

BRAGANTIA

Boletim Científico do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo

Vol. 25

Campinas, agosto de 1966

N.º 19

ADUBAÇÃO DA SOJA

IV — ESTUDO PRELIMINAR SÔBRE MANEIRAS DE EFETUAR A CALAGEM COM CALCÁRIO DOLOMÍTICO E CAL EXTINTA ⁽¹⁾

SHIRO MIYASAKA, *engenheiro-agrônomo, Seção de Leguminosas*, E. S. FREIRE, *engenheiro-agrônomo* ⁽²⁾, e E. ABRAMIDES, *engenheiro-agrônomo, Seção de Técnica Experimental, Instituto Agronômico*

SINOPSE

Em experiência realizada por três anos em solo ácido foi estudado o efeito, sôbre a produção da soja, da calagem com calcário dolomítico e cal extinta, aplicados em sulcos laterais aos de plantio ou a lanço, sômente no primeiro ano ou parceladamente.

O aumento médio de produção proporcionado pela calagem correspondeu a 59%, mas as diferenças entre os dois corretivos e os métodos de aplicação foram pequenas. O efeito imediato das doses empregadas sômente no primeiro ano foi bem menor que o residual.

1 — INTRODUÇÃO

Embora seja tolerante à acidez do solo, a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) produz melhor em solos aproximadamente neutros.

Ignatieff e Page (4), que estudaram os métodos de adubação das principais culturas em várias partes do mundo, dizem que a soja é cultivada em solos cujo pH oscila entre 4,5 e 7,5, mas acham que as maiores produções são obtidas onde êsse índice está situado entre 6,0 e 7,0, e que, nos solos muito ácidos, a calagem se torna necessária.

Nos Estados Unidos da América do Norte, país que atualmente contribui com cêrca de 60% para a produção mundial de soja, a opinião mais geral é que essa leguminosa se dá melhor em solos com pH de 6,0 a 6,5 (1). Nesse país, a calagem dos solos com

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 11 de maio de 1966.

⁽²⁾ Contratado pelo Conselho Nacional de Pesquisas, para colaborar com técnicos do Instituto Agronômico. Sua colaboração no presente trabalho foi prestada na apresentação e interpretação dos resultados obtidos.

baixo pH é prática generalizada, empregando-se principalmente calcário dolomítico, que, além de reduzir a acidez, fornece cálcio e magnésio como nutrientes (1).

De recente revisão da literatura sôbre a nutrição da soja, Ohlrogge (12), concluiu que, ao contrário do que acontece com o fósforo e o potássio, a translocação do cálcio nessa planta é muito lenta. Isso explicaria porque, embora tolerante à acidez do solo, a soja responde tão acentuadamente à calagem, que, além de proporcionar muitos outros benefícios ao solo, mantém a planta constantemente suprida de cálcio.

Ainda segundo Ohlrogge (12), as informações sôbre a translocação do magnésio são contraditórias. Enquanto alguns autores verificaram ser muito moderada, outros concluíram que sua mobilidade na planta é muito elevada. Contudo, em solos deficientes de magnésio, a soja tem respondido muito bem à aplicação desse elemento.

Estudando a situação da cultura da soja no Brasil, Kalckmann (5) menciona os resultados de cinco experiências de adubação realizadas no Rio Grande do Sul, em duas das quais a calagem se mostrou altamente eficiente.

No Estado de São Paulo têm sido conduzidas várias experiências, em diferentes tipos de solo, sempre com respostas favoráveis da soja à calagem (2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13).

O objetivo deste trabalho é relatar os resultados de mais uma experiência, realizada em três anos consecutivos, para comparar o efeito do calcário dolomítico com o da cal extinta, sendo êsses corretivos aplicados ao lado dos sulcos de plantio ou a lanço, sômente no primeiro ano ou parceladamente.

2 — MATERIAIS E MÉTODOS

A experiência foi instalada em 1952-53 e repetida, nos mesmos canteiros, em 1953-54 e 1954-55.

Em blocos ao acaso, com quatro repetições, foram estudados os seguintes tratamentos: a) D₁ em sulcos; b) D₁ a lanço; c) D₃ em sulcos; d) D₃ a lanço; e) C₁ em sulcos; f) C₁ a lanço; g) C₂ em sulcos; h) Testemunha (sem corretivo).

A letra D representa 5 t/ha de calcário dolomítico com 30,24% de CaO e 20,10% de MgO; a C, 2,78 t/ha de cal extinta com 56,32% de CaO. O índice 1 indica que a dose total foi aplicada de uma vez, no primeiro ano; o 2, que metade foi empregada no primeiro ano e metade no segundo; o 3, que em cada ano se aplicou um terço do total. As doses totais foram calculadas para elevar o pH do solo a 6,5.

Os corretivos foram sempre empregados no decorrer de setembro, em solo arado e gradeado. Para a aplicação localizada,

abriram-se sulcos paralelos, com o espaçamento usado para a soja (60 cm). Tanto neste caso como no da distribuição a lanço, os corretivos foram levemente misturados com o solo. Na ocasião do plantio da soja, sempre na primeira quinzena de novembro, a área experimental foi capinada com enxada. Nos canteiros que tiveram aplicações localizadas, abriram-se os pequenos sulcos de plantio ao lado daqueles que receberam corretivos.

Os canteiros constaram de sete fileiras de 6 m, aproveitando-se somente as três fileiras centrais. Assim, a área útil de cada canteiro correspondeu a 10,80 m². Por metro linear de fileira, usaram-se 30 sementes inoculadas da variedade Abura, desbastando-se para deixar 24 plantas por metro.

A experiência foi conduzida na Estação Experimental "Theodoreto de Camargo", Campinas. A área utilizada, cujas características químicas figuram na segunda coluna do quadro 1, era de terra-roxa-misturada. Depois de arrancado o cafézal que a ocupava, ficou por vários anos abandonada à vegetação espontânea. Na experiência, não foram empregados adubos minerais, pois a área escolhida, além de suficientemente fértil, havia sido beneficiada pelos anos de pousio.

QUADRO 1. — Experiência sobre maneiras de efetuar a calagem para a cultura de soja. Resultados analíticos (1) de amostras compostas do solo, tiradas antes do início da experiência, em toda a área utilizada, e um ano mais tarde (após a primeira colheita), nos canteiros da testemunha e nos do tratamento D₁, em que a dose total de calcário dolomítico (5 t/ha) foi aplicada a lanço no ano anterior

Características determinadas	Antes da calagem	Um ano mais tarde	
		Testemunha	Tratamento D ₁
pH	4,80	5,20	5,90
Matéria orgânica, %	1,80	2,50	2,30
N total, %	0,13	0,16	0,19
PO ₄ ⁻³ , e.mg (2)	0,58	0,63	1,63
K ⁺ , e.mg (3)	0,40	0,35	0,32
Ca ⁺⁺ , e.mg (3)	1,90	2,50	4,80

(1) Análises efetuadas na Seção de Química Mineral do Instituto Agronômico.

(2) Extraído em solução de ácido oxálico + oxalato de potássio, por 100 g de solo seco.

(3) Elementos trocáveis, por 100 g de solo seco.

3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos dois meses anteriores ao plantio da soja, as chuvas foram um pouco inferiores às normais da época e, aparentemente, mal chegaram para difundir no solo pequena parte dos corretivos aplicados. Depois do plantio, houve deficiência de umidade em dezembro e fevereiro de 1952-53, bem como em novembro de 1954-55. Fora disso, o tempo correu favoravelmente.

Comparando, no quadro 1, os dados da terceira coluna com os da segunda, verifica-se que, no intervalo entre o início da experiência e o comêço do seu segundo ano, o preparo do solo, a incorporação da vegetação espontânea e a própria cultura da soja no primeiro ano, melhoraram apreciavelmente o pH do solo e os teores de matéria orgânica, nitrogênio total, fósforo solúvel e cálcio trocável. A comparação das duas últimas colunas mostra que a calagem efetuada no ano anterior melhorou, ainda, o pH e os teores de nitrogênio, cálcio e fósforo. Note-se que o teor de potássio trocável sofreu apreciável redução a partir do início da experiência e que a elevação do pH, em consequência da calagem, foi relativamente pequena, ao passo que a do teor de fósforo solúvel foi muito grande. Não se determinou o teor de magnésio.

No primeiro ano, a germinação foi prejudicada em todos os tratamentos que receberam calagem. Em média destes, a redução atingiu 15%, não se notando, porém, diferenças consistentes entre os corretivos, os modos de aplicação e as doses então usa-

QUADRO 2. — Produções de sementes de soja, em quilogramas por hectare, obtidas em uma experiência de calagem conduzida por três anos na Estação Experimental "Theodoreto de Camargo", Campinas, na qual foram estudados, em solo ácido, os efeitos do calcário dolomítico (D) e da cal extinta (C) aplicados em sulcos situados ao lado dos sulcos de plantio ou a lanço, semente no primeiro ano ou parceladamente

Tratamentos (1)	1952-53	1953-54	1954-55	Médias
D ₁ em sulcos	2.090	2.111	1.958	2.053
D ₁ a lanço	2.222	1.963	1.429	1.871
D ₃ em sulcos	2.206	2.044	1.706	1.985
D ₃ a lanço	2.331	1.725	1.794	1.950
C ₁ em sulcos	1.935	2.366	1.975	2.092
C ₁ a lanço	2.123	2.086	1.755	1.988
C ₂ em sulcos	2.241	2.162	1.817	2.073
Testemunha (sem corretivo)	1.451	1.183	1.153	1.262

(1) D = 5 t/ha de calcário dolomítico; C = 2,78 t/ha de cal extinta. O índice *i* indica que a dose total foi aplicada no primeiro ano; o 2, que metade foi empregada no primeiro ano e metade no segundo; o 3, que em cada ano se aplicou um terço do total.

das. Todavia, os "stands" finais, nos três anos, foram satisfatórios e suficientemente uniformes.

As produções são apresentadas no quadro 2. Observa-se que, nos três anos, as obtidas no tratamento testemunha foram apenas sofríveis, ao passo que as beneficiadas pela calagem, sempre muito superiores, podem ser consideradas muito boas. Do primeiro ano para o terceiro, as produções da testemunha caíram segundo a relação 100:82:80; em média dos tratamentos que receberam corretivos, porém, a queda foi mais suave, pois a relação correspondeu a 100:95:82.

Na análise da variância do conjunto dos três anos, o efeito médio de anos foi altamente significativo e negativo, mas a interação anos \times tratamentos não alcançou significância, indicando que, embora a produção decrescesse no decorrer da experiência, a relação entre os tratamentos permaneceu, estatisticamente, a mesma. A diferença entre tratamentos também foi altamente significativa. Nesse conjunto, o coeficiente de variação relativo a tratamentos correspondeu a 18%.

A testemunha foi significativamente inferior, ao nível de 1%, a todos os tratamentos que receberam calagem. Entre êstes, porém, as diferenças foram pequenas e, mesmo ao nível de 5%, não alcançaram significância. Efetivamente, enquanto a produção média da testemunha correspondeu a apenas 1.262 kg/ha, as dos tratamentos que receberam corretivos variaram entre 1.871 e 2.092 kg/ha, com a média geral de 2.002 kg/ha. Nessas condições, o efeito médio da calagem se elevou a +740 kg/ha ou +59%.

Comparando êsse grande efeito com o pequeno aumento que provocou sobre o pH do solo (quadro 1), conclui-se que a calagem atuou principalmente como fornecedora direta ou mobilizadora de elementos essenciais. Resultado semelhante foi observado por Wutke e Gargantini (13), em experiência com soja.

Conquanto não tenham sido significativas as diferenças entre os dois corretivos e os métodos de aplicação usados, convém verificar se os fatos observados fornecem mais algumas informações úteis.

Comparando as médias dos tratamentos que receberam calcário dolomítico (D_1 em sulcos, D_1 a lanço e D_3 em sulcos) com as dos que receberam cal extinta (C_1 em sulcos, C_1 a lanço e C_2 em sulcos), verifica-se que o último corretivo se mostrou um pouco inferior, no primeiro ano, mas superior nos outros dois, de sorte que, em média dos três anos, os efeitos do calcário dolomítico e da cal extinta atingiram, respectivamente, +708 e +789 kg/ha.

A comparação das médias dos tratamentos D_1 , D_3 e C_1 , aplicados a lanço ou em sulcos, revela que o último modo de aplicação foi apreciavelmente inferior, no primeiro ano, e superior, nos dois anos seguintes, tendo o efeito médio das aplicações a lanço

correspondido a +674 kg/ha, e o das aplicações em sulcos, a +781 kg/ha.

Resultado semelhante foi observado no contraste entre as médias das aplicações parceladas (tratamentos D_3 em sulcos, D_3 a lanço e C_2 em sulcos) e as das aplicações das doses totais dos mesmos corretivos no primeiro ano. Esta maneira de efetuar a calagem foi muito menos eficiente no primeiro ano, mas superou o parcelamento nos demais. Em média dos três anos, as duas maneiras se mostraram praticamente iguais, proporcionando aumentos de cerca de 740 kg/ha.

O efeito residual da calagem efetuada somente no primeiro ano pode ser estudado tomando os aumentos proporcionados, em cada ano, por D_1 nos sulcos, D_1 a lanço, C_1 nos sulcos e C_1 a lanço. Em média desses quatro tratamentos, as respostas, do primeiro ano para o terceiro, corresponderam a +642, +948 e +626 kg/ha. Vê-se que, em números absolutos, o efeito imediato foi muito menor que o residual do segundo ano e praticamente igual ao do terceiro. Como as produções caíram consideravelmente no decorrer da experiência, os efeitos relativos, menos dependentes do volume da produção e que alcançaram, sucessivamente, +44, +80 e +54%, mostraram que, mesmo no terceiro ano, o efeito residual superou o imediato. Destacando, do grupo anterior, o tratamento C_1 nos sulcos, que, tendo sido o menos eficiente no primeiro ano, superou os demais nos anos seguintes, verifica-se que, enquanto seu efeito imediato correspondeu a apenas +33%, os residuais do segundo e terceiro anos se elevaram a +100 e +71%, respectivamente.

As diferenças observadas, no primeiro ano, contra a cal extinta, as aplicações em sulcos e o emprêgo das doses totais no início da experiência, bem como entre o efeito imediato dessas doses e seu efeito residual, parecem indicar que isso resultou de excessiva concentração local de sais, à qual a soja, segundo Ignatieff e Page (4), é muito sensível.

Para dar uma idéia mais precisa da influência dessa concentração, no quadro 3 figuram os aumentos de produção obtidos, no primeiro ano, com os tratamentos D_3 e D_1 , que então receberam, respectivamente, 1,67 e 5,00 t/ha de calcário dolomítico, e com C_2 e C_1 , que receberam 1,39 e 2,78 t/ha de cal extinta. Nota-se que as respostas à calagem diminuíram quando aumentadas as doses, e que essa redução, embora mais acentuada na aplicação em sulcos laterais, também foi observada na aplicação a lanço. Nota-se, ainda, que o efeito do corretivo mais ativo, cal extinta, foi o mais prejudicado pela aplicação da dose maior em sulcos.

O quadro 3 também permite mostrar que, pelo menos no primeiro ano, nas condições da presente experiência poderiam ser asseguradas maiores respostas à calagem com doses muito menores que as totais usadas.

QUADRO 3. — Experiência de calagem conduzida em Campinas. Aumentos de produção de soja, em quilogramas por hectare, obtidos no primeiro ano (1952-53), quando puderam ser estudados os efeitos de doses crescentes dos dois corretivos aplicados a lanço ou em sulcos situados ao lado dos sulcos de plantio

Tratamentos		Efeitos das aplicações	
Corretivos	Doses, t/ha	a lanço	em sulcos
Calcário dolomítico	1,67	880	755
	5,00	771	639
Cal extinta	1,39	(¹)	790
	2,78	672	484

(¹) Esta dose não foi aplicada a lanço.

Conquanto o efeito da calagem tenha sido grande e, no conjunto dos três anos, não tenha havido diferenças apreciáveis entre os corretivos e os métodos de aplicação usados, as observações feitas no primeiro ano indicam que melhores teriam sido os resultados desse ano e, conseqüentemente, os finais, se a aplicação fôsse efetuada de maneira a evitar excesso de concentração local.

Esse excesso, que é geralmente atribuído à aplicação em sulcos, onde o volume de solo influenciado pela calagem é limitado no sentido horizontal, também pode ser observado na aplicação a lanço, quando esta é feita superficialmente, como na experiência em estudo. As doses usadas foram calculadas, como normalmente se faz, para distribuição em uma camada de solo correspondente à cêrca de 20 cm. Empregados superficialmente, e tendo chovido pouco no intervalo entre a aplicação e o plantio da soja, os corretivos (ou compostos deles derivados) provàvelmente pouco penetraram no solo. Assim, enquanto a camada mais profunda ficou praticamente sem o benefício da calagem durante parte do ciclo da soja, na mais superficial a concentração de sais foi tal que prejudicou a germinação e o desenvolvimento inicial das plantas. Mais tarde, com as chuvas do verão e, sobretudo, depois da aração para o plantio do ano seguinte, é que deve ter processado a desejada mistura com o volume de solo para o qual as doses foram calculadas. Isso parece explicar porque, na produção, o efeito imediato das doses aplicadas somente no primeiro ano foi menor que o residual.

Os corretivos foram empregados dois meses antes do plantio, efetuado em novembro. Contudo, mesmo que a antecedência fôsse muito maior, no clima do Planalto Paulista, sêco de abril a setembro, dificilmente uma aplicação superficial atingiria a profundi-

dade desejada, sem auxílio mecânico. Tendo em vista a sensibilidade da soja à concentração de sais, por vêzes se recomenda (4) fazer a calagem, quando necessária, na cultura anterior. Mas isso importa em transferir o problema para outra cultura, e bem pode acontecer que, para esta, o solo não necessite correção.

Parece, assim, que na calagem para a soja ou qualquer cultura a ser plantada na primavera, é mais acertado não contar com chuva para difundir o corretivo, e misturá-lo, tão bem quanto possível, por processos mecânicos. Em tais casos, Mikkelsen e colaboradores (6) têm obtido melhores resultados, em relação aos proporcionados pela aplicação superficial (0-10 cm), usando um processo que consiste em, pelo menos um mês antes do plantio, a) espalhar, a lanço, metade da dose de calcário, b) arar à profundidade de 20-25 cm, c) espalhar a outra metade da dose e d) discar à profundidade de 10 cm.

4 — CONCLUSÕES

a) Em média dos três anos em que foi conduzida a experiência e dos tratamentos que receberam corretivos (ao todo, 5 t/ha de calcário dolomítico ou 2,78 t/ha de cal extinta), o aumento de produção proporcionado pela calagem foi altamente significativo e correspondeu a 740 kg/ha ou 59%.

b) As diferenças médias entre os dois corretivos usados, bem como entre os métodos de aplicação (em sulcos laterais aos de plantio ou a lanço, tôda a dose no primeiro ano ou parceladamente) foram pequenas e não alcançaram significância estatística.

c) As observações efetuadas indicaram que, aplicados em sulcos laterais ou mesmo a lanço, superficialmente (sem serem misturados profundamente com o solo), os corretivos podem causar excessiva concentração local de sais e prejudicar a germinação e o desenvolvimento inicial das plantas.

d) O efeito imediato das doses aplicadas sòmente no primeiro ano foi bem menor que o residual, o que se atribui ao inconveniente citado em c.

FERTILIZING SOYBEANS

IV — EXPERIMENTS ON METHODS OF APPLYING LIMING MATERIALS

SUMMARY

An experiment was conducted on an acid soil at Campinas, State of São Paulo, to study the effects, on the yield of soybeans, of hydrated lime

and dolomitic limestone broadcast or sideplaced, the entire doses being applied in the first year or portionswise over two or three years.

The average increase through liming corresponded to 59%, but the differences between the two liming materials, as well as those shown by the methods of application were small. The direct effect of the entire doses applied in the first year was smaller than the residual effect.

LITERATURA CITADA

1. CARTER, J. L. & HARTWIG, E. The management of soybeans. In Norman, A. C., ed. The soybean. New York, Academic Press, 1963. 239p.
2. FREITAS, L. M. M., McCLUNG, A. C. & LOTT, W. L. Experimentos de adubação em dois solos de campo cerrado. São Paulo, Instituto de Pesquisas IRI, 1960. (Boletim n.º 21)
3. GALLO, J. R., CATANI, R. A. & GARGANTINI, H. Efeito de três tipos de calcário na reação do solo e no desenvolvimento da soja. *Bragantia* 15:[121]-130. 1956.
4. IGNATIEFF, V. & PAGE, H. J., ed. Efficient use of fertilizers. Roma, F.A.O., 1959. 355p.
5. KALCKMANN, R. E. Adubação da soja. In *Cultura e adubação da soja*, Pelotas, RS, Instituto Agrônomo do Sul, (1962?). 31p.
6. MIKKELSEN, D. S., FREITAS, L. M. M. & McCLUNG, A. C. Efeitos da calagem e adubação na produção de milho, algodão e soja, em três solos de campo cerrado. São Paulo, Instituto de Pesquisas IRI, 1962. (Boletim n.º 29)
7. MIYASAKA, S., FREIRE, E. S. & MASCARENHAS, H. A. A. Ensaio de adubação da soja e do feijoeiro em solo do arenito Botucatu, com vegetação de cerrado. *Bragantia* 23:[45]-59. 1964.
8. ————. Adubação da soja. III — Efeito NPK, do enxofre e de uma mistura de micronutrientes em solo do arenito Botucatu, com vegetação de cerrado. *Bragantia* 23:[65]-71. 1964.
9. ———— & SILVA, J. GOMES DA. Adubação da soja. I — Ensaio preliminares de adubação mineral em terra-roxa-misturada. *Bragantia* 19:[667]-674. 1960.
10. ————, WUTKE, A. C. P. & VENTURINI, W. R. Adubação da soja. II — Adubação mineral em "terra-roxa-misturada com argilito do Glacial". *Bragantia* 21:[617]-630. 1962.
11. NEME, N. A. Ensaio de aplicação de calcário e matéria orgânica em soja. Relatório da Seção de Leguminosas. Instituto Agrônomo de Campinas, 1959-60. (Não publicado)
12. OHLROGGE, A. J. Mineral nutrition of soybeans. In Norman, A. C., ed. The soybean. New York, Academic Press, 1963. 239p.
13. WUTKE, A. C. P. & GARGANTINI, H. Avaliação das possibilidades de escórias de siderurgia como corretivos da acidez do solo. *Bragantia* 21:[795]-805. 1962.