulo, Soc. Bras. de Ciência do Solo, 1976. p.289-293.
7. CATANI, R. A. Estudos do potássio nos solos do Estado de São Paulo. Extratos de tese de concurso para provimento efetivo da 10.^a Cadeira de Química Analítica. Piracicaba, ESALQ, 1955. 39p.
8. ———; GALLO, J. R.; GARGANTINI, R. Amostragem do solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fim de fertilidade. Campinas, Instituto Agronômico, 1955. 28p. (Boletim, 69)
9. MASCARENHAS, H. A. A.; MIRANDA, M. A. C.; BATAGLIA, O. C.; TISELLI FILHO, O.; BRAGA, N. R.; SOAVE, J. Efeito da adubação potássica sobre o ataque da soja pelo *Diaporthe phaseolorum* (Cke & E11) Sacc, Var. sojae (Lehman) Wekm. Summa Phytopathologica, 2:228-234, 1976.
10. ———; MIYASAKA, S.; BRAGA, N. R.; MIRANDA, M. A. C.; TISELLI FILHO, O. Calagem e adubação de soja. In: Soja no Brasil Central. Campinas, Fundação Cargill, 1977. p.87-135.
11. NAGAI, V.; IGUE, T.; HIROCE, R. Estudo comparativo das relações entre nutrientes dosados em folhas de café, citros e milho. Bragantia, Campinas, 34:XXIII-XXVIII, 1975. Nota, 6.

12. OHLROGGE, A. J. & KAMPRATH, E. J. Fertilizer use in soybeans. In: DINAUER, R. C., ed. Changing patterns in fertilizer use. Madison, Soil Science Society of America, 1968. p.237-295.
13. PESEK, J. Potassium nutrition of soybeans and corn. In: KILMER, V. J.; YOUNTS, S.; BRADY, N. C., eds. The role of potassium in agriculture. Madison, Wis., American Society of Agronomy, 1968. p.447-468.
14. PRATT, P. F. Digestion with hydrofluoric and perchloric acids for total potassium and sodium. In: BLACK, C. A., ed. Methods of soil analysis. Madison, Wis., American Society of Agronomy, 1965. p.14-21.
15. ————. Potassium. In: BLACK, C. A., ed. Methods of soil analysis. Madison, Wis., American Society of Agronomy, 1965. p.1022-1030.
16. RAIJ, B. van & MASCARENHAS, H. A. A. Calibração de potássio e fósforo em solos para soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, 1975. São Paulo, Soc. Bras. Ciência do Solo, 1976. p.309-315.
17. RITCHEY, K. D. Potassium fertility in Oxisols and Ultisols of the humid tropics. Ithaca, 1979. 45p. (Cornell International Agriculture Bulletin, 37)