

# PRODUTIVIDADE E ACÚMULO DE POTÁSSIO NA SOJA EM FUNÇÃO DA ANTECIPAÇÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA NO SISTEMA PLANTIO DIRETO<sup>(1)</sup>

José Salvador Simoneti Foloni<sup>(2)</sup> & Ciro Antonio Rosolem<sup>(3)</sup>

## RESUMO

A aplicação antecipada de fertilizante potássico no cultivo de espécies de cobertura no sistema plantio direto (SPD) pode ser vantajosa para a lavoura comercial. O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade de grãos e a acumulação de K na soja em função da aplicação antecipada de fertilizante potássico na instalação do milheto em relação com o K aplicado na semeadura da soja subsequente no SPD. O experimento foi realizado na FCA-Unesp em Botucatu-SP, nas safras 2000/2001, 2001/2002 e 2002/2003. Utilizou-se um Latossolo Vermelho distroférrico de textura média, que estava sendo cultivado com soja e aveia-preta no SPD, por dois anos antes da instalação do experimento. O milheto (*Pennisetum glaucum*) foi semeado em setembro sobre a palhada de aveia-preta (*Avena strigosa*), e a soja (*Glycine max*) na primeira quinzena de dezembro, nos três anos agrícolas. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso no esquema fatorial 4 x 4, com quatro repetições, com 0, 30, 60 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no milheto, combinados com 0, 30, 60 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na soja. Coletaram-se plantas de soja aos 25, 50, 75 e 100 dias após a emergência, e os grãos no final do ciclo, para a determinação do acúmulo de K e da produtividade. A antecipação de 60 a 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na semeadura do milheto não comprometeu o acúmulo de K na lavoura de soja. As máximas produtividades de soja foram alcançadas no primeiro e segundo ano com doses de 85 a 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, que poderiam ser antecipadas totalmente na semeadura da gramínea de cobertura. A aplicação antecipada de KCl na semeadura do milheto minimizou a exportação de K pela colheita de grãos de soja.

**Termos de indexação:** *Glycine max* L. (Merrill), adubação antecipada, cloreto de potássio, plantas de cobertura.

---

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em fevereiro de 2007 e aprovado em maio de 2008.

<sup>(2)</sup> Professor, Doutor em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE. Campus II, Rodovia Raposo Tavares, km 572. CEP 19067-175 Presidente Prudente (SP). E-mail: sfoloni@unoeste.br

<sup>(3)</sup> Professor Titular do Departamento de Produção Vegetal, FCA/UNESP. Caixa Postal 237, CEP 18603-970 Botucatu (SP). E-mail: rosolem@fca.unesp.br

**SUMMARY: YIELD AND POTASSIUM ACCUMULATION IN SOYBEAN DUE TO EARLY POTASSIUM APPLICATION IN NO-TILLAGE SYSTEM**

*An earlier application of potassium fertilizer, in the cultivation of cover crop species preceding the main summer crop in no-tillage system can be an advantageous in commercial farming. The objective of this study was to evaluate grain yield and K accumulation in soybean due to an earlier application of potassium fertilizer to a pear millet cover crop, and compared to K applied at sowing of the subsequent soybean under no-tillage. The experiment was conducted at the Faculdade de Ciências Agronômicas - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, state of São Paulo, in the 2000/2001, 2001/2002 and 2002/2003 growing seasons, on a Dystroferric Red Latosol (sandy loam Oxisol), cultivated with soybean (summer) in rotation with black oats (winter) under no-till for two years prior to the experiment. Pear millet (*Pennisetum glaucum*) was sown in September over the residues of black oat (*Avena strigosa*), and soybean (*Glycine max*) was planted in the first weeks of December, in the three growing seasons. The treatments consisted of 0, 30, 60, and 90 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O doses applied to pear millet, in combination with 0, 30, 60, and 90 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O applied to soybean. The experiment was in random blocks, using a 4 x 4 factorial design with four replications. Soybean plants were harvested 25, 50, 75, and 100 days after emergence, and the grains harvested at the end of the experiment in order to determine K accumulation and yield. The early application of 60 to 90 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O at pear millet sowing did not affect K accumulation in soybean plants. Soybean yields were higher with applications of 80 to 90 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O, which can be totally applied at pear millet sowing. The anticipation of the application of KCl at pear millet sowing reduced K export in soybean grains.*

*Index terms: Glycine max L. (Merrill), early fertilization, potassium chloride, cover crop.*

## INTRODUÇÃO

A grande maioria das áreas exploradas com soja no território brasileiro encontra-se em regiões tropicais (CONAB, 2006), em que predominam formações de solos de elevado grau de intemperismo, com forte destaque para os programas de adubação potássica (Borkert et al., 2005).

De acordo com Mielniczuk (2005), a maior parte das pesquisas de fertilidade do solo no Brasil foi desenvolvida com preparo convencional do solo (aração e gradagem), sendo necessário rever muitos conceitos em virtude da rápida evolução dos manejos conservacionistas, com ênfase para o sistema plantio direto (SPD). Segundo Sá (2004), cerca de 20 milhões de hectares foram cultivados no SPD, no território brasileiro, na safra 2003/2004, representando aproximadamente 50 % das áreas ocupadas com lavouras produtoras de grãos no País.

No meio agrônomo são comuns os trabalhos sobre modos de aplicação de fertilizantes, visando principalmente reduzir perdas e aumentar a eficiência de uso nas lavouras. No caso da adubação potássica, o cloreto de potássio (KCl) é a principal fonte de K utilizada nas culturas produtoras de grãos no Brasil (Lopes, 2005). Este sal é altamente solúvel em água, e o íon K<sup>+</sup> apresenta baixa força de adsorção aos colóides do solo (Rajj, 1991), o que faz com que o parcelamento de doses de K<sub>2</sub>O acima de 60 a 80 kg ha<sup>-1</sup> seja

frequentemente recomendado, objetivando reduzir as perdas de K<sup>+</sup> por lixiviação e o efeito salino dos adubos sobre as sementes na instalação das culturas, com maior precaução com cultivos em solos arenosos (Alvarez V., 1999; Rajj et al., 1997).

De acordo com Marschner (1995), o K é o segundo nutriente mineral requerido pelas plantas em termos de quantidade, e não possui função estrutural no metabolismo vegetal, permanecendo quase totalmente na forma iônica nos tecidos. Como o K, nos restos vegetais, não fica incorporado às cadeias carbônicas da matéria orgânica do solo, após a colheita ou senescência das plantas ele volta rapidamente ao solo em forma prontamente disponível para as culturas (Rajj et al., 1997), fazendo da palhada um reservatório expressivo de K no curto prazo no SPD (Rosolem et al., 2003). Portanto, especula-se sobre a possibilidade de se fazer a antecipação da adubação potássica da lavoura comercial no cultivo de espécies de cobertura manejadas no SPD.

O acúmulo de K nas plantas de soja foi descrito por Bataglia & Mascarenhas (1977), que verificaram que as maiores taxas de absorção deste nutriente ocorreram na fase vegetativa da cultura, com extrações da ordem de 1,20 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de K. Para cada 1000 kg de grãos produzidos, estimou-se uma exigência de cerca de 28 kg de K<sub>2</sub>O, sendo 60 % destes exportados via colheita. Na revisão de Rosolem (1997), argumenta-se que o manejo adequado da adubação

potássica, no que diz respeito às quantidades de adubo a serem aplicadas, pode reduzir perdas, o que é importante do ponto de vista econômico e ambiental. Porém, se a aplicação de K for subestimada, pode haver esgotamento das reservas de K no solo. Segundo Novais (1999), os teores de K disponíveis tendem a declinar rapidamente com as sucessivas colheitas, principalmente em solos de textura média à arenosa, com alta produtividade de grãos. A colheita de soja, por exemplo, retira do sistema de produção aproximadamente 20 kg de  $K_2O$  para cada tonelada de grãos produzida (Embrapa, 2002).

Objetivou-se, com este trabalho, avaliar a produtividade de grãos e o acúmulo de K nas plantas de soja submetidas a doses de adubo potássico aplicadas antecipadamente na instalação do milho cultivado na primavera, combinadas com doses de  $K_2O$  aplicadas na semeadura da soja subsequente conduzida sobre a palhada de milho, em área manejada no SPD por três anos consecutivos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Lageado, na Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, em Botucatu-SP, nos anos agrícolas de 2000/2001, 2001/2002 e 2002/2003. A localização geográfica da área experimental é: latitude de 22° 51' 48" S, longitude 48° 26' 35" W e altitude de 786 m. Na figura 1 são apresentados alguns dados climáticos ocorridos durante os três anos de condução do experimento. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférrico de textura média (Carvalho et al., 1983; Embrapa, 1999). A área vinha sendo cultivada com soja no verão e aveia-preta no inverno, no SPD, por dois anos agrícolas antes da instalação do experimento. Para caracterizar o perfil do solo, foram coletadas 20 amostras em toda a área experimental, nas entrelinhas da cultura de inverno em agosto de 2000, em locais representativos escolhidos aleatoriamente, para definição da granulometria, da densidade do solo pelo método do anel volumétrico (Embrapa, 1997a) e atributos químicos (Raij et al., 1983). Os resultados são apresentados no quadro 1.

Cada parcela experimental foi demarcada com 6 m de largura e 8 m de comprimento, no delineamento experimental em blocos completos ao acaso, no esquema fatorial 4 x 4, com quatro repetições. Os tratamentos foram os seguintes: 0, 30, 60 e 90 kg  $ha^{-1}$  de  $K_2O$  aplicados na semeadura do milho cultivado na primavera, combinados com as doses de 0, 30, 60 e 90 kg  $ha^{-1}$  de  $K_2O$  aplicadas na semeadura da soja cultivada subsequentemente sobre a palhada do milho no SPD.

No primeiro ano de condução do experimento, no dia 12/9/2000, foram aplicadas as doses de KCl junto à semeadura do milho (*Pennisetum glaucum* L., cultivar BN-2), instalado sobre a palhada de aveia-

preta (*Avena strigosa* L., cultivar comum). A fitomassa seca deixada sobre o solo por ocasião da semeadura do milho foi de 3.961 ( $\pm$  346) kg  $ha^{-1}$ , determinada a partir de oito amostras coletadas em locais representativos escolhidos aleatoriamente com gabaritos de 0,75 x 0,40 m, e submetidas a 60 °C em estufa de aeração forçada até atingir massa constante. Utilizou-se o KCl granulado comercial, cujas doses foram misturadas previamente em porções de 500 g de areia grossa lavada, peneirada e seca em estufa. A adubação potássica foi feita manualmente a lanço em área total. O milho e a aveia-preta foram cultivados nos três anos agrícolas, de acordo com as recomendações técnicas de Salton & Kichel (1997) e de Derpsch & Calegari (1992), respectivamente.

Na semeadura do milho, utilizou-se uma máquina desenvolvida para o SPD, modelo TD-300/Semeato, com 0,20 m entre linhas, mais aplicação de 20 kg  $ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  (superfosfato simples granulado) e 16 kg  $ha^{-1}$  de N (nitrocálcio). Aos 20 dias após a emergência das plântulas (20 DAE), fizeram-se medições em dez locais representativos distribuídos aleatoriamente, para a determinação da densidade populacional final do milho, que foi de 96 ( $\pm$  16) plantas  $m^{-2}$ . No dia 30/11/2000, fez-se a dessecação química do milho que foi mantido em pé após a senescência das plantas, com o herbicida Glyphosate na dose de 2,88 kg  $ha^{-1}$  de ingrediente ativo, e produção de fitomassa seca da ordem de 4.325 ( $\pm$  546) kg  $ha^{-1}$ . Antes da semeadura da soja, fez-se uma calagem superficial com 1.000 kg  $ha^{-1}$  de calcário dolomítico (39 % de CaO, 13 % de MgO e PRNT de 91 %), com distribuição motomecanizada em filetes espaçados a 0,15 m.

No dia 9/12/2000, fez-se a semeadura da soja (*Glycine max* L. Merrill, cultivar IAC-17) no primeiro ano de condução do experimento, com máquina desenvolvida para o SPD modelo PST-2/Marchesan, com 0,45 m entre linhas e aplicação de 60 kg  $ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  na forma de superfosfato simples granulado. A adubação fosfatada da soja foi baseada em recomendações de Ambrosano et al. (1996). A adubação potássica foi feita no dia da semeadura da soja de acordo com os tratamentos experimentais, também utilizando o KCl granulado comercial misturado em areia grossa, com as doses aplicadas manualmente a lanço, em área total.

As sementes de soja foram tratadas com fungicidas, com Mo e Co, e inoculante, imediatamente antes da semeadura, na seguinte ordem: 60 g (100 kg) $^{-1}$  de Carboxin nas sementes e 60 g (100 kg) $^{-1}$  de sementes de Thiram; 50 g (100 kg) $^{-1}$  de Mo nas sementes e 5 g (100 kg) $^{-1}$  de Co nas sementes; 125 mL (50 kg) $^{-1}$  do inoculante Biomax da empresa BioSoja nas sementes. A lavoura de soja foi conduzida durante os três anos agrícolas de acordo com instruções da Embrapa (1997b) e Compêndio dos Defensivos Agrícolas (1999).

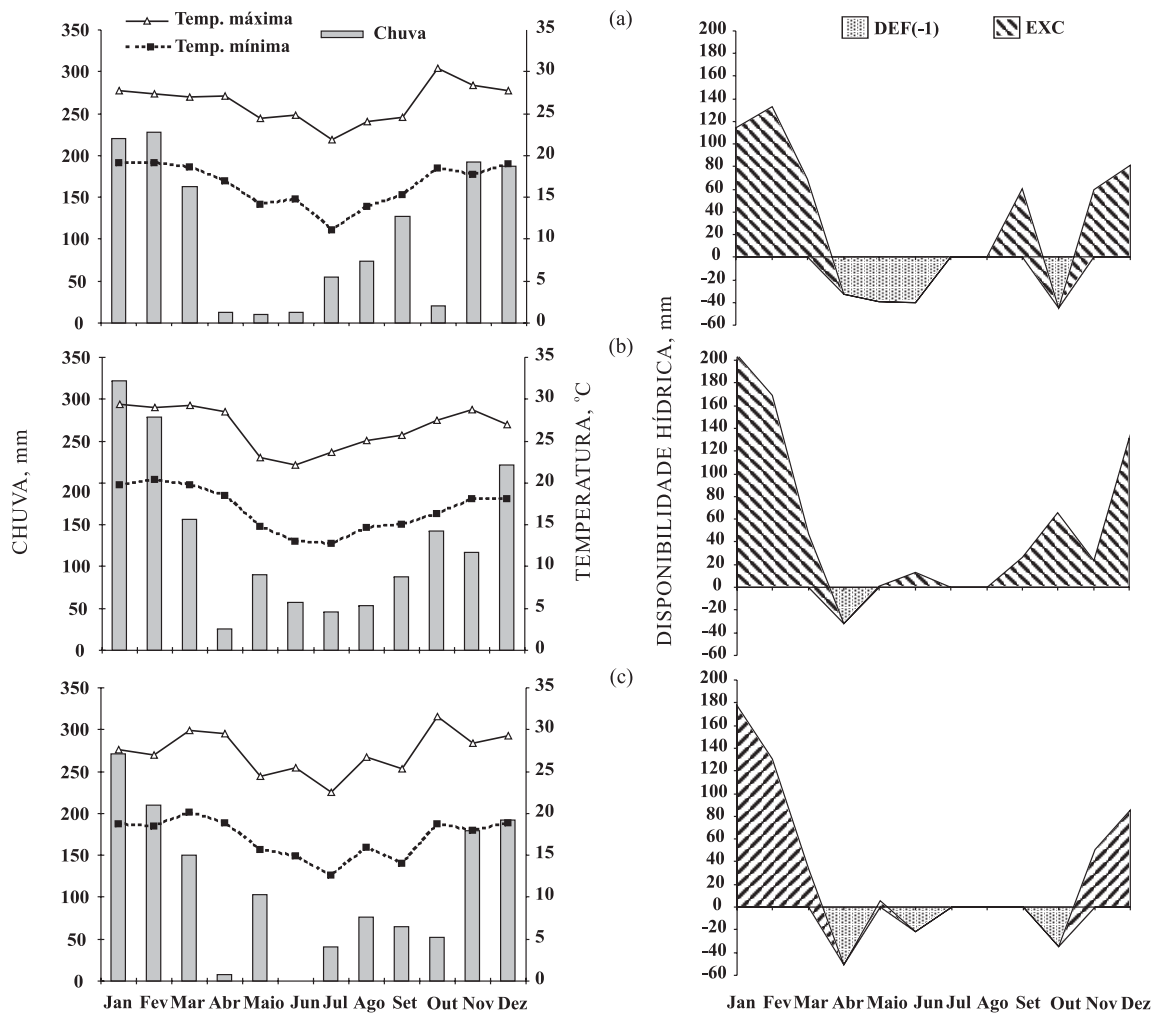


Figura 1. Precipitação pluvial, temperaturas máximas e mínimas mensais, e disponibilidade hídrica<sup>(1)</sup> no primeiro (a), no segundo (b) e no terceiro (c) ano de condução do experimento. <sup>(1)</sup> Balanço hídrico mensal calculado segundo metodologia de Thornthwaite & Mather (1955).

Quadro 1. Atributos químicos, granulometria e densidade do solo, antes da instalação do experimento e após o segundo ano de condução do trabalho, em amostras coletadas nas parcelas que não receberam adubação potássica

Profundidade	pH CaCl <sub>2</sub>	MO	P <sub>resina</sub>	H + Al	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	CTC	V	Argila	Silte	Areia	Densidade do solo
cm		g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						%	g kg <sup>-1</sup>			kg dm
0–5	5,2	21,0	18,4	27,3	2,7	21,0	13,0	36,7	64	57,3	210	20	770	1,39
5–10	5,2	18,1	16,2	28,2	0,7	17,0	11,0	28,7	56,9	50,4	220	10	770	1,49
10–20	4,6	18,9	5,3	34,1	0,6	8,0	5,8	14,4	48,5	29,7	220	10	770	1,45
20–40	4,0	18,2	2,9	44,8	0,7	5,0	2,6	8,3	53,1	15,6	250	20	730	1,52
40–60	3,8	15,3	1,9	66,0	0,3	3,0	1,2	4,5	70,5	6,4	310	20	670	-
60–100	3,8	14,3	1,7	67,4	0,2	2,0	0,6	2,8	70,2	4,0	300	20	680	-
Segundo ano														
0–5	6,2	22	24,2	18	3,7	38	12	71,7	89,7	79,9				
5–10	5,4	21	13,1	24	1,5	18	9	28,5	52,5	54,3				
10–20	5,3	20	4,7	26	0,9	18	9	27,9	53,9	51,8				
20–40	4,4	18	3,7	40	0,5	6	4	10,5	50,5	20,8				

Aos 20 DAE, fez-se a determinação da densidade populacional final da soja, que foi de 39 ( $\pm$  6) plantas  $m^{-2}$ , seguindo os mesmos procedimentos descritos anteriormente. Aos 28 DAE da cultura, fez-se a aplicação de herbicidas nas doses de 250  $g\ ha^{-1}$  de Fomesafen mais 250  $g\ ha^{-1}$  de Fluazifop. Aos 51 DAE, fez-se uma pulverização na lavoura com 300  $g\ ha^{-1}$  do inseticida Methamidophos para controle de lagartas desfolhadoras, mais um formulado para adubação foliar, contendo nutrientes quelatizados com EDTA nas seguintes concentrações, em  $g\ ha^{-1}$ : 4 de Mo; 160 de Mn; 20 de B; 80 de Zn; 20 de Mg; 160 de S; e 400 de N. Aos 115 DAE, fez-se a dessecação química da lavoura com 600  $g\ ha^{-1}$  de Paraquat. Foram colhidas quatro linhas centrais de cada parcela experimental com 7 m de comprimento, com uma colhedora automatizada desenvolvida para experimentação agrícola, da marca Wintersteiger SeedMech, modelo Nursery Master Elite. Os grãos de soja foram pesados e tiveram os seus teores de água determinados e corrigidos para 130  $g\ kg^{-1}$ .

Fez-se a instalação da aveia-preta sobre a palhada de soja no dia 28/04/01, com cobertura do solo da ordem de 5.079 ( $\pm$  630)  $kg\ ha^{-1}$  de fitomassa seca. Utilizou-se nesta operação uma semeadora para o SPD em linhas com 0,20 m de espaço entre si, sem aplicação de adubo e densidade populacional final de 215 ( $\pm$  34) plantas  $m^{-2}$ . A aveia-preta foi dessecada com 0,96  $kg\ ha^{-1}$  de Glyphosate quando as plantas encontravam-se em pleno florescimento, e foram mantidas em pé. Na instalação do milho, fez-se uma segunda aplicação de 0,72  $kg\ ha^{-1}$  de Glyphosate para controlar a vegetação espontânea surgida na área. Em agosto de 2001, fez-se outra amostragem de solo nas parcelas testemunhas (que não receberam KCl), para avaliação da condição química (os resultados estão no quadro 1).

No segundo ano de condução do experimento, fez-se a semeadura do milho no dia 20/09/01 sobre a fitomassa seca de aveia-preta de 7.279 ( $\pm$  686)  $kg\ ha^{-1}$ , utilizando-se uma semeadora para o SPD, com 0,20 m entrelinhas, 10  $kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  (superfósforo simples), 22,5  $kg\ ha^{-1}$  de N (uréia) e densidade populacional final de 168 ( $\pm$  26) plantas  $m^{-2}$ . No dia da semeadura do milho, fez-se a aplicação do KCl de acordo com os procedimentos experimentais. A dessecação química do milho foi realizada no dia 6/12/2001, com 1,92  $kg\ ha^{-1}$  de Glyphosate.

A soja foi semeada, três dias após o manejo químico do milho, sobre a palhada, que foi mantida em pé, com fitomassa seca da ordem de 13.188 ( $\pm$  2.034)  $kg\ ha^{-1}$ . Nesta operação, utilizou-se uma semeadora para o SPD, com 0,45 m entrelinhas, 60  $kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  (superfósforo simples granulado) e o cultivar IAC-17. As sementes de soja foram tratadas de acordo com os procedimentos descritos anteriormente, e a densidade populacional final da lavoura foi de 44 ( $\pm$  8) plantas  $m^{-2}$ . No dia da semeadura da soja, fez-se a aplicação do KCl seguindo os procedimentos já descritos. Aos 32 DAE da cultura fez-se a aplicação de herbicidas, nas

doses de 100  $g\ ha^{-1}$  de Imazethapyr e 20  $g\ ha^{-1}$  de Clorimuron. Junto aos herbicidas, aplicou-se o inseticida Methamidophos na dose de 300  $g\ ha^{-1}$  de ingrediente ativo, para controle de lagartas desfolhadoras. Realizou-se outra pulverização aos 58 DAE com 300  $g\ ha^{-1}$  de Methamidophos, 150  $g\ ha^{-1}$  do fungicida Tebuconazole e adubo foliar na mesma formulação e doses descritas. Os grãos de soja foram colhidos mecanicamente, e suas massas foram determinadas e os teores de água corrigidos a 130  $g\ kg^{-1}$ .

Após a segunda colheita de soja, fez-se uma dessecação química da área com 1,92  $kg\ ha^{-1}$  de Glyphosate e 670  $g\ ha^{-1}$  de 2,4-D. Em 19/04/2002, fez-se a semeadura da aveia-preta sobre a palhada de soja de 6.255 ( $\pm$  1.032)  $kg\ ha^{-1}$  de massa de matéria seca, com máquina de SPD, em linhas espaçadas a 0,20 m, sem o uso de fertilizantes e população final de 248 ( $\pm$  32) plantas  $m^{-2}$ . No dia 25/07/2002 a aveia-preta foi dessecada com 0,96  $kg\ ha^{-1}$  de Glyphosate na fase de enchimento de grãos, e as plantas foram mantidas em pé com produção de fitomassa seca de 7.355 ( $\pm$  1.032)  $kg\ ha^{-1}$ . No dia 16/09/2002, fez-se a terceira semeadura do milho com máquina de SPD, em linhas espaçadas de 0,20 m, 22,5  $kg\ ha^{-1}$  de N (uréia) e densidade populacional final de 156 ( $\pm$  46) plantas  $m^{-2}$ . Em 9/12/2002, fez-se a dessecação do milho com 1,92  $kg\ ha^{-1}$  Glyphosate, e as plantas foram mantidas em pé, com quantidade de palhada de 8.956 ( $\pm$  2.345)  $kg\ ha^{-1}$  de massa de matéria seca.

A soja, cultivar Embrapa 48, no terceiro ano agrícola, foi semeada no dia 14/12/02, com máquina de SPD, em linhas espaçadas de 0,45 m, sobre a palhada de milho e aplicação de 60  $kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  (superfósforo simples granulado). As doses de KCl foram aplicadas seguindo o delineamento experimental. As sementes foram tratadas de acordo com os procedimentos descritos anteriormente, e a densidade populacional final da cultura foi de 34 ( $\pm$  10) plantas  $m^{-2}$ . Aos 28 DAE, fez-se a aplicação de herbicidas, nas doses de 250  $g\ ha^{-1}$  de Fomesafen mais 250  $g\ ha^{-1}$  de Fluazifop. Realizaram-se outras duas pulverizações para controle fitossanitário e nutrição da cultura, aos 52 DAE com 300  $g\ ha^{-1}$  de Methamidophos, 150  $g\ ha^{-1}$  de Tebuconazole e adubo foliar (formulação e doses descritos anteriormente), e aos 87 DAE com 300  $g\ ha^{-1}$  de Methamidophos. Os grãos foram colhidos mecanicamente, e suas massas foram determinadas e os teores de água corrigidos para 130  $g\ kg^{-1}$ .

Foi coletada a parte aérea das plantas de soja em 0,75 m de três linhas de semeadura para cada parcela experimental em cada época de coleta, que foram realizadas nos estádios de 25, 50, 75 e 100 DAE da cultura, em pontos previamente demarcados, de modo a se deixar 0,50 m de bordaduras entre as épocas de amostragem. As plantas foram cortadas rente à superfície do solo, e as estruturas vegetativas e, ou, reprodutivas (folhas, caules e vagens) foram separadas, secas em estufas de aeração forçada até atingir massa constante e pesadas. Em seguida, os órgãos da parte

aérea das plantas de soja, das culturas conduzidas no primeiro e segundo anos agrícolas, foram moídos e analisados separadamente para determinação dos teores de K, de acordo com Malavolta et al. (1997). Alíquotas dos grãos colhidos mecanicamente, dos dois primeiros anos de condução do experimento, também foram secas em estufa a 60 °C, moídas e submetidas a análise química para a determinação do K. Para quantificar a extração de K nos diferentes estádios das lavouras de soja, foram somados os acúmulos do nutriente nos diferentes órgãos da parte aérea das plantas.

Os resultados originais foram submetidos à análise de regressão para ajustes de equações lineares ou quadráticas significativas até 5% de probabilidade pelo teste F, que apresentaram os maiores coeficientes de determinação ( $R^2$ ). Fizeram-se também ajustes de equações para definição das respostas de produtividade

da soja em função das quantidades totais de  $K_2O$  aplicadas na sucessão milho-soja, considerando-se como tratamentos a soma das doses de adubo potássico utilizadas neste trabalho.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas figuras 2 e 3 estão os resultados de acúmulo de K na parte aérea das plantas de soja no decorrer do desenvolvimento da cultura, no primeiro e segundo anos de condução do experimento, respectivamente. De maneira geral, independentemente do modo de aplicação e das doses de adubo potássico utilizadas, os picos de acúmulo de K ocorreram entre os 50 e 75 DAE das plantas, resultados compatíveis com os encontrados por Bataglia & Mascarenhas (1977) para a cultura da soja.

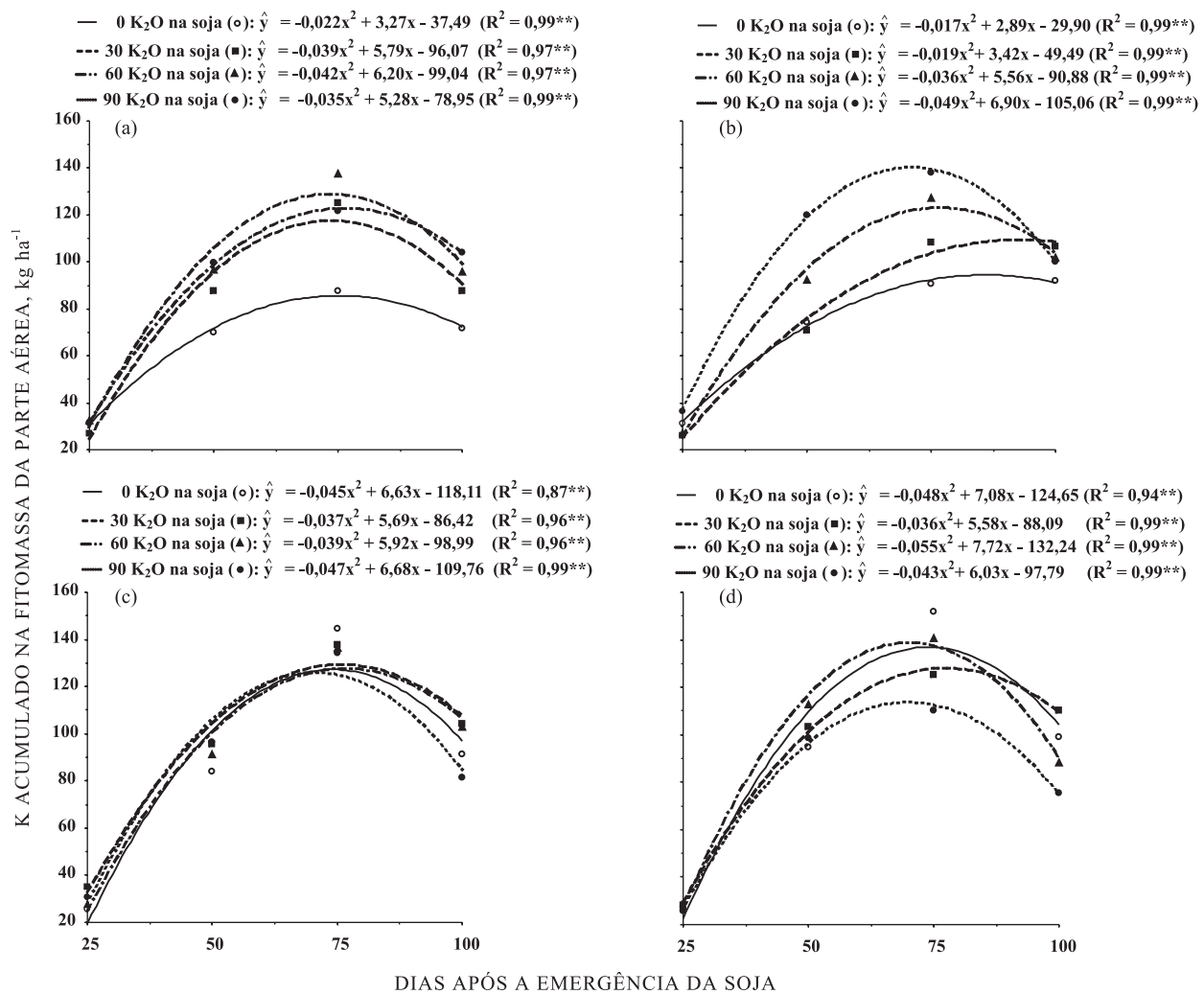


Figura 2. Acúmulo de K nas plantas de soja no decorrer do desenvolvimento da cultura, no primeiro ano de condução do experimento, em função da adubação potássica antecipada na semeadura do milho com 0 (a), 30 (b), 60 (c) e 90  $kg\ ha^{-1}$  de  $K_2O$  (d), combinadas com as doses de 0 ( $\circ$ ), 30 ( $\blacksquare$ ), 60 ( $\bullet$ ) e 90  $kg\ ha^{-1}$  de  $K_2O$  ( $\blacktriangle$ ) aplicadas na semeadura da soja subsequente. \* e \*\* significativos a 5 e 1 %, respectivamente; ns: não significativo.

Observa-se, na figura 2, que, nas situações em que não houve antecipação da adubação potássica na semeadura do milho, o  $K_2O$  aplicado na soja subsequente proporcionou fortes incrementos na absorção de K pela cultura (Figura 2a). Seguindo a mesma tendência de resposta, nas parcelas em que foram adicionados somente  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  na semeadura da gramínea de cobertura, as doses de  $K_2O$  aplicadas na semeadura da soja também incrementaram expressivamente a extração de K pela cultura (Figura 2b).

Por outro lado, as adubações antecipadas de 60 ou  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  na semeadura do milho, praticamente dispensaram a aplicação de  $K_2O$  na instalação da soja em sucessão (Figura 2c,d). Além disso, em algumas situações, houve efeito negativo na absorção de K pela soja. Por exemplo, quando foram adicionados  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  na semeadura do milho mais  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  na semeadura da soja, o máximo acúmulo de K na soja foi menor do que quando foram aplicados somente  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  no milho e ausência de adubação potássica na soja (Figura 2d).

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, deduz-se que o adubo potássico aplicado antecipadamente na instalação da espécie de cobertura foi absorvido (imobilizado) em quantidades expressivas pelo milho, e, ao ser realizado o manejo, houve uma disponibilização relativamente rápida do K contido na palhada (mineralização), em uma velocidade compatível com a marcha de absorção de K da soja subsequente, guardada as devidas proporções para as doses de  $K_2O$  utilizadas (Figura 2).

É possível identificar dois fatores primordiais para justificar a eficiência relativamente elevada da forma alternativa de adubação potássica estudada neste trabalho: em primeiro lugar, segundo Pereira-Filho et al. (2005), resultados experimentais e práticos caracterizam o milho como uma verdadeira "bomba" recicladora de nutrientes, por apresentar elevada capacidade de extrair nutrientes do solo, quando comparado a várias outras culturas agrícolas. Em segundo lugar, o K contido nos tecidos vegetais não possui função estrutural, e permanece quase totalmente na forma iônica nos resíduos de plantas (Marschner, 1995), podendo ser disponibilizado rapidamente no solo após a senescência das culturas (Raij et al., 1997). Nos trabalhos de Silva & Ritchey (1982) e Klepker & Anghinoni (1995), constataram-se aumentos nos teores de K no solo próximo à base dos caules das plantas de milho, devido à lavagem do nutriente da parte aérea senescente antes da colheita dos grãos. Rosolem et al. (2003) submeteram restos vegetais de seis espécies de cobertura à chuva simulada de 70 mm, e observaram lixiviações de até  $24 \text{ kg ha}^{-1}$  de K, sem que houvesse decomposição biológica dos tecidos.

Ainda no primeiro ano agrícola (Figura 2), observou-se que, na ausência total de adubação

potássica (tratamento testemunha), o acúmulo máximo de K na parte aérea da soja foi da ordem de  $84 \text{ kg ha}^{-1}$  (Figura 2a). Por sua vez, quando não se aplicou  $K_2O$  no milho, mas foram adicionados  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  na soja, houve um acúmulo máximo de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de K por essa cultura. Em contrapartida, com  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  no milho e ausência de  $K_2O$  na soja, atingiu-se o pico de  $137 \text{ kg ha}^{-1}$  de K na soja (Figura 2d). Nas parcelas que receberam as maiores doses de adubo potássico ( $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  no milho mais  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  na soja), a máxima extração do nutriente pela cultura foi de cerca de  $112 \text{ kg ha}^{-1}$  de K (Figura 2d). Portanto, a simples prática de antecipar a aplicação de  $K_2O$  na semeadura da espécie de cobertura foi suficiente para aumentar o aproveitamento do fertilizante potássico pela lavoura de soja em sucessão.

No segundo ano agrícola, as quantidades de K absorvidas pela soja foram, em média, relativamente bem menores do que no primeiro ano, provavelmente por problemas de tratos culturais e, ou, de condições climáticas desfavoráveis no decorrer do desenvolvimento das plantas (Figuras 2 e 3). Apesar do rendimento ter sido menor na segunda safra, observa-se que as aplicações de  $K_2O$  feitas na semeadura da soja somente surtiram efeito positivo sobre o acúmulo de K dessa cultura quando não houve antecipação da adubação potássica no milho, ou quando foram aplicados somente  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  na instalação da gramínea de cobertura, seguindo as mesmas tendências de resposta observadas na primeira safra (Figura 3a,b).

Considerando-se o nível tecnológico e as condições edafoclimáticas deste experimento, em dois anos consecutivos no SPD, observou-se que a antecipação da adubação potássica na ordem de 60 a  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  na semeadura do milho cultivado na primavera praticamente dispensou a adição de  $K_2O$  na semeadura da soja subsequente, no que se refere ao acúmulo de K na cultura granífera (Figuras 2 e 3).

De acordo com a tabela de adubação desenvolvida por Mascarenhas & Tanaka (1997), para a cultura da soja no Estado de São Paulo, a máxima dose de adubação potássica a ser recomendada é de  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$ , para condições em que devem ser combinados os teores de  $K^+$  trocável do solo na camada de 0 a 20 cm de profundidade, da ordem de 0 a  $0,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , com o maior nível de produtividade esperada da cultura, variando de 3,5 a  $4,0 \text{ t ha}^{-1}$  de grãos colhidos.

Há pontos conflitantes entre as recomendações de Mascarenhas & Tanaka (1997) e os resultados obtidos neste trabalho, em relação à quantificação da disponibilidade de K no solo, ou seja, na tabela de adubação desenvolvida pelos autores citados, os teores de  $K^+$  trocável a serem considerados devem partir de amostras coletadas na profundidade de 0 a 20 cm no perfil do solo (camada arável), ao contrário da amostragem feita neste estudo, em que as coletas foram estratificadas nas camadas de 0–5, 5–10, 10–20 e 20–40 cm de profundidade (Quadro 1).

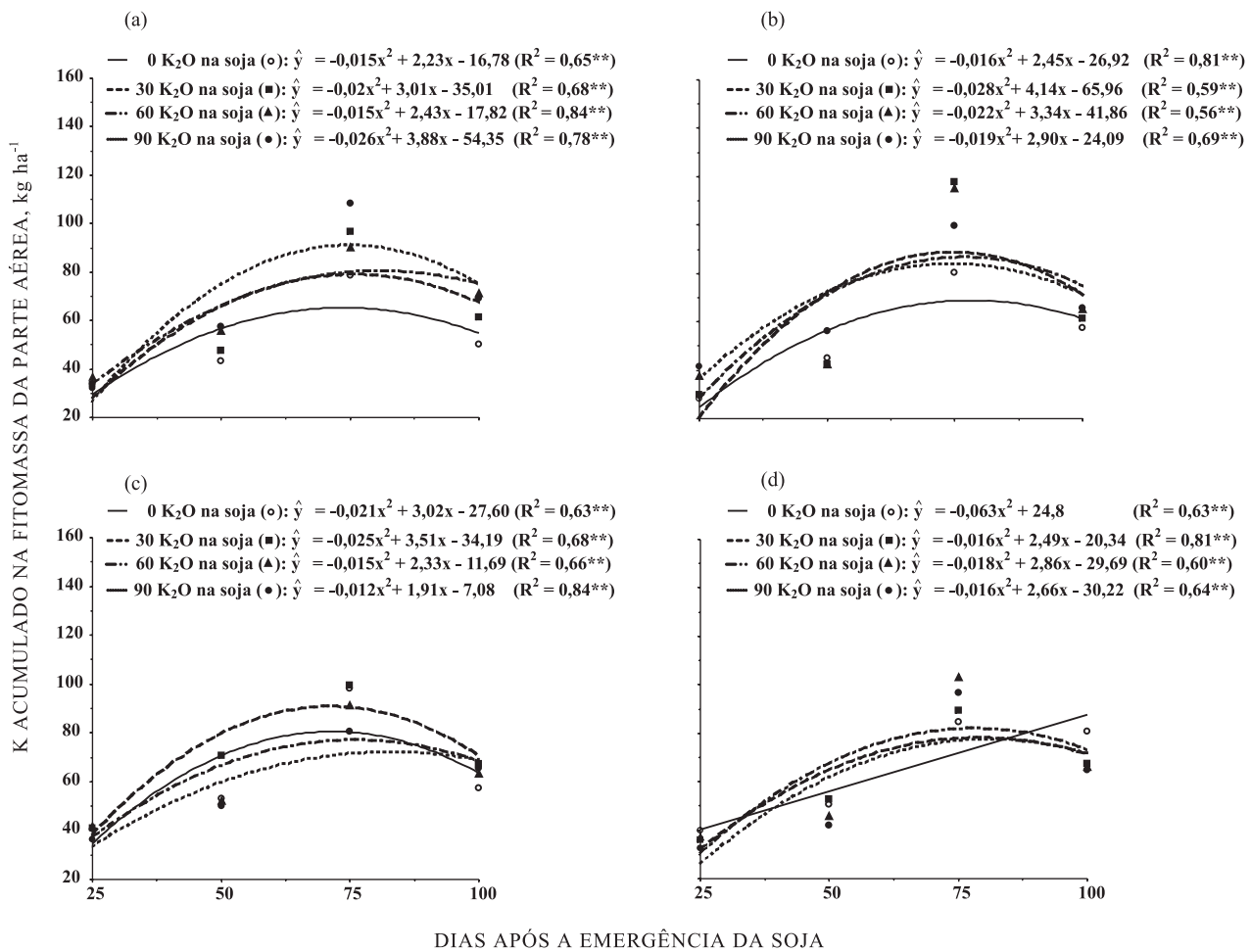


Figura 3. Acúmulo de K nas plantas de soja no decorrer do desenvolvimento da cultura, no segundo ano de condução do experimento, em função da adubação potássica antecipada na semeadura do milho com 0 (a), 30 (b), 60 (c) e 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (d), combinadas com as doses de 0 (○), 30 (■), 60 (●) e 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (▲) aplicadas na semeadura da soja subsequente. \* e \*\* significativos a 5 e 1 %, respectivamente; ns: não significativo.

Sendo assim, a quantificação do K disponível no solo manejado no SPD, neste experimento, não pode seguir o padrão de recomendação de adubação estabelecido por Mascarenhas & Tanaka (1997), o que torna difícil a comparação de resultados, pois, por ocasião da instalação do experimento, os teores de K<sup>+</sup> trocável do solo foram de 2,7, 0,7 e 0,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> para as profundidades de 0–5, 5–10 e 10–20 cm, respectivamente, e, após a colheita da soja no segundo ano agrícola, o K<sup>+</sup> trocável evoluiu para 3,7, 1,5 e 0,9 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> nas mesmas profundidades de 0–5, 5–10 e 10–20 cm do solo, respectivamente (Quadro 1).

Segundo Rajj et al. (1997), a análise de solo fornece informações seguras para se avaliar a disponibilidade de K para as culturas, e consiste na determinação mais importante a ser utilizada na recomendação de adubação potássica, tendo como atributo complementar os níveis de produtividade esperada, que, por sua vez, refletem o potencial de extração do nutriente pelas lavouras e a exportação pelas colheitas.

No entanto, o sistema de manejo adotado altera expressivamente a dinâmica dos nutrientes no solo, com reflexos bastante significativos a serem considerados nos padrões de adubação. Segundo Oliveira et al. (1996), uma das características do preparo convencional do solo é a uniformidade relativamente maior com que os nutrientes minerais e a matéria orgânica (MO) são distribuídos na camada arável. Em contrapartida, Kochhnann et al. (1999) relatam que o uso continuado do SPD provoca a formação de gradientes de concentração de nutrientes ao longo do perfil do solo, em virtude da aplicação superficial de corretivos e fertilizantes, da ausência de mobilização da camada arável e da manutenção dos restos culturais na superfície do terreno, como pode ser observado no quadro 1 para alguns atributos químicos do solo.

A capacidade de troca catiônica (CTC), que varia em função do teor de MO, do tipo e da quantidade de argila e do pH, é o principal componente que determina



a relação K trocável : K da solução do solo, e para uma mesma quantidade de K total haverá menos K na solução em solos com alta CTC, o que refletirá em menores perdas de K por lixiviação, menor retirada desnecessária de K pelas plantas e maiores reservas de K para as culturas (Mielniczuk, 1982). A influência do sistema de preparo nas propriedades químicas do solo foi estudada por Muzilli (1982), Sidiras & Pavan (1985), Santos & Tomm (1996) e Bayer & Mielniczuk (1997), que constataram nas áreas manejadas no SPD maiores concentrações de K trocável e de MO nas camadas mais superficiais do perfil. Sendo assim, de acordo com Mielniczuk (2005), é preciso rever muitos conceitos de fertilidade do solo para melhorar o uso de adubos em áreas agrícolas manejadas no SPD.

No que diz respeito ao rendimento de grãos, a antecipação da aplicação de  $K_2O$  na instalação da espécie de cobertura não comprometeu a produtividade da soja no primeiro ano agrícola (Figura 4a), demonstrando a viabilidade do modo alternativo de adubação. As máximas produtividades da cultura da soja, que variaram de 3.600 a 3.800 kg ha<sup>-1</sup>, ocorreram nas seguintes situações: 60 ou 90 kg ha<sup>-1</sup> de  $K_2O$  aplicados antecipadamente na semeadura do milho sem adição de  $K_2O$  na semeadura da soja subsequente; ou quando foram utilizadas doses intermediárias da ordem de 30 kg ha<sup>-1</sup> de  $K_2O$  no milho mais 60 kg ha<sup>-1</sup> de  $K_2O$  na soja; ou quando não se adicionou KCl na semeadura da espécie de cobertura com 90 kg ha<sup>-1</sup> de  $K_2O$  na instalação da lavoura leguminosa.

Independentemente da forma de aplicação, observa-se na figura 4d, em que estão apresentados os somatórios das doses de  $K_2O$  aplicadas na sucessão milho-soja, que a máxima produtividade de grãos no primeiro ano agrícola foi alcançada com a aplicação total da ordem de 85 kg ha<sup>-1</sup> de  $K_2O$  no sistema.

Além disso, nas parcelas que receberam 60 ou 90 kg ha<sup>-1</sup> de  $K_2O$  antecipadamente no milho, as doses de  $K_2O$  aplicadas na soja subsequente causaram efeito depressivo sobre a produtividade de grãos, a ponto de ter ocorrido, na condição de adubação com 90 kg ha<sup>-1</sup> de  $K_2O$  no milho mais 90 kg ha<sup>-1</sup> de  $K_2O$  na soja, um rendimento inferior ao do tratamento testemunha (ausência total de aplicação de  $K_2O$ ). Portanto, o excesso de KCl foi extremamente negativo, pois elevou o custo de produção e possivelmente aumentou o potencial de lixiviação de K, com comprometimento de produtividade (Figura 4a).

No trabalho de Mascarenhas et al. (1982), constatou-se que, nas condições em que a soja foi submetida a doses relativamente elevadas de KCl, ocorreram efeitos tóxicos principalmente por causa do excesso de Cl. Em outro estudo realizado por Meurer (2006), foi relatado que não se tem conhecimento sobre o efeito tóxico do K, mas sabe-se que este nutriente é freqüentemente absorvido por muitas espécies em quantidades superiores às necessárias, no chamado "consumo de luxo", e nessas condições o excesso de K pode interferir negativamente na absorção de outros

nutrientes, principalmente quando competem pelos mesmos sítios de absorção nos tecidos radiculares. Segundo Marschner (1995), altas concentrações de K na rizosfera inibem a absorção de Ca e Mg. No trabalho de Fonseca & Meurer (1997), com plântulas de milho cultivadas em solução nutritiva, constatou-se que o incremento na concentração de K na solução ocasionou efeito depressivo sobre a absorção de Mg pelas plantas, e o inverso não ocorreu.

Da mesma forma que ocorreu na primeira safra, a antecipação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de  $K_2O$  na semeadura do milho dispensou o uso de KCl na semeadura da soja subsequente no segundo ano agrícola, e nessas condições de adubação ocorreu o máximo rendimento de grãos da cultura leguminosa, 3.300 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 4b). Além disso, seguindo o mesmo padrão de resposta obtido no primeiro ano, quando foram feitos os somatórios das doses de  $K_2O$  aplicadas na sucessão milho-soja, constatou-se que a máxima produtividade de grãos foi alcançada com a aplicação total de 86 kg ha<sup>-1</sup> de  $K_2O$  no sistema (Figura 4e).

Na segunda safra avaliada, considerando-se os tratamentos com 60 ou 90 kg ha<sup>-1</sup> de  $K_2O$  no milho mais 90 kg ha<sup>-1</sup> de  $K_2O$  na soja (Figura 4b,e), houve redução na produtividade de grãos de soja em níveis equivalentes ao que foi alcançado nas parcelas testemunhas (ausência total de  $K_2O$ ), e esta resposta foi praticamente igual à observada no primeiro ano (Figura 4a,d), ou seja, o excesso de adubação potássica prejudicou fortemente a produtividade de grãos por dois anos consecutivos de manejo.

No terceiro ano agrícola (Figura 4c,f), as máximas produtividades da lavoura de soja variaram de 3.900 a 4.100 kg ha<sup>-1</sup> de grãos, e foram alcançadas em três situações de manejo da adubação potássica basicamente: com a antecipação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de  $K_2O$  na semeadura do milho e ausência de adubação potássica na semeadura da soja subsequente; ou com a ausência de adubação na instalação do milho e 90 kg ha<sup>-1</sup> de  $K_2O$  na soja; ou com a aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de  $K_2O$  no milho mais 90 kg ha<sup>-1</sup> de  $K_2O$  na soja.

No entanto, em termos de ajuste de equações estaticamente significativas, somente ocorreram incrementos de produtividade de grãos em resposta ao  $K_2O$  aplicado na semeadura da soja, na condição em que não houve antecipação de adubação potássica no milho ou quando foram aplicados 30 kg ha<sup>-1</sup> de  $K_2O$  na instalação da gramínea de cobertura (Figura 4c).

No que diz respeito à terceira safra, as sojas cultivadas nas parcelas que receberam 60 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de  $K_2O$  antecipadamente na semeadura do milho, por três anos consecutivos de manejo da adubação potássica no SPD consolidado, não responderam à aplicação de  $K_2O$  nas suas semeaduras, nem de maneira negativa por uso excessivo de KCl, como foi constatado no primeiro e segundo anos de condução do experimento (Figura 4a,b,c). De maneira geral,

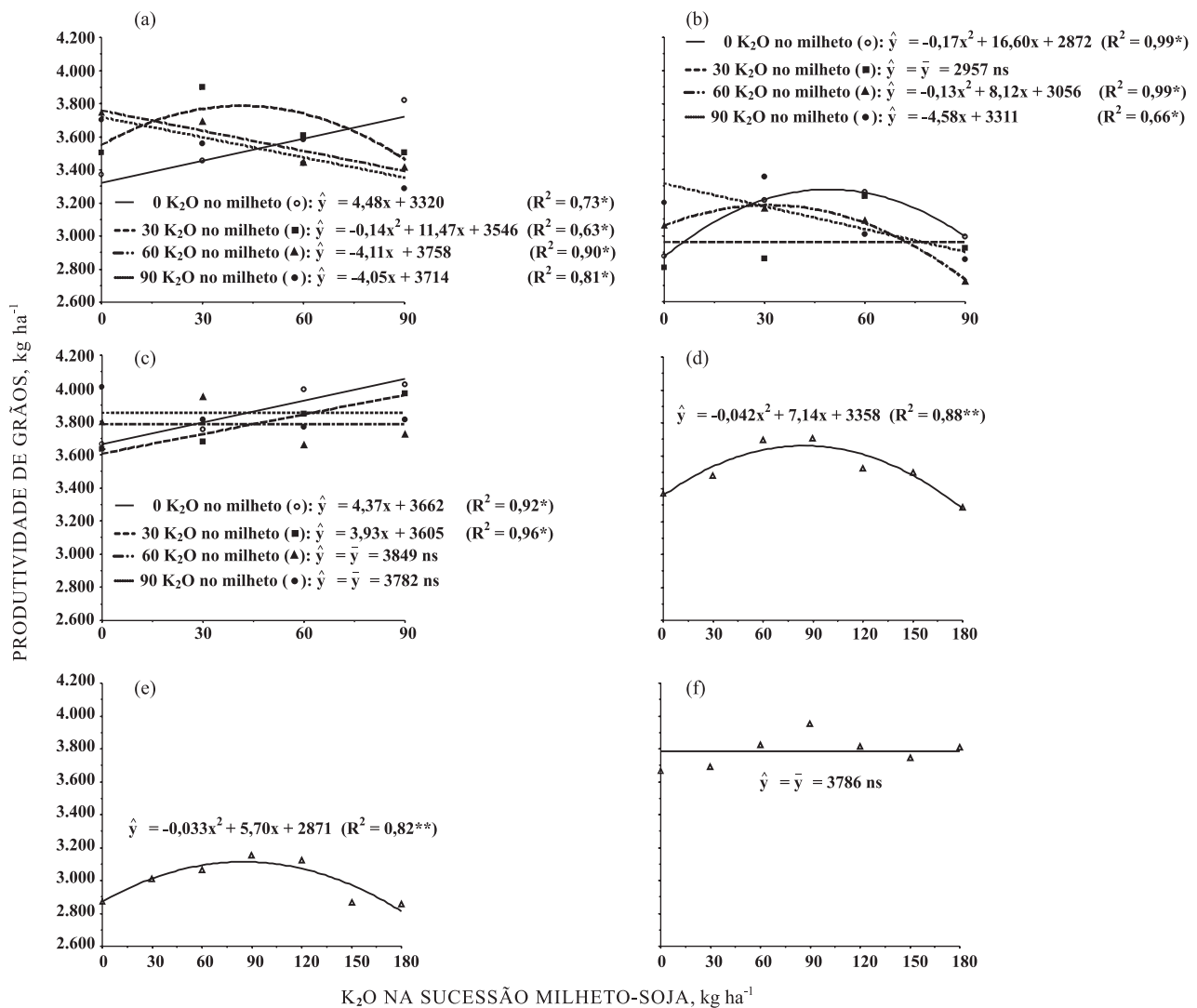


Figura 4. Produtividade de grãos de soja no primeiro (a), segundo (b) e terceiro (c) anos de condução do experimento, em função da adubação potássica antecipada na semeadura do milheto com 0 (○), 30 (■), 60 (●) e 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (▲), combinadas com doses de K<sub>2</sub>O aplicadas na semeadura da soja subsequente. Produtividades médias considerando-se o somatório das doses do K<sub>2</sub>O aplicadas na sucessão milheto-soja, no primeiro (d), segundo (e) e terceiro (f) anos agrícolas. \* e \*\* significativos a 5 e 1 %, respectivamente; ns: não significativo.

nos solos manejados no SPD, ocorrem maiores acúmulos de MO em relação ao sistema de preparo convencional (SPC), pois o não-revolvimento da camada arável reduz a taxa de decomposição dos restos vegetais deixados na superfície do terreno (Kochhmann et al., 1999). Nesse sentido, Bayer & Mielniczuk (1997) verificaram, no transcorrer de cinco anos de cultivo, que devido à adoção do SPD ocorreram incrementos nos teores de C orgânico e na CTC do solo, com reflexos na maior retenção de cátions básicos como o K.

Na figura 4f, sem considerar análise estatística e ajuste de equações, observa-se nitidamente que a máxima produtividade de grãos ocorreram quando foi utilizada quantidade total de adubo potássico na sucessão milheto-soja entre 80 a 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O,

apontando para os mesmos padrões de respostas encontrados no primeiro e segundo anos de experimentação (Figura 4d,e,f).

Neste experimento, em virtude da adoção do SPD, ocorreram incrementos nos teores de MO e de K trocável nas camadas de 0–5 e 5–10 cm de profundidade no perfil do solo, do primeiro para o segundo ano de avaliação (Quadro 1), refletindo, provavelmente, em uma redução na intensidade de resposta da lavoura de soja à adubação potássica. Em revisão elaborada por Brunetto et al. (2005), vários trabalhos indicaram que as respostas de inúmeras culturas agrícolas à adubação potássica foram baixas quando os teores de K trocável na camada arável (0 a 20 cm de profundidade) dos solos foram maiores que

1,5 a 2 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, principalmente em condições de manejo que favoreceram o incremento de K, como no SPD por exemplo, e, ou, em solos com elevada concentração de minerais primários e secundários ricos em K.

As maiores exportações de K via colheita de grãos ocorreram quando não se antecipou a adubação potássica na semeadura do milho e foram aplicados 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na semeadura da soja subsequente, tanto no primeiro como no segundo ano de condução do experimento (Figura 5a,b). Além disso, quando as doses do adubo potássico foram aplicadas somente na semeadura da soja, nas parcelas que não receberam potássio antecipadamente na instalação da gramínea de cobertura, as equações ajustadas foram lineares e crescentes para o acúmulo de K nos grãos, nas duas safras avaliadas. Portanto, independentemente dos

níveis de produtividade alcançados pelas lavouras de soja, as exportações de K via colheita de grãos foram fortemente influenciadas pelo modo de aplicação do fertilizante potássico.

De acordo com Bataglia & Mascarenhas (1977), é necessário que se utilize adubação potássica de cerca de 28 kg de K<sub>2</sub>O para produzir uma tonelada de grãos de soja. Em torno de 60 % deste montante são exportados da área em razão da colheita dos grãos. Sendo assim, para efeito de simulação a partir dos resultados obtidos neste estudo, estima-se que seriam necessários 99, 84 e 106 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O para o primeiro, o segundo e o terceiro ano agrícola, respectivamente, considerando-se nos cálculos as produtividades médias de grãos obtidas em cada ciclo de cultivo.

Portanto, o índice apresentado por Bataglia & Mascarenhas (1977) para estimar a dose de adubo potássico a ser aplicada na cultura da soja foi compatível com os resultados obtidos neste experimento, em que as máximas produtividades foram alcançadas com adubações de 85 a 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no sistema milho-soja, tanto no primeiro como no segundo ano de avaliação (Figura 4). Há possibilidade de se realizar a adubação potássica totalmente antecipada na semeadura do milho cultivado na primavera, ou com o K<sub>2</sub>O adicionado somente na semeadura da soja, ou promovendo adubações de modo parcelado.

Ainda quanto ao trabalho de Bataglia & Mascarenhas (1977), argumenta-se que 60 % do K<sub>2</sub>O necessário para produzir uma tonelada de grãos de soja são exportados via colheita. Sendo assim, para efeito de simulação, considerando-se nos cálculos as produtividades médias alcançadas neste experimento, estima-se que as exportações de K corresponderiam a 49, 42, e 53 kg ha<sup>-1</sup> para o primeiro, o segundo e o terceiro ano agrícola, respectivamente. Os resultados reais deste estudo foram de 52 e 39 kg ha<sup>-1</sup> de K, para o primeiro e o segundo anos agrícolas, respectivamente (Figura 5), compatíveis com os valores calculados segundo o índice proposto pelos autores supracitados.

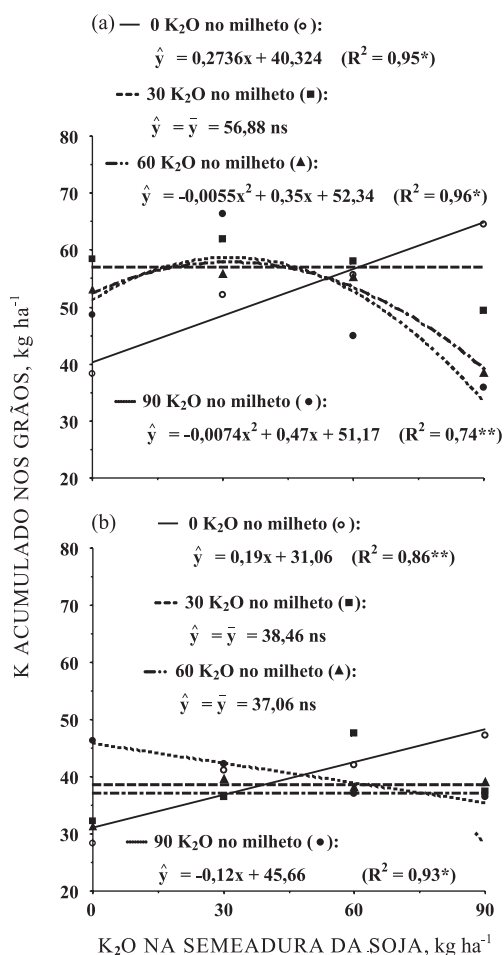


Figura 5. Acúmulo de K nos grãos de soja no primeiro (a) e segundo (b) anos de condução do experimento, em função da adubação potássica antecipada na semeadura do milho com 0 (○), 30 (■), 60 (●) e 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (▲), combinadas com doses de K<sub>2</sub>O aplicadas na semeadura da soja subsequente. \* e \*\* significativos a 5 e 1 %, respectivamente; ns: não significativo.

### CONCLUSÕES

1. A antecipação da adubação potássica, com doses de 60 a 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na semeadura do milho cultivado na primavera, não comprometeu o acúmulo de K na parte aérea da lavoura de soja subsequente no SPD.
2. As máximas produtividades de grãos de soja foram alcançadas, no primeiro e segundo ano, com doses de 85 a 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aplicadas na sucessão milho-soja no SPD. Contudo, tal adubação pode ser totalmente antecipada na semeadura da gramínea de cobertura, sem comprometimento de rendimento da lavoura comercial.
3. Independentemente das quantidades de KCl aplicadas na sucessão milho-soja, a antecipação da

adubação potássica da soja na semeadura do milho minimizou a exportação de K via colheita de grãos de soja.

## LITERATURA CITADA

- ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B. & LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solo. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H., eds. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999. p.21-25.
- AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T. & MASCARENHAS, H.A.A. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B. van; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C., eds. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas e Fundação IAC, 1996. p.187-203.
- BATAGLIA, O.C. & MASCARENHAS, H.A.A. Absorção de nutrientes pela soja. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1977. 36p. (Boletim Técnico, 41)
- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. R. Bras. Ci. Solo, 21:105-112, 1997.
- BORKERT, C.M.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A.; KLEPKER, D. & OLIVEIRA-JUNIOR, A. O potássio na cultura da soja. In: YAMADA, T. & ROBERTS, T.L., eds. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba, Potafos, 2005. p.671-713.
- BRUNETTO, G.; GATIBONI, L.C.; SANTOS, D.R.; SAGGIN, A. & KAMINSKI, J. Nível crítico e resposta das culturas ao potássio em um Argissolo sob Sistema Plantio Direto. R. Bras. Ci. Solo, 29:561-571, 2005.
- CARVALHO, W.A.; ESPÍNDOLA, C.R. & PACCOLA, A.A. Levantamento de solos da Fazenda Lageado - Estação Experimental "Presidente Médici". Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 1983. 95p. (Boletim Técnico, 1)
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Estimativa de área cultivada com soja na safra 2006/2007. < <http://www.conab.gov.br>. Acesso em 15 out. de 2006.
- COMPÊNDIO DOS DEFENSIVOS AGRÍCOLAS – CDA. Guia prático de produtos fitossanitários para uso agrícola. 6.ed. São Paulo, ANDREI, 1999. 672p.
- DERPSCH, R. & CALEGARI, A. Plantas para adubação verde de inverno. Londrina, IAPAR, 1992. 80p. (Circular Técnica, 73).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa da Soja. Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil (1997/1998). Londrina, 1997a. 171p. (Documentos, 106)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997b. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 1999. 412p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Tecnologia de Produção de Soja - Região Central do Brasil - 2003. Londrina, 2002. 199p. (Sistemas de Produção - Embrapa Soja, 1)
- FONSECA, J.A. & MEURER, E.J. Inibição da absorção de magnésio pelo potássio em plântulas de milho em solução nutritiva. R. Bras. Ci. Solo, 21:47-50, 1997.
- KLEPKER, D. & ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. R. Bras. Ci. Solo, 19:395-401, 1995.
- KOCHHANN, R.A.; DENARDI, J.E. & FAGANELLO, A. Adubação profunda no sistema plantio direto. In: CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE E MICROBIOLOGIA DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO, 3., 1999, Passo Fundo. Resumos de Palestras. Passo Fundo, Aldeia Norte, 1999. 92p.
- LOPES, A.S. Reserva de minerais potássicos e produção de fertilizantes potássicos no Brasil. In: YAMADA, T. & ROBERTS, T.L., eds. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba, Potafos, 2005. p.21-32.
- MALAVOLTA, E.A.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba, Potafos, 1997. 201p.
- MARSCHNER, H. Mineral Nutrition of Higher Plants. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MASCARENHAS, H.A.A. & TANAKA, R.T. Soja. In: RAIJ, B. van; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C., eds. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, Fundação IAC, 1997. 285p.
- MASCARENHAS, H.A.A.; BRAGA, N.R.; MIRANDA, M.A.C.; TISSELI-FILHO, O. & MIYASAKA, J. Calagem e adubação. In: A soja no Brasil Central. 2.ed. Campinas, Fundação Cargill, 1982. p.137-211.
- MEURER, E.J. Potássio. In: FERNANDES, M.S., ed. Nutrição mineral de plantas. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.281-299.
- MIELNICZUK, J. Avaliação da resposta das culturas ao potássio em ensaios de longa duração - experiências brasileiras. In: YAMADA, T.; IGUE, T.; MUZILLI, O. & OSHERWOOD, N.R., eds. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, 1982. 556p.

- MIELNICZUK, J. Manejo conservacionista da adubação potássica. In: YAMADA, T. & ROBERTS, T.L., eds. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba, Potafos, 2005. p.165-176.
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. R. Bras. Ci. Solo, 7:95-102, 1982.
- NOVAIS, R.F. Sugestões de adubação para a cultura da soja. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H., eds. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 359p.
- OLIVEIRA, E.L.; PARRA, M.S. & COSTA, C. Plantio convencional. In: Amostragem de solo para análise química: plantio direto e convencional, culturas perenes, vâzeas, pastagens e capineiras. Londrina, Instituto Agrônomo do Paraná, 1996. 28 p. (Circular, 90)
- PEREIRA-FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S.; KARAM, D.; COELHO, A.M.; ALVARENGA, R.C.; CRUZ, J.C. & CABEZAS, W.L. Manejo da cultura do milho. In: NETTO, D.A.M. & DURÕES, F.O.M., eds. Milheto: tecnologias de produção e agronegócio. Brasília, Embrapa Informações Tecnológicas, 2005. p.59-87.
- RAIJ, B.van. & QUAGGIO, J.A. Métodos de análises de solo para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81).
- RAIJ, B.van.; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C., eds. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, Fundação IAC, 1997. 285p.
- ROSOLEM, C.A. Adubação potássica em semeadura direta. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 1997, Dourados. Resumos e Palestras. Dourados, Embrapa, 1997. 12p.
- ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C. & FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio da palha de coberturas de solo em função da quantidade de chuva recebida. R. Bras. Ci. Solo, 27:355-362, 2003.
- SÁ, J.C.M. Adubação fosfatada no sistema plantio direto. In: YAMADA, T. & ABDALLA, S.R.S., eds. Simpósio sobre fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba, POTAFOS, 2004. p.201-222.
- SALTON, J.C. & KICHEL, A.N. Milheto: alternativa para cobertura do solo e alimentação animal. Dourados, Embrapa, 1997. 32p.
- SANTOS, H.P. & TOMM, G.O. Estudo da fertilidade do solo sob quatro sistemas de rotação de culturas envolvendo trigo em plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 20:407-414, 1996.
- SIDIRAS, N. & PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. R. Bras. Ci. Solo, 9:249-254, 1985.
- SILVA, J.E. & RITCHEY, K.D. Acumulação diferencial de potássio em oxissolos devido a lavagem do nutriente das plantas de milho para o solo. R. Bras. Ci. Solo, 6:183-188, 1982.
- THORNTHWAITE, C.W. & MATHER, J.R. The water balance. Certenton, Laboratory of Climatology, 1955. 104p.