

Eficiência da calagem e da adubação na produção de soja e evolução da produtividade no tempo

Eloi Erhard Scherer

Parte considerável dos solos da região Oeste Catarinense, principal região produtora de soja do Estado, apresenta originalmente baixos teores de fósforo e altos de potássio, o que, na maioria das situações, não propicia respostas à adubação potássica nos primeiros anos de cultivo (1).

Em função desta característica dos solos, tornou-se comum o uso de fórmulas de adubo com maiores teores de fósforo do que de potássio, para obtenção de altas produtividades de soja. Isto acarretou, na maioria das vezes, uma reposição de potássio inferior à quantidade exportada. Assim é, com o tempo, este nutriente, em alguns solos, tornou-se um fator tão limitante à obtenção de produtividades satisfatórias quanto o fósforo (2 e 3).

O potássio é o nutriente exigido em maiores quantidades pela cultura da soja; para cada tonelada de grãos produzida são extraídos aproximadamente 12kg de P_2O_5 e 20kg de K_2O (3), indicando que o uso rotineiro de fórmulas com menores teores de potássio do que de fósforo trará, a médio e longo prazos, efeitos negativos sobre a produtividade.

Tendo em vista o alto custo dos fertilizantes, torna-se necessário garantir a máxima eficiência na sua utilização, pois uma agricultura moderna requer não só o uso de adubos e corretivos em quantidades adequadas, mas também com uma relação de nutrientes ideal, de forma a atender às condições de solo e necessidades da cultura.

A forma mais eficiente de utilização de calcário e de adubos fosfatado e

potássico na cultura da soja, com base em experimentos de longa duração, é o assunto deste trabalho.

Metodologia utilizada

Os dados utilizados nesta pesquisa são provenientes de três experimentos conduzidos por um período de doze anos com níveis de calcário, fósforo e potássio. Os experimentos foram conduzidos com cultivo anual de soja em rotação com culturas de inverno, em áreas contíguas num Latossolo Húmico distrófico da região Oeste Catarinense, de primeiro cultivo, com as seguintes características químicas: pH em água (1:1) 4,9, alumínio trocável $2,4\text{cmol}_c/\text{litro}$, necessidade de calcário $9\text{t}/\text{ha}$, fósforo $1,6\text{cmol}_c/\text{litro}$, potássio $125\text{cmol}_c/\text{litro}$ e matéria orgânica 8,1%, conforme metodologia da ROLAS (4).

O experimento com níveis de calcário recebeu no primeiro ano doses de 0, 1/2 e 1 vez a necessidade de corretivo para atingir pH 6,0. Quatro anos após, as parcelas foram divididas em quatro subparcelas, que receberam frações de 0, 1/4, 1/2 e 3/4 da necessidade de calcário para pH 6,0. O experimento com adubo fosfatado recebeu, no primeiro ano, doses crescentes de até $640\text{kg}/\text{ha}$ de P_2O_5 , aplicadas nas parcelas principais. No segundo ano, estas parcelas foram subdivididas, aplicando-se doses anuais de 0, 40, 80 e $120\text{kg}/\text{ha}$ de P_2O_5 , sempre na semeadura da soja. O experimento com potássio recebeu, no primeiro ano, doses crescentes de até $320\text{kg}/\text{ha}$ de K_2O , constituindo as parcelas princi-

pais. No quinto ano, estas foram subdivididas e receberam doses de K_2O : 0, 40 e $80\text{kg}/\text{ha}$, que foram aplicadas anualmente nas mesmas subparcelas, sempre na semeadura da soja.

A correção de acidez do solo dos experimentos com níveis de fósforo e de potássio constou da aplicação de calcário na quantidade recomendada para atingir pH 6,0. A adubação básica do experimento com níveis de calcário foi de $80\text{kg}/\text{ha}$ de P_2O_5 e $80\text{kg}/\text{ha}$ de K_2O , utilizando-se as mesmas doses nos experimentos com níveis de potássio e de fósforo. Em todos os experimentos foram utilizados o superfosfato triplo e o cloreto de potássio, ambos na forma granulada, aplicados a lanço e incorporados com enxada rotativa ou grade de discos antes da semeadura da soja.

Como planta reagente foi utilizada a cultivar Bragg, semeada anualmente no mês de novembro ou início de dezembro, em rotação com culturas de inverno para cobertura do solo (aveia, azevém, ervilhaca) ou colheita de grãos (trigo).

Para o presente trabalho foram utilizados os dados dos tratamentos com aplicação anual de $40\text{kg}/\text{ha}$ de K_2O ou de P_2O_5 e o dobro dessa dose ($80\text{kg}/\text{ha}$ de K_2O ou P_2O_5), correspondendo a aproximadamente metade e uma vez a quantidade de adubo necessária para produtividade máxima e metade e uma vez a quantidade de calcário necessária para pH 6,0. Na comparação dos resultados, procurou-se isolar os efeitos de cada fator com base no elemento faltante.



Efeito na produção de soja

Na Figura 1 estão representadas as produções médias anuais de soja de doze safras, de forma acumulativa, obtidas em função dos tratamentos com calcário, fósforo e potássio aplicados. Nota-se que houve uma grande resposta da soja à correção da acidez do solo e à adubação fosfatada, desde o primeiro cultivo. Para adubação potássica, ao contrário, não houve resposta à aplicação do nutriente nos quatro primeiros anos. A produção de soja sem adubo potássico foi elevada (média de 2,7t/ha) e não diferiu significativamente ($P < 0,05$) dos tratamentos com adubo potássico.

Na soma das doze safras, o fator que mais contribuiu para o aumento da produção foi a adubação fosfatada, proporcionando um aumento total de aproximadamente 20t de grãos, seguido da correção da acidez do solo, com acréscimo total de 13,9t de grãos. O aumento devido à adubação potássica foi menor, 11,1t de grãos. Este fato se explica pela falta de resposta à adubação potássica nos primeiros quatro cultivos, causada pela alta disponibilidade do nutriente no solo.

No presente estudo, solo ácido com alto teor de potássio e baixo de fósforo, é possível definir dois períodos com respostas bem distintas: primeiros quatro anos, com alta resposta à calagem e à adubação fosfatada e nenhuma ou pouca resposta à adubação potássica; quinto ao décimo segundo ano, resposta positiva à calagem e à adubação fosfatada e potássica; tendência de maior resposta à adubação potássica do que à calagem e à adubação fosfatada, principalmente nos últimos quatro anos. Estes resultados confirmam outras observações (1 e 5) de que as respostas à adubação potássica aumentam com o passar dos anos, sendo em geral muito baixas ou nulas em solos recém desbravados.

A aplicação de uma dose de adubo fosfatado maior no primeiro ano (160kg/ha de P_2O_5) e 80kg/ha de P_2O_5 anualmente, nos demais anos, trouxe maiores benefícios na produção de grãos do que uma aplicação inicial menor (80kg/ha de P_2O_5) e 40kg/ha de P_2O_5 anualmente (meia dose). O aumento na produção de soja, obtido com a utilização da dose de 160kg/ha de P_2O_5 , foi de 6,3t/ha, um retorno de aproximadamente 12kg de soja para cada quilograma de P_2O_5 a mais aplicado. A

mesma diferença na produção de grãos foi constatada com a aplicação da dose integral de calcário para pH 6,0 em relação à utilização da metade da dose. Um aumento de 1,4 quilogramas de soja para cada quilograma a mais de calcário aplicado. A diferença na produção entre a aplicação anual de 80kg/ha de K_2O e 40kg/ha de K_2O não foi tão expressiva em função da alta disponibilidade inicial do nutriente no solo (125 cmol_c/litro), atingindo-se, mesmo assim, um acréscimo total de 3,7t de grãos ao longo dos doze cultivos.

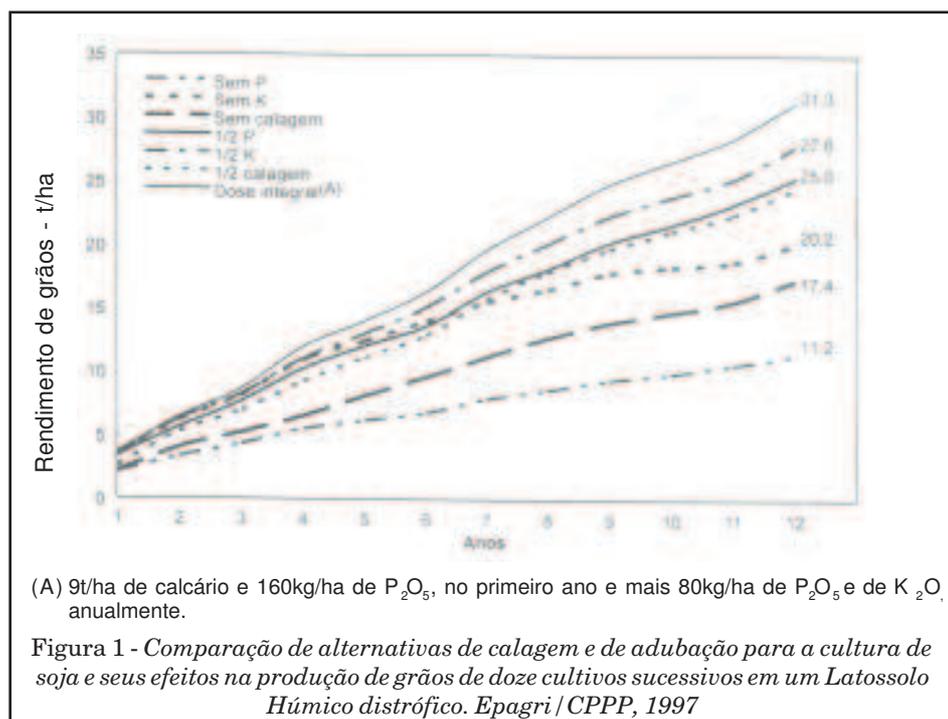
A correção da acidez do solo e a aplicação de uma dose maior de adubo fosfatado no primeiro cultivo é estratégica para permitir elevação de rendimentos em horizontes mais curtos e prioritária em condições sem limitação de recursos financeiros. Porém, a adoção da tecnologia de modo gradual, aproveitando as melhores perspectivas de retorno ao capital escasso, é uma racionalidade econômica que muito bem se aplica à correção da fertilidade do solo. Nesse caso, o parcelamento da calagem, com a aplicação da metade do calcário no primeiro ano e o restante dois anos após é economicamente recomendável (6).

Como no período inicial não houve resposta à adubação potássica, não há necessidade da aplicação desse nutriente nos primeiros quatro cultivos de soja. Neste caso, o produtor pode investir mais em adubação fosfatada, fator mais limitante.

A fórmula certa para uma adubação equilibrada

As fórmulas mais utilizadas pelos agricultores na cultura da soja normalmente têm maior teor de fósforo do que de potássio. Essa tradição de utilização de fórmulas com maior teor de fósforo, como já foi abordado anteriormente, tem origem na condição inicial de fertilidade dos solos cultivados com soja: boa disponibilidade de potássio e baixa de fósforo (1 e 5).

Tomando como exemplo as características do solo estudado, baixo teor de fósforo (1,6cmol_c/litro) e alto de



Soja

Tabela 1 - Quantidades anuais de P_2O_5 e K_2O aplicadas, produção alcançada em doze cultivos de soja, quantidades totais de P_2O_5 e de K_2O exportadas pelos grãos e balanço desses nutrientes

Adubação anual		Produção de grãos (doze safras)	P_2O_5	K_2O	P_2O_5	K_2O	P_2O_5	K_2O
P_2O_5	K_2O		Adicionado		Exportado ^(A)		Balanço	
-----kg/ha-----								
0	80	11.203	0	960	134	224	-134	736
80	0	20.181	960	0	242	404	718	-404
80	80	29.647	960	960	356	593	604	356
80	40 ^(B)	27.621	960	320	331	552	629	-232
40	80	22.374	480	960	268	448	212	512
160 ^(C)	80	31.327	1.040	960	376	627	664	333

(A) Extração média de 12kg de P_2O_5 e 20kg de K_2O por tonelada de grãos produzidos (3).
 (B) Aplicação de adubo potássico somente a partir do quinto ano, quando houve resposta à aplicação desse nutriente.
 (C) Aplicação de 160kg/ha de P_2O_5 no primeiro ano e 80kg/ha de P_2O_5 e de K_2O anualmente.

potássio (125cmol_c/litro), pode-se utilizar, no período inicial, fórmulas com maior concentração de fósforo do que de potássio (fórmula 0-30-10, por exemplo), porém nos anos seguintes o produtor necessariamente deverá optar por fórmulas de composição mais equilibrada (fórmula 0-20-20, por exemplo). Caso o produtor continuasse utilizando a fórmula 0-30-10 (relação 0:3:1) em todos os doze cultivos, estaria aplicando potássio em quantidade insuficiente ou fósforo desnecessariamente. Supondo-se uma aplicação anual de 250kg/ha da fórmula 0-30-10, ao final de doze anos, o produtor teria adicionado 960kg de P_2O_5 e 307kg de K_2O , condição que invariavelmente leva à deficiência de potássio, pois a quantidade adicionada (307kg/ha) só é suficiente para repor metade da quantidade exportada pelos grãos (593kg de K_2O) (Tabela 1). Para fósforo, ao contrário, o balanço foi altamente positivo, pois como foram exportados pelos grãos ao redor de 350kg de P_2O_5 /ha, há um acúmulo de fósforo no solo na ordem de 550kg/ha e, por conseguinte, um aumento potencial de disponibilidade para as plantas.

Uma adição anual de 40kg/ha de K_2O na semeadura da soja não foi

suficiente para repor a quantidade do nutriente retirada pelas colheitas de soja, indicando que parte desta produtividade foi alcançada às expensas das reservas de potássio do solo, originando em doze cultivos um balanço negativo de 232kg/ha de K_2O (Tabela 1). Teoricamente sempre que a produção de grãos é superior a 2.000kg/ha, os 40kg/ha de K_2O adicionados no plantio não são suficientes, pois cada 1.000kg de grãos exportam 20kg de K_2O (3).

Dos resultados conclui-se que não se justifica a tendência de comercialização de fórmulas para culturas, sem considerar a fertilidade do solo. Deve-se enfatizar a importância de se realizar análises periódicas do solo para melhor se decidir sobre o tipo de adubo a ser utilizado em cada situação de solo e cultura.

Relação dos nutrientes no adubo

Quando da utilização de adubos mistos, o primeiro passo é estabelecer a relação de nutrientes da recomendação e procurar uma fórmula que melhor a atenda.

Quando o teor de fósforo no solo for muito baixo e o de potássio alto, como

foi o caso do solo estudado, é recomendado inicialmente o uso de fórmulas com relação P_2O_5 : K_2O 3:1 (exemplo, fórmula 0-30-10). Quando o teor de fósforo no solo for de baixo a médio e o de potássio for alto, é recomendado o uso de fórmulas com relação P_2O_5 : K_2O 1,5:1 a 2:1 (exemplo, fórmulas 0-15-10 e 0-20-10). Porém, se o teor de potássio no solo for baixo e o de fósforo de médio a alto, as fórmulas a serem usadas deverão apresentar relação P_2O_5 : K_2O 1:1,5 a 1:2 (exemplo, fórmulas 0-10-15 e 0-10-20). Por sua vez, se o teor de ambos os nutrientes estiver no mesmo nível, ou seja, numa mesma faixa de suficiência, a proporção de P_2O_5 : K_2O no adubo deverá estar em torno de 1:1 (exemplo, fórmulas 0-15-15 e 0-20-20), ou fórmulas com maior teor de potássio, já que é o nutriente exportado em maior quantidade pela soja.

Disto conclui-se que é perfeitamente possível organizar um sistema de adubação com a utilização de um pequeno número de fórmulas, visando suprir os nutrientes em falta no solo e aqueles requeridos pela cultura para atingir determinado teto de produção.

Caracterização de deficiências nutricionais na planta

Quando o solo é pobre em determinado nutriente, a princípio ocorre redução no crescimento da planta e diminuição na produção. Quando as deficiências são pequenas a planta não revela sintomas visuais imediatos, caracterizando a situação de fome escondida. Com o aumento da deficiência, além da redução ainda maior na produtividade, as plantas podem apresentar sintomas característicos para os diversos nutrientes em falta. Tais sinais de anormalidade são mais frequentes nas folhas, embora possam também aparecer em outras partes da planta (3).

A deficiência de potássio nas plantas de soja se manifesta pela clorose nos tecidos das folhas. Como o potássio é extremamente móvel e facilmente redistribuído nas partes da planta, a clorose se desenvolve primeiro nas folhas mais velhas, com as mais novas permanecendo verdes (Figura 2).

Soja

Quando a deficiência é muito severa todas as folhas mostram deficiência nos estádios iniciais de crescimento (Figura 3). Em caso de deficiências mais severas, as manchas cloróticas adquirem coloração marrom com morte do tecido vegetal. Com a evolução progressiva do sintoma, ocorre o rompimento das áreas necrosadas, deixando os folíolos das folhas mais velhas com aspecto rendilhado.

Em áreas deficientes em potássio é muito comum observar plantas sem vagens no terço superior ou plantas com vagens retorcidas, sem desenvolvimento de sementes (3). Muitas vezes, devido ao não-pegamento da primeira florada, as plantas continuam florescendo por um período maior, com conseqüente retenção foliar na maturação, à semelhança do que ocorre quando do ataque intensivo de perceijos.

O sintoma de deficiência de fósforo também aparece inicialmente nas folhas mais velhas na base perto das vagens, e é caracterizado pela coloração anormal verde-azulada com pontos de cor marrom-escura, que normalmente surgem no estágio de pós-florescimento. Outras anormalidades que podem aparecer na planta são: caules finos, folhas pequenas e crescimento lateral limitado. A deficiência de fósforo em soja é mostrado na Figura 4.

Os sintomas provocados pela acidez do solo podem se manifestar de diferentes formas: pequeno porte das plantas, sistema radicular pouco desenvolvido, raízes curtas e grossas, folhas cloróticas com morte do tecido apical (toxidez de alumínio), encarquilhamento das folhas e presença de pontos necróticos ou de cor marrom-escuro (toxidez de manganês) ou folhas com coloração amarelo-clara indicando deficiência de nitrogênio, causada pela ineficiência das bactérias fixadoras deste nutriente. Os sintomas são ilustrados na Figura 5.

Considerações finais

A utilização indiscriminada das tradicionais fórmulas de adubo por cultura normalmente leva a um



Figura 2 - Deficiência inicial de potássio em folhas de soja; detalhes do início da clorose nas bordas das folhas



Figura 3 - Contraste entre plantas não adubadas com potássio, à frente, e com adubo potássico, ao fundo. Sintomas característicos de deficiência severa de potássio

desequilíbrio de nutrientes no solo. O contínuo uso de fórmulas com maiores teores de fósforo do que de potássio na cultura da soja invariavelmente levará ao esgotamento das reservas do solo e uma ampliação das deficiências de potássio nos próximos anos, principal-

mente nas áreas mais intensivamente cultivadas. Por outro lado, solos esgotados requerem doses muito mais altas de adubo, suficientes não só para satisfazer à demanda da planta mas, também, para repor os elementos do solo, que foram extraídos no tempo.

Soja



Figura 4 -
Soja cultivada
sem adubo
fosfatado;
plantas com
caules finos e
folhas
pequenas



Figura 5 - Soja cultivada sem a correção da acidez do solo

Deste trabalho conclui-se que para a obtenção de boas produtividades e lucratividades, não é suficiente aplicar grandes quantidades de fertilizantes e calcário às culturas; importante é ter um balanço adequado dos nutrientes fornecidos e um ambiente favorável para sua absorção pelas plantas.

Adubação balanceada é aquela que supre os nutrientes que estão em falta no solo e atende às necessidades da planta. Para uma melhor eficiência, a adubação deve ser recomendada com base na análise de solo, de acordo com as classes de disponibilidade de cada nutriente, estabelecidas pela Comissão de Fertilidade do Solo, (4) e no histórico da área.

Literatura citada

1. BEN, J.R. Resultados de pesquisa com potássio em soja no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 9., 1981, Passo Fundo, RS. *Resumos*: Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1981. p.174.
2. BORKERT, C.M.; SFREDO, G.J.; SILVA D.N da. Calibração de potássio trocável para soja em latossolo roxo distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, v.17, p.223-226, 1993.
3. MASCARENHAS, H.A.A.; MIRANDA, M.A.C. de; LÉLIS, L.G.L.; BULISANI, E.A.; BRAGA, N.R.; PEREIRA, J.C.V.N.A. *Haste verde e retenção foliar em soja por deficiência de potássio*. Campinas: Instituto Agrônomo, 1987. 15p. (IAC. Boletim Técnico, 119).
4. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC. *Recomendações de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. 3. ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul, 1995. 223p.
5. VOLL, E.; BAYS, I.A. Correção e adubação do solo para a cultura da soja em Latosol Roxo distrófico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.11, p.93-99, 1976.
6. SCHERER, E.E. Calagem na cultura da soja: parcelar ou não. *Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, v.8, n.1, p.15-19, 1995.

Eloi Erhard Scherer, eng. agr., Ph.D., Cart. Prof. 9.622-D, CREA-SC, Epagri/Centro de Pesquisa para Pequenas Propriedades-CPPP, C.P. 791, Fone (049)723-4877, Fax (049) 723-0600, 89801-970 Chapecó, SC.

□