

DINÂMICA DO POTÁSSIO NO SOLO E NUTRIÇÃO POTÁSSICA DA SOJA¹

CIRO ANTONIO ROSOLEM², ANTONIO MARCOS BESSA e HÉLIO FERNANDES MARQUES PEREIRA³

RESUMO - A deficiência de K em soja tem-se tornado freqüente no Estado de São Paulo, em decorrência do progressivo esgotamento em K dos solos. No presente trabalho, a dinâmica das formas trocáveis e não-trocáveis de K foi estudada para explicar os processos que levam ao esgotamento do solo, e a participação de formas não-trocáveis na nutrição da soja. Um experimento foi conduzido em vasos com cinco solos, na presença e ausência de adubação potássica. A soja foi colhida em R6, e amostras de solo foram tomadas a intervalos de 20 dias, analisando-se o K trocável (H_2SO_4 0,05 N) e não-trocável (HNO_3 a quente). Dois solos apresentaram teores baixos de K trocável, e mesmo assim não foram observadas respostas em produção de matéria seca da soja. Apesar de se observarem algumas diferenças de teores de K em algumas partes das plantas, de maneira geral a adubação potássica influenciou apenas no acúmulo de K nos grãos. Os teores de K trocável inicial não tiveram influência na absorção de K. A principal fonte de K para a planta foi o K extraído com HNO_3 a quente, que se mostrou disponível, o que levanta dúvidas quanto a sua conceituação como não-trocável. Após o período de máxima demanda da planta o solo tendeu a um equilíbrio natural entre as formas de K.

Termos para indexação: K não-trocável, K trocável, absorção de K.

POTASSIUM DYNAMICS IN SOIL AND SOYBEAN POTASSIC NUTRITION

ABSTRACT - Potassium deficiency in soybeans has spread in São Paulo State, Brazil, as a consequence of soil K reserve depletion. Exchangeable and nonexchangeable K dynamics in soil were investigated in order to understand the reserve exhaustion and its significance to soybean nutrition. Soybean was grown in 8 l pots with five soils differing in K and clay contents, in presence or absence of K fertilization. Soil samples were taken at 20 days interval and soybean was harvest at R6. Exchangeable (H_2SO_4 0,05 N) and nonexchangeable K (boiling HNO_3) were estimated in soil sample. Two of the soils were very poor in exchangeable K, and even so there was no response in dry matter due to K fertilization. In spite of some differences in K contents in some of the soybeans parts, generally K absorption was not affected by K fertilization, except in grains. Potassium accumulation in soybean plants were affected by soils, but the response was not closely related to exchangeable K in soil. The main K source to the plants was the HNO_3 extrated K, showing that this form is not at all nonexchangeable. After the period of maximum plant demand there was a sharp increase in extractable K in soil showing a tendency to a natural equilibrium.

Index terms: nonexchangeable K, exchangeable K, K absorption.

INTRODUÇÃO

Os solos do Estado de São Paulo apresentam, originalmente, teores médios ou altos em K trocável (Gargantini et al. 1970). Desta forma, respostas da soja ao K aplicado eram muito raras (Mascarenhas et al. 1982).

Entretanto, experimentos de longa duração

demonstraram que solos intemperizados, em função do baixo teor de K estrutural, mostram uma acentuada queda no teor de K trocável após alguns anos de cultivo (Mielniczuk 1978). De fato, Rosolem et al. (1984) demonstraram que já no segundo ano de cultivo da soja em um Latossolo Vermelho-Escuro de textura média havia resposta ao K aplicado, embora as plantas testemunhas não apresentassem sintomas de deficiência visível.

Posteriormente, Mascarenhas et al. (1988) alertaram para o aumento da freqüência do aparecimento de deficiências graves de K na cultura da soja no Estado de São Paulo, como consequência do esgotamento dos solos.

¹ Aceito para publicação em 4 de março de 1993.

² Eng.-Agr., M.Sc., Dr., Prof.-Titular, Dep. de Agric. e Melhoramento Vegetal. Fac. Ciênc. Agronômicas/UNESP, Caixa Postal 237, CEP 18600, Botucatu, SP. Bolsista do CNPq.

³ Eng.-Agr., FCA/UNESP.

Geralmente é aceito (Sparks 1980) que o K ocorre no solo nas seguintes formas: i) solúvel, extraído com água; ii) trocável, extraído com NH_4OAC , H_2SO_4 , resina; iii) não-trocável, extraído com HNO_3 a quente; iv) mineral, extraído por dissolução seletiva e v) total, extraído por digestão com HF.

De acordo com revisão apresentada por Sparks (1980), a passagem de K trocável para K solução é muito rápida, de maneira que o K trocável é disponível às plantas. O K não-trocável é moderadamente disponível às plantas, uma vez que sua passagem para trocável é lenta.

Em solos do Estado de São Paulo, foi demonstrado (Rosolem & Nakagawa 1985) que a soja absorve o K que estava originalmente na forma não-trocável, liberado durante o ciclo da planta, e Rosolem et al. (1988) concluíram que quando o solo apresentava originalmente menos que 0,15 meq de K trocável/cm³ ocorria liberação de formas não-trocáveis, com aproveitamento do nutriente pela planta. Por outro lado, quando o teor de K trocável era maior que 0,15 meq de K/cm³, além da absorção pela planta, havia indisponibilização do K, que passou para formas menos disponíveis que o não-trocável.

O objetivo do presente trabalho foi o estudo da dinâmica do K trocável do solo durante o desenvolvimento da cultura da soja, procurando melhor entendimento do processo de disponibilidade de K.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação, em vasos com 8 l de terra provenientes dos seguintes solos: Patrulha (Latossolo Vermelho-Amarelo textura média); Venda Seca (Latossolo Roxo álico, textura

média/argilosa); Lageado (Terra Roxa Estruturada distrófica); Boca da Serra (Latossolo Vermelho Escuro textura média) e Túnel (Latossolo Roxo álico, textura argilosa), segundo Carvalho et al. (1983). Algumas características químicas e mineralógicas destes solos encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

A saturação em bases dos solos foi corrigida para 70% com aplicação de calcário dolomítico. No mesmo dia da aplicação da calagem, foi feita uma adubação na dose de 150 kg de P_2O_5 /ha, na forma de superfosfato triplo. Ao mesmo tempo, os vasos que receberam adubação potássica foram fertilizados com 100 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ de K na forma de KCl. Não foi permitida a lixiviação dos vasos.

Os tratamentos constaram de cinco solos com adubação de 100 μg de K/cm³ e sem adubação, constituindo um fatorial 2 x 5, com quatro repetições distribuídas em blocos casualizados.

Após 20 dias de incubação, em que a umidade foi mantida próxima à capacidade de campo, a soja foi semeada. Após a emergência, foram deixadas duas plantas por vaso. Foram tomadas quatro amostras de solo a intervalos de 20 dias, a partir de 20 dias após a emergência das plantas. Nestas amostras foram determinados o K trocável, extraído com H_2SO_4 0,05 N (Raij & Mascarenhas 1976) e o K não-trocável, extraído com HNO_3 a quente (Knudsen et al. 1982).

As plantas de soja foram colhidas no estágio de grãos cheios (R6) segundo Fehr & Caviness (1977), antes de iniciada a queda de folhas. Foi utilizada a cv. IAC-12. Após a colheita as plantas foram separadas em folhas, hastes, vagens e grãos, secadas a peso constante, pesadas e analisadas quanto ao teor de K por digestão via úmida com ácido nítrico e ácido perclórico e determinação em absorção atômica.

TABELA 1. Características químicas dos 5 solos cultivados com soja.

Solo	pH ¹	MO	p ²	H+Al	K	Ca	Mg	V
		% $\mu\text{g}/100 \text{ cm}^3$			meq/100 cm^3			%
Patrulha	4,0	2,1	4	4,5	0,07	0,3	0,2	11
Venda Seca	4,3	2,4	4	4,7	0,07	0,9	0,3	21
Lageado	5,0	2,9	13	3,6	0,21	5,0	1,4	56
Boca da Serra	4,3	1,8	8	3,6	0,14	0,5	0,3	21
Túnel	5,0	3,3	6	3,8	0,12	2,2	0,9	46

¹ pH em CaCl_2

² P pelo método da resina

TABELA 2. Características granulométricas e mineralógicas dos 5 solos cultivados com soja.⁽¹⁾

Solo	Argila	Caulinita	Gibbsita	Alofana
Patrulha	20	63-93	7-10	-
Venda Seca	26	56	26	-
Lageado	35	60-79	13-20	0-12
Boca da Serra	14	73-83	3	14-18
Túnel	49	66	22	-

⁽¹⁾ Segundo Carvalho et al. (1983).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os critérios adotados atualmente em São Paulo, os teores de K trocável originais dos solos Patrulha e Venda Seca seriam classificados como baixos para soja; os de Boca da Serra e Túnel, como médios; e o de Lageado, como alto, correspondendo a probabilidades de resposta alta, média e sem resposta, respectivamente (Raij 1981). Entretanto, não foram observadas respostas significativas da soja à adubação potássica em qualquer dos solos estudados. Houve diferença na produção de matéria seca apenas entre os solos, com as unidades Patrulha e Lageado mostrando-se mais produtivas em que as demais (Tabela 3). Quando se analisa o número de grãos produzidos, a unidade Túnel iguala-se à Patrulha e Lageado.

TABELA 3. Componentes da produção e matéria seca total de soja produzida por planta, em função do solo e da aplicação de potássio.

Solo	Potássio aplicado ug/cm ³	Número de vagens	Número de grãos	Peso de vagens	Peso de grãos	Peso das partes		
						hastes	folhas	total
Patrulha		58,4 a	12,5 a	8,4 a	10,7 a	5,9 a	6,1 ab	30,4 a
Venda Seca		38,9 b	8,5 b	5,6 b	6,4 b	4,1 b	4,9 c	21,0 b
Lageado		57,4 a	11,0 a	8,0 a	11,0 a	6,1 a	6,8 a	32,2 a
Boca da Serra		40,4 b	8,8 b	5,5 b	6,2 b	4,3 b	5,0 bc	21,1 b
Túnel		46,8 b	10,4 ab	6,3 b	7,8 b	4,0 b	5,1 bc	23,1 b
Teste F ⁽¹⁾		**	**	**	**	**	**	**
	0	49,4	10,4	6,4	8,4	5,0	5,6	25,4
	100	47,4	10,0	7,1	8,5	4,8	5,5	25,7
Teste F ⁽¹⁾		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)		15,8	18,5	14,8	17,0	18,9	16,0	13,3

⁽¹⁾ ** significativo a 1%
ns não-significativo

Nota-se, ainda, na Tabela 3, que o peso de grãos foi pouco superior ao peso das vagens. Este fato explica-se em função da época de colheita, R6, em que a maturação fisiológica não havia sido atingida, e portanto a matéria seca contida nos grãos ainda aumentaria até o final do ciclo da planta, embora a absorção de K do solo seja pequena neste período (Rosolem 1982).

Tanto o número de grãos como o de vagens por planta foram compatíveis com resultados obtidos em campo, e suficientes para boa produtividade (Rosolem et al. 1983, Nakagawa et al. 1987).

Embora fosse esperada resposta em pelo menos dois dos solos, isto não foi observado. Raij & Mascarenhas (1976) sugeriram 0,04 meq/100 cm³ como limite de teores muito baixos para soja, e Mascarenhas et al. (1981) sugeriram que o teor crítico abaixo do qual haveria resposta da soja ao K seria de 0,08 meq/cm³. Os resultados obtidos neste trabalho, em primeiro cultivo, parecem confirmar estes limites. Entretanto, com o uso contínuo dos solos, o limite será provavelmente maior (Rosolem et al. 1984).

Absorção de Potássio

Os teores de K nas vagens não foram afetados pelos tratamentos, mas os teores contidos nos ou-

tros órgãos o foram, observando-se interações significativas (Tabela 4).

Os solos Venda Seca e Lageado proporcionaram maiores teores de K nas folhas e caule da soja. Estes resultados não encontram sustentação nos teores originais de K do solo, uma vez que na unidade Venda Seca o teor de K é menor (Tabela 1). Por outro lado, na unidade Patrulha não houve resposta ao K aplicado, mas nas outras unidades houve aumento do teor K em pelo menos uma das

partes das plantas em função da aplicação do adubo (Tabela 4), o que também é difícil de explicar à luz dos resultados obtidos originalmente no solo (Tabela 1).

É interessante notar que a aplicação de K fez com que fosse diminuída a concentração de K nas folhas das plantas cultivadas nas unidades Lageado, Boca da Serra e Túnel (Tabela 4), solos originalmente com os maiores teores de nutriente. Este efeito não tem explicação aparente, mas não

TABELA 4. Conteúdo de potássio nas partes das plantas de soja em função do solo e da aplicação de potássio.

Solo	Potássio Aplicado ug/cm ³	Grãos	Vagens	Folhas	Hastes
		%			
Patrulha ⁽¹⁾	0	0,89 a	1,36	0,91 a	0,57 a
	100	1,22 a	1,26	1,23 a	0,86 a
Venda Seca	0	0,87 b	1,62	1,25 b	1,23 a
	100	1,65 a	1,46	1,97 a	1,07 a
Lageado	0	1,12 a	1,67	2,24 a	1,19 b
	100	1,23 a	1,44	1,87 b	2,81 a
Boca da Serra	0	1,31 b	1,88	1,84 a	1,22 a
	100	1,98 a	1,54	1,30 b	1,14 a
Túnel	0	1,34 a	1,42	2,25 a	1,62 a
	100	1,39 a	1,48	1,46 b	1,71 a
Teste F ⁽²⁾ interação		*	ns	**	*
Patrulha ⁽³⁾		1,05	1,31	1,07 c	0,71 c
Venda Seca		1,26	1,54	1,61 b	1,15 b
Lageado		1,17	1,56	2,05 a	2,00 a
Boca da Serra		1,65	1,71	1,57 b	1,18 b
Túnel		1,36	1,45	1,85 ab	1,66 ab
Teste F solos		ns	ns	**	**
	0 ⁽⁴⁾	1,11	1,59	1,70	1,17 b
	100	1,49	1,43	1,56	1,51 a
Teste F potássio		ns	ns	ns	*
CV (%)		30,9	19,2	14,7	36,7

(1) letras diferentes indicam diferença significativa (Tukey, 5%) entre doses de K dentro de solos.

(2) * significativo a 5%

** significativo a 1%

ns não-significativo

(3) e (4) letras diferentes indicam diferença significativa entre solos e doses de K, respectivamente (Tukey, 5%).

interferiu na produção de matéria seca da planta. Considerando que foram analisadas todas as folhas das plantas, é possível inferir que não houve deficiência de K (Rosolem et al. 1984, Bell et al. 1987).

Com relação à absorção de K pela planta, houve uma tendência de maior absorção total com a aplicação do adubo potássico, entretanto, sem significância estatística. Apenas nos grãos a diferença foi significativa (Tabela 5). O solo Lageado propiciou maior absorção de K pela planta que os demais, o que seria esperado em função dos resultados iniciais da análise de terra (Tabela 1). Foi ainda observada interação significativa solo x adubação potássica na acumulação de K pelas folhas (Tabela 5), onde houve resposta significativa da adubação potássica nas unidades Patrulha e Venda Seca, as mais pobres em K trocável. Assim, as plantas cultivadas nestes vasos, na ausência de K, talvez tivessem menos condições de translocação para os grãos, o que poderia levar a menor produção final. Entretanto, esta hipótese não é sustentada pelos valores obtidos para matéria seca de folhas, onde a interação não foi significativa. Além disso, a maior parte do K já teria sido translocada para os grãos nesta época (Bell et al. 1987).

Estes resultados levam à inferência de que houve absorção de K pela soja em quantidades maiores que as efetivamente necessárias para obtenção de boa produtividade, uma vez que a principal resposta em acúmulo de K foi observada nos grãos (Tabela 5). Tem-se como conseqüência a exportação excessiva de K, acima de níveis normais, o que acaba levando ao esgotamento mais rápido das reservas do solo, ou do fertilizante aplicado.

Potássio no solo

As amostras tomadas aos 20 dias, quando a interferência da planta ainda era pequena, mostraram que os solos, de maneira geral, tinham de 3 a 6 vezes mais K não-trocável que K trocável, o que é compatível com dados da literatura (Sparks 1980, Nachtigall & Vahl 1989). De maneira geral, a aplicação de adubo potássico fez com que fossem aumentados os teores de K trocável e K

não-trocável nos solos, e na maioria dos casos as diferenças permaneceram até a última amostragem (Fig. 1 a 5).

Dos 20 aos 60 dias, com pico aos 40 dias, o teor de K não-trocável do solo foi diminuído, coincidindo com a época de maior demanda pela soja (Roselem 1982). Nesta mesma época, o K trocável do solo sofreu influência muito menor, não-significativa na maioria dos casos. Estes resultados vêm demonstrar que a passagem de K não-trocável para trocável pode ser bem mais rápida nestes solos do que sugerido para solos com outros tipos de argila (Quémener 1979). A passagem do K trocável para a solução é rápida, principalmente em solos onde predomina a caulinita, como no presente caso (Malcom & Kennedy 1969, Selim et al. 1976), o que manteria a atividade de K na solução à medida que a planta absorve o nutriente. Nesta situação seria esperada uma queda no teor de K trocável, que estaria substituindo o K solução (Quémener 1979, Rosolem et al. 1984, Rosolem & Nakagawa 1985), o que não aconteceu. É importante lembrar que nestes trabalhos normalmente se levou o solo à exaustão, e no presente estudo os solos não haviam sido recentemente cultivados.

Desta forma, a liberação do K não-trocável foi suficientemente rápida, no presente caso, para manter, ou permitir apenas um leve declínio no teor de K trocável. Portanto, o H_2SO_4 0,05N não havia extraído todo o K trocável, ou parte do K não trocável foi realmente liberado. Conceitualmente estes solos não deveriam ter este comportamento, em função do tipo de argila que apresentam. Entretanto, pode haver considerável contribuição das frações limo e argila para o K liberado no solo (Munn & Mclean 1975, Sadusky et al. 1987).

Os resultados obtidos no presente trabalho levam dúvidas com respeito ao conceito de K não-trocável do solo como sendo o extraído com HNO_3 a quente (Sparks 1980, Knudsen et al. 1982). Assim, parece mais adequado o conceito de Hayloc (1956), citado por Quémener (1979), em que o K de reserva estaria dividido em dois tipos, de acordo com a sua liberação: Ke (mais facilmente liberado) e "taxa constante" (de liberação mais difícil).

O presente trabalho mostra, ainda, por que existem discrepâncias com relação aos teores crí-

TABELA 5. Absorção de potássio pela soja em função de solos e de adubação potássica.

Solo	Potássio aplicado	Grãos	Vagens	Folhas	Hastes	Total
	ug/cm ³					
Patrulha ⁽¹⁾	0	93	111	74 b	31	309
	100	133	110	106 a	51	400
Venda Seca	0	49	91	70 b	51	261
	100	112	83	113 a	42	350
Lageado	0	119	126	170 a	76	492
	100	147	121	155 a	164	588
Boca da Serra	0	91	98	95 a	53	337
	100	112	90	76 a	48	328
Túnel	0	100	83	129 a	63	374
	100	114	99	98 a	75	386
Teste F ⁽²⁾ interação		ns	ns	*	ns	ns
Patrulha ⁽³⁾		113	111	90 b	41 b	355 b
Venda Seca		81	87	91 b	46 b	305 b
Lageado		133	124	163 a	120 a	540 a
Boca da Serra		101	94	86 b	51 b	332 b
Túnel		107	91	113 b	69 b	380 b
Teste F solos		ns	ns	**	**	**
	0 ⁽⁴⁾	90 b	102	108	55	355
	100	124 a	101	110	76	410
Teste F potássio		*	ns	ns	ns	ns
CV (%)		42,8	27,4	22,8	53,4	24,2

(1) letras diferentes indicam diferença significativa (Tukey, 5%) entre doses de K dentro de solos.

(2) ns não significativo

* significativo a 5%

** significativo a 1%

(3) e (4) letras diferentes indicam diferença significativa entre solos e doses de K, respectivamente (Tukey, 5%).

tigos de K trocável no solo para soja (Raij & Mascarenhas 1976, Raij 1981), e a falta de resposta desta planta à adubação potássica (Mascarenhas et al. 1982), principalmente em solos não esgotados, com reserva significativa de K considerando com não-trocável.

Dos 40 dias em diante, os teores de K trocável mostraram um leve declínio, ao passo que os teores de K não-trocável passaram a aumentar em taxas consideráveis, em todos os solos (Fig. 1 a 5).

Nessa época, a planta deveria estar apresen-

tando taxas decrescentes de absorção (Rosolem 1982), mas ainda absorvendo K do solo. A queda nos teores de K trocável não é suficiente para explicar os aumentos nos teores de K não-trocável observados. Assim, formas menos disponíveis, não extraídas pelo HNO₃, estariam substituindo o K absorvido pela soja, mostrando que o solo estaria tendendo a um equilíbrio natural, independentemente da adubação recebida.

De maneira geral, os teores de K não-trocável foram mais influenciados pela adubação nas unidades Venda Seca e Lageado, mas os parâmetros

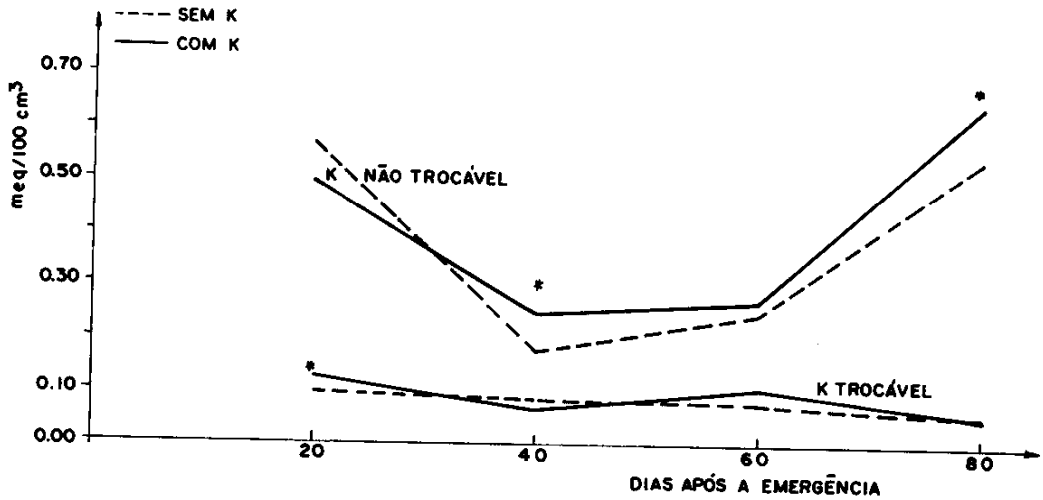


FIG. 1. Teores de potássio trocável e não-trocável no solo Patrulha, em função da adubação potássica e do cultivo de soja. * diferença significativa (teste F, 5%) entre tratamentos com e sem K, em cada amostragem.

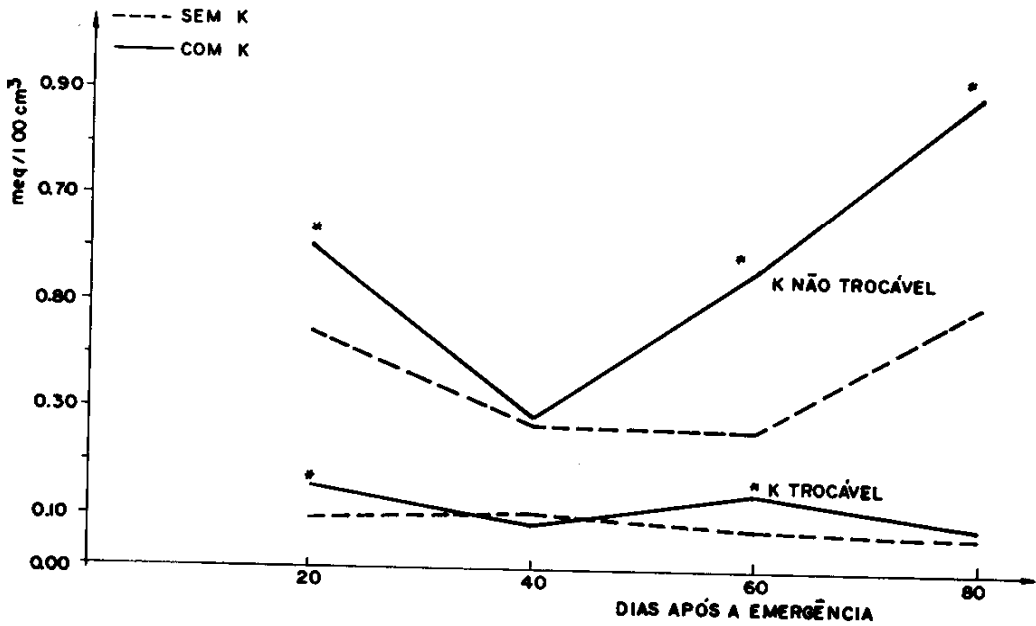


FIG. 2. Teores de potássio trocável e não-trocável no solo Venda Seca, em função da adubação potássica e do cultivo da soja. * diferença significativa (teste F, 5%) entre tratamentos com e sem K, em cada amostragem.

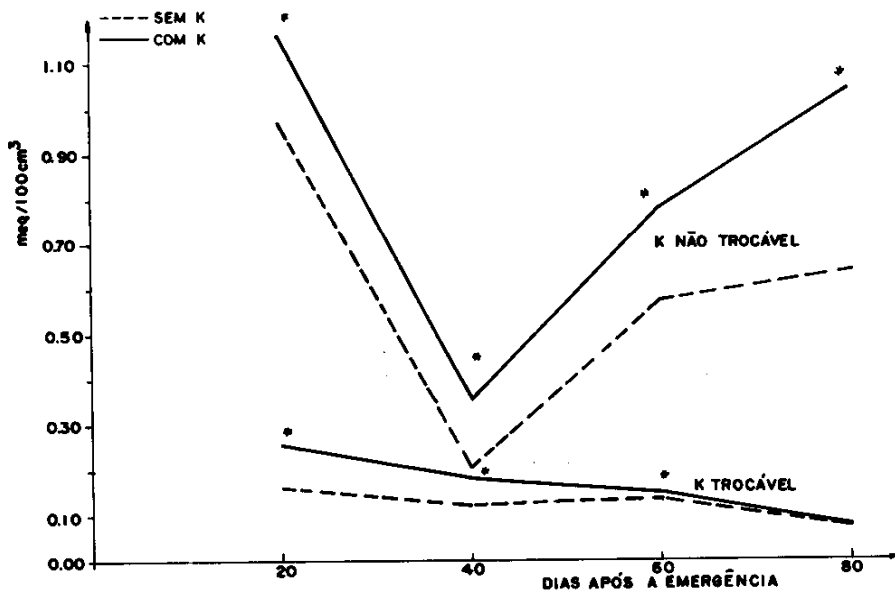


FIG. 3. Teores de potássio trocável e não-trocável no solo Lageado, em função da adubação potássica e do cultivo da soja. * diferença significativa (teste F, 5%) entre tratamentos com e sem K, em cada amostragem.

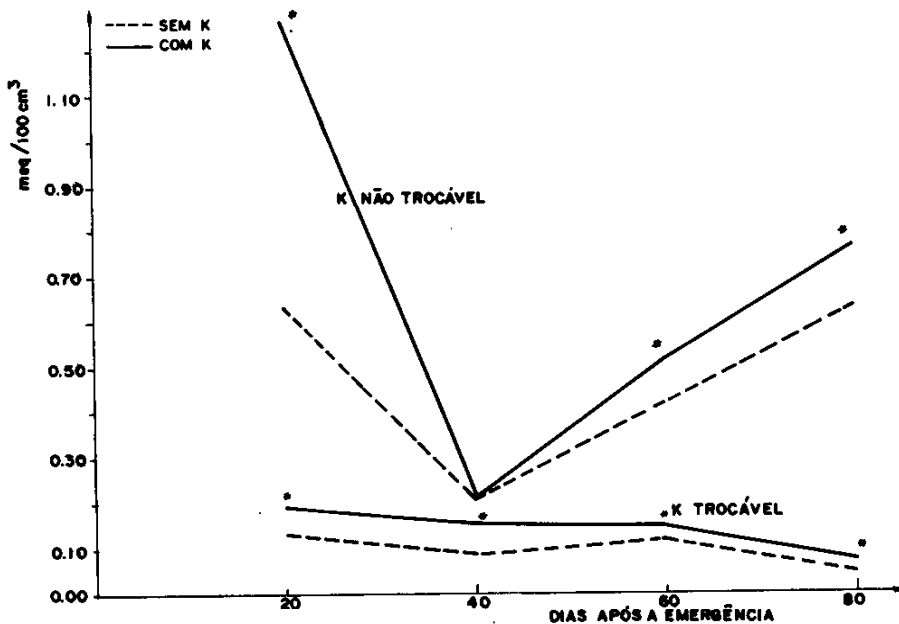


FIG. 4. Teores de potássio trocável e não-trocável no solo Boca da Serra, em função da adubação potássica e do cultivo da soja. * diferença significativa (teste F, 5%) entre tratamentos com e sem K, em cada amostragem.

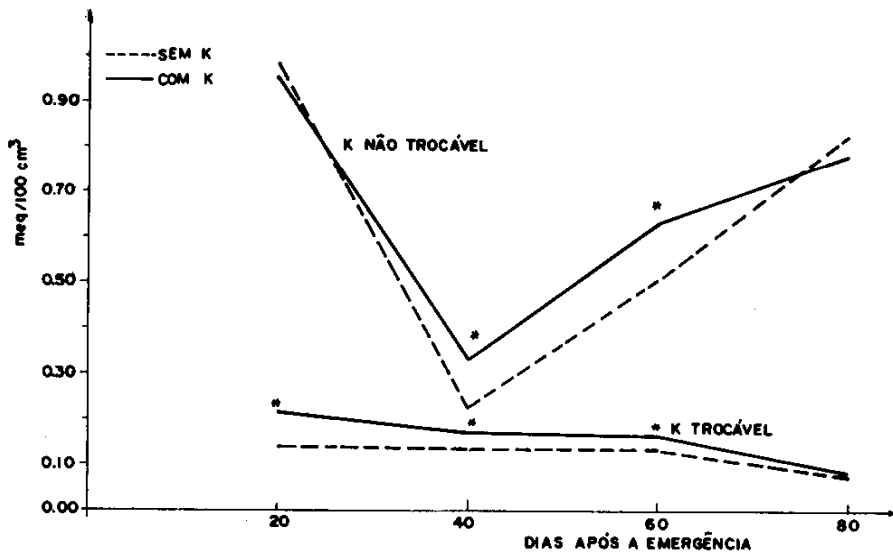


FIG. 5. Teores de potássio trocável e não-trocável no solo Túnel, em função da adubação potássica e do cultivo da soja. * diferença significativa (teste F, 5%) entre tratamentos com e sem K, em cada amostragem.

analisados não permitem o estabelecimento de uma relação de causa e efeito.

Ainda com relação à dinâmica do K no solo, o K-solução e o poder tampão de K têm recebido bastante atenção na literatura (Mielniczuk 1978, Bull 1983), mas a dinâmica das formas chamadas não-trocáveis parece ser muito mais importante, nestes solos, para a nutrição da soja, que os parâmetros mencionados acima.

CONCLUSÕES

1. Mesmo em solos com teores iniciais de 0,07 meq de K/cm³ não houve resposta de matéria seca da soja à adubação potássica. A principal fonte de K do solo para a soja foi o K extraído com HNO₃N a quente.

2. Após o período de máxima exigência da planta, o solo tendeu a um equilíbrio natural entre as formas de K.

REFERÊNCIAS

- BELL, R.W.; BRADY, D.; PLASKETT, D.; LONERGAN, J.F. Diagnosis of potassium deficiency in soybean. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.10, p.1947-1953, 1987.
- BULL, L.T. Formas de potássio e suas relações com parâmetros vegetais em alguns solos da região de Botucatu. Piracicaba: ESALQ/USP, 1983. 150p. Tese de Doutorado.
- CARVALHO, W.A.; ESPINDOLA, C.R.; PACCOLA, A.A. Levantamento de solos da Fazenda Lageado. Botucatu: FCA/UNESP, 1983. 95p. (Boletim Científico, 1.)
- FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. Stages of soybean development. Ames: Univ. de Iowa, 1977. (Iowa Agric. Exp. Sta. Bull., 80).
- GARGANTINI, H.; COGIHO, F.P.S.; VERLENGIA, F.; SOARES, E. Levantamento de fertilidade dos solos no Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo, 1970. 32p.

- KNUDSEN, D.; PETERSON, G.A.; PRATT, P.F. Lithium, Sodium and Potassium. In: PAGE, A.L.; MILLER, C.H.; KEENEY, D.R. **Methods of soil analysis**. Part 2. Chemical and Microbiological Properties 2nd ed. Madison: ASA/SSSA, 1982. p.225-246.
- MALCOM, R.L.; KENNEDY, V.C. Rate of cation exchange on clay minerals as determined by specific-ion electrode techniques. **Soil Science Society of American, Proceedings**, Madison, v.33, p.247-253, 1969.
- MASCARENHAS, H.A.A.; BRAGA, N.R.; MIRANDA, M.A.C.; TISSELI FILHO, O.; MIYASAKA, S. Calagem e Adubação. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **A soja no Brasil Central**. 2a. ed. Campinas, 1982. p.137-211.
- MASCARENHAS, H.A.A.; BULISANI, E.A.; MIRANDA, M.A.C.; BRAGA, N.R.; PEREIRA, J.C.V.N.A. Deficiência de potássio em soja no Estado de São Paulo: melhor entendimento do problema e possíveis soluções. **O Agrônomo**, Campinas, v.40, p.34-43, 1988.
- MASCARENHAS, H.A.A.; VALADARES, J.M.A.S.; ROTTA, C.L.; BULISANI, E.A. Adubação potássica na produção de soja, nos teores de potássio nas folhas e na disponibilidade de potássio em Latossolo Roxo Distrófico de Cerrado. **Bragantia**, Campinas, v.40, p.125-34, 1981.
- MIELNICZUK, J. **O potássio no solo**. Piracicaba: Inst. Potassa e Fosfato/Inst. Int. Potassa, 1978. 80p.
- MUNN, D.A.; McLEAN, E.O. Soil potassium relationships as indicated by solution equilibration and plant uptake. **Soil Science Society of America, Proceedings**, Madison, v.39, p.1072-1076, 1975.
- NACHTIGALL, G.R.; VAHL, L.C. Formas de potássio em solos da região sul do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, p.7-12, 1989.
- NAKAGAWA, J.; MACHADO, J.R.; ROSOLEM, C.A. Efeito da densidade de plantas no comportamento de cultivares de soja. **Científica**, São Paulo, v.15, p.23-36, 1987.
- QUÉMENER, J. **The measurement of soil potassium**. Bern: Int. Potash Inst., 1979. 48p.
- RAIJ, B. van. **Avaliação de fertilidade do solo**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato/Inst. Int. Potassa, 1981. 142p.
- RAIJ, B. van; MASCARENHAS, H.A.A. Calibração de potássio e fósforo em solos para soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15, 1976, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBCS, 1976. p.309-315.
- ROSOLEM, C.A. **Nutrição mineral e adubação da soja**. Piracicaba: Instituto Potassa & Fosfato/Inst. Int. Potassa, 1982. 80p.
- ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R.; RIBEIRO, D.B.O. Formas de potássio no solo, nutrição potássica da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.12, p.121-125, 1988.
- ROSOLEM, C.A.; NAKAGAWA, J. Potassium uptake by soybean as affected by exchangeable potassium in soil. **Communications Soil Science Plant Analysis**, New York, v.16, p.707-726, 1985.
- ROSOLEM, C.A.; NAKAGAWA, J.; MACHADO, J.R. Adubação potássica da soja em Latossolo Vermelho-Escuro fase arenosa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.11, p.1319-1326, 1984.
- ROSOLEM, C.A.; SILVERIO, J.C.O.; NAKAGAWA, J. Densidade de plantas na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, p.977-984, 1983.
- SADUSKY, M.C.; SPARKS, D.L.; NOLL, M.R.; HENDRICKS, G.J. Kinetics and mechanisms of potassium release from sandy Middle Atlantic and Coastal Plain Soils. **Soil Science Society of America Journal**, New York, v.51, p.1460-1465, 1987.
- SELIM, H.M.; MANSELL, R.S.; ZELAZNY, L.W. Modeling reactions and transport of potassium in soil. **Soil Science**, Baltimore, v.122, p.77-78, 1976.
- SPARKS, D.L. Chemistry of soil potassium in Atlantic Coastal Plain Soils: A Review. **Communications Soil Science Plant Analysis**, New York, v.11, p.435-449, 1980.