

BRAGANTIA

Boletim Científico do Instituto Agrônômico do Estado de S. Paulo

Vol. 27

Campinas, agosto de 1968

N.º 25

ADUBAÇÃO DA SOJA

VII — EFEITO DE DOSES CRESCENTES DE CALCÁRIO, FÓSFORO E POTÁSSIO EM SOLO LATOSSOLO ROXO COM VEGETAÇÃO DE CERRADO RECÉM-DESBRAVADO (1)

H. A. A. MASCARENHAS, S. MIYASAKA, *engenheiros-agrônomos*, *Seção de Leguminosas*, TOSHIO IGUE, *engenheiro-agrônomo*, *Seção de Técnica Experimental*, e E. S. FREIRE, *engenheiro-agrônomo* (2), *Instituto Agrônômico*

SINOPSE

Em experiência de adubação da soja, conduzida por dois anos no Planalto Paulista, numa área de Latossolo Roxo com vegetação de cerrado, estudou-se o efeito de doses crescentes de calcário magnésiano na ausência e na presença de adubações minerais. Não obstante a elevada acidez do solo, o efeito da calagem foi praticamente nulo. A resposta ao potássio foi positiva, mas pequena. O fósforo proporcionou considerável aumento de produção.

1 — INTRODUÇÃO

Conquanto tolerante à acidez do solo, a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) produz mais em solos aproximadamente neutros. Em várias partes do mundo, ela é cultivada em solos cujo pH varia entre 4,5 e 7,5, mas os melhores resultados são obtidos onde esse índice está situado entre 6,0 e 6,5 (3). Nos Estados Unidos da América do Norte, país que contribui com cerca de 60% para a produção mundial de soja, a opinião mais corrente é que essa leguminosa se desenvolve melhor em solos com pH de 6,0 a 6,5. Nesse país, a calagem dos solos com baixo pH é prática genera-

(1) Recebido para publicação em 8 de julho de 1968.

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

lizada. Emprega-se principalmente calcário dolomítico, que, além de reduzir a acidez, fornece cálcio e magnésio como nutrientes (1).

Miyasaka e colaboradores (5) citam nove trabalhos sôbre experiências realizadas no Estado de São Paulo, nas quais a soja tem respondido favoravelmente à calagem em diversos tipos de solo. Idênticos resultados foram relatados mais recentemente por Mascarenhas e colaboradores (4).

No presente trabalho são apresentados os resultados de mais uma experiência, conduzida no Planalto Paulista, numa área de solo Latossolo Roxo com vegetação de cerrado recém-desbravado, na qual a calagem foi testada na ausência e na presença de adubações minerais com fósforo e potássio.

2 — MATERIAIS E MÉTODOS

Usou-se o delineamento de parcelas subdivididas, com três repetições. Nas parcelas foram empregados quatro níveis de calcário, simbolizados por C_0 , C_1 , C_2 e C_3 . Dentro de cada parcela, as subparcelas constituíram um fatorial 3^2 para os níveis 0, 1 e 2 de fósforo e de potássio.

A experiência foi planejada para ser executada em, pelo menos, três anos, nos quais seriam comparadas três seqüências de calagem e adubação mineral. A calagem foi efetuada nas três seqüências, mas somente no primeiro ano. Nesse ano, empregaram-se também os adubos nas seqüências I e II. No segundo ano, as seqüências I e III é que receberam adubos. No terceiro, apenas as seqüências II e III seriam adubadas; contudo, grande parte da experiência teve que ser eliminada no segundo ano, o que impediu sua continuação. Todavia, as informações obtidas no primeiro ano e na seqüência I do segundo foram aproveitadas da seguinte maneira:

1) No primeiro ano, deixou-se de lado, por desnecessária, a seqüência III, que só recebeu calcário, e juntaram-se as seqüências I e II, de sorte que, nesta parte da experiência, que ficou com seis repetições, puderam ser estudados os efeitos da calagem e da adubação mineral, na ausência e na presença uma da outra.

2) No segundo ano, a parte aproveitada (seqüência I) permitiu estudar o efeito residual da calagem, bem como o da soma da readubação com os resíduos da adubação realizada no primeiro ano. Neste caso, só foram utilizadas três repetições.

No quadro 1 são apresentados os resultados das análises granulométrica e química do calcário usado. As doses C_0 , C_1 , C_2 e C_3 corresponderam a, respectivamente, 0, 1,6, 3,2 e 4,8 t/ha. O corretivo foi aplicado no dia 25 de setembro de 1965 e incorporado ao solo com grade de discos. Com a aração geral da área experimental, antes do plantio da soja, é que foi incorporado mais profundamente ao solo.

QUADRO 1. — Análises granulométrica e química do calcário usado na experiência de calagem x adubação da soja conduzida em Ipuã (1)

| Análise granulométrica | | | Análise química | |
|------------------------|-------------------------|--------------------|----------------------------|-------------|
| Número da peneira USBS | Abertura das malhas, mm | Porcentagem retida | Característica determinada | Porcentagem |
| 10 | 2,00 | 1,5 | Umidade | 0,22 |
| 20 | 0,840 | 29,6 | Perda ao fogo | 41,88 |
| 50 | 0,297 | 25,0 | Resíduo | 2,98 |
| 100 | 0,149 | 12,9 | R_2O_3 | 0,70 |
| Total (2) ... | | 69,0 | CaO | 39,83 |
| | | | MgO | 11,55 |
| | | | $CaCO_3$ equivalente . | 99,75 |

(1) Análises efetuadas na Seção de Agrogeologia.

(2) A porção que passou pela peneira n.º 100 correspondeu a 31%.

O fósforo foi empregado na forma de superfosfato simples, nas doses de 0, 100 e 200 kg/ha de P_2O_5 ; o potássio, como cloreto, nas doses de 0, 60 e 120 kg/ha de K_2O . Esses adubos foram aplicados na ocasião do plantio, em sulcos situados 5 cm ao lado dos destinados às sementes.

As subparcelas tiveram quatro fileiras de 5 m, com o espaçamento de 60 cm, mas só foram utilizadas, para as observações,

as duas fileiras centrais, de cujas cabeceiras foram eliminadas, na colheita, bordaduras de 50 cm. Portanto, a área útil das subparcelas correspondeu a 4,80 m². Por metro linear de fileira, usaram-se 25 sementes inoculadas da variedade Pelicano.

No primeiro ano (1965-66), a soja foi semeada em 5 de novembro e colhida em 6 de abril; no segundo (1966-67), respectivamente em 2 de novembro e 11 de abril.

A experiência foi conduzida na fazenda da Prata ⁽³⁾, município de Ipuã, em solo Latossolo Roxo, segundo a classificação da Comissão de Solos do Serviço Nacional de Pesquisas Agrônomicas ⁽⁶⁾. A área utilizada, que tinha vegetação de cerrado, ou melhor, de cerradão, havia sido desbravada seis meses antes da instalação do ensaio. A análise ⁽⁴⁾ de uma amostra composta, tirada antes da calagem, revelou ter essa gleba pH 4,80, 1,32% de C, 0,11% de N e, em e.mg por 100 g de solo, 0,05 de K⁺, 0,30 de Ca⁺², 0,25 de Mg⁺², 4,90 de H⁺ + Al⁺³ trocáveis, bem como 0,05 de PO₄⁻³ solúvel em H₂SO₄ 0,05 N.

Na ocasião da colheita de 1966-67 fêz-se detalhada amostragem da área experimental, para verificar as modificações determinadas pela calagem em algumas características químicas do solo.

3 — RESULTADOS

Nos dois anos, o tempo correu favoravelmente durante o ciclo da soja. A germinação se processou normalmente e os "stands" foram satisfatórios e suficientemente uniformes.

3.1 — PRODUÇÃO DE 1965-66

No quadro 2 são apresentadas as produções de sementes obtidas no primeiro ano, as quais podem ser consideradas muito boas nos tratamentos que receberam fósforo. Na análise estatística dessas produções, o coeficiente de variação correspondeu a 26,6%, nas parcelas, e a 12,5% nas subparcelas.

O efeito médio da calagem foi praticamente nulo e as interações calcário x P e calcário x K não alcançaram significância.

⁽³⁾ Os autores agradecem ao Sr. Mário Amaral, proprietário da fazenda da Prata, pela colaboração prestada na execução da experiência.

⁽⁴⁾ Análise efetuada na Seção de Agrogeologia, com a colaboração do Eng.º Agr.º Bernardo van Raij.

QUADRO 2. — Produções de sementes de soja, em quilogramas por hectare, obtidas em 1965-66 na experiência de calagem x adubação, em solo Latossolo Roxo com vegetação de cerrado recém-desbravado

| Adubação (Níveis de P e K) | Calagem | | | | Média |
|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| | C ₀ | C ₁ | C ₂ | C ₃ | |
| 00 | 1757 | 1705 | 1698 | 1550 | 1678 |
| 01 | 1634 | 1667 | 1663 | 1901 | 1716 |
| 02 | 1979 | 1894 | 1646 | 1715 | 1808 |
| Média | 1790 | 1755 | 1669 | 1722 | 1734 |
| 10 | 2399 | 2476 | 2530 | 2563 | 2492 |
| 11 | 2575 | 2856 | 2472 | 2538 | 2610 |
| 12 | 2582 | 2545 | 2681 | 2740 | 2637 |
| Média | 2519 | 2626 | 2561 | 2614 | 2580 |
| 20 | 2517 | 2783 | 2587 | 2488 | 2594 |
| 21 | 2720 | 2552 | 2642 | 2668 | 2645 |
| 22 | 2583 | 2559 | 2819 | 2691 | 2663 |
| Média | 2607 | 2631 | 2683 | 2616 | 2634 |
| Média geral | 2305 | 2337 | 2304 | 2317 | ----- |

O efeito médio do fósforo atingiu +873 kg/ha (+50%) e foi altamente significativo. Os efeitos P_L e P_Q também alcançaram significância ao nível de 1% de probabilidade, mas enquanto o primeiro foi positivo, o segundo se mostrou negativo. Efetivamente, a resposta a P₂, de +900 kg/ha, superou apenas um pouco a proporcionada por P₁ (+846 kg/ha). Embora a interação P x calcário não tenha sido significativa, convém registrar que a resposta ao fósforo se elevou de +773 kg/ha (+43%), na ausência, para +907 kg/ha (+52%), na presença do corretivo. A presença do potássio não alterou o efeito do fósforo.

Dos efeitos do potássio, apenas K_L alcançou significância. Mesmo assim, as respostas a K_1 e K_2 corresponderam a tão somente +70 e +115 kg/ha (+3 e +5 por cento). A interação K x P (tal como K x calcário) não foi significativa.

QUADRO 3. — Produções de sementes de soja, em quilogramas por hectare, obtidas no segundo ano (1966-67) da experiência de calagem x adubação em solo Latossolo Roxo com vegetação de cerrado. O calcário foi aplicado somente no primeiro ano; os adubos, nos dois anos

| Adubação (Níveis de P e K) | Calagem | | | | Média |
|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------|
| | C ₀ | C ₁ | C ₂ | C ₃ | |
| 00 | 2694 | 2298 | 2465 | 2521 | 2494 |
| 01 | 2369 | 2348 | 2479 | 2396 | 2398 |
| 02 | 2563 | 2506 | 2458 | 2535 | 2516 |
| Média | 2542 | 2384 | 2467 | 2484 | 2469 |
| 10 | 2979 | 2923 | 2500 | 3306 | 2927 |
| 11 | 3673 | 3048 | 3069 | 3515 | 3326 |
| 12 | 3160 | 2521 | 2890 | 3119 | 2923 |
| Média | 3271 | 2831 | 2820 | 3313 | 3059 |
| 20 | 3104 | 3027 | 3131 | 2819 | 3020 |
| 21 | 3298 | 3098 | 2819 | 3125 | 3085 |
| 22 | 3006 | 3256 | 2840 | 3083 | 3046 |
| Média | 3136 | 3127 | 2930 | 3009 | 3050 |
| Média geral | 2983 | 2781 | 2739 | 2935 | - - - - |

3.2 — PRODUÇÃO DE 1966-67

Conforme esclarecido no capítulo 2, no segundo ano da experiência só pôde ser aproveitada a parte que permite estudar o efeito residual da calagem e o efeito imediato das readubações somado ao dos resíduos das adubações de 1965-66.

As produções, que se acham no quadro 3, foram elevadas, ainda melhores que as do ano anterior. Os coeficientes de variação das parcelas e das subparcelas foram de, respectivamente, 13,3 e 13,5 por cento.

A resposta à calagem foi negativa (-165 kg/ha ou -6% , em média), mas não alcançou significância. Também não alcançaram significância as interações calcário x P e calcário x K. O efeito médio do fósforo atingiu $+585$ kg/ha ($+24\%$) e foi significativo ao nível de 1% de probabilidade. O efeito P_L , altamente significativo, foi positivo, ao passo que o P_Q também altamente significativo, foi negativo. A resposta ao potássio foi praticamente nula e a interação K x P não alcançou significância.

3.3 — INFLUÊNCIA DA CALAGEM SÔBRE O SOLO

Para verificar o efeito da calagem sôbre algumas características químicas do solo, tiraram-se amostras das camadas de 0-15, 15-30 e 30-45 cm de profundidade. Essa operação foi executada após a segunda colheita, cêrca de dezoito meses depois da aplicação do calcário. De cada parcela foi tirada apenas uma amostra, ao acaso, sem que fôssem escolhidas as subparcelas do esquema fatorial. Disso e do pequeno número de amostras de cada parcela e profundidade resultaram várias irregularidades, que se associaram às decorrentes do fato de se tratar de área recém-desbravada.

A seqüência I recebeu, além da calagem, duas adubações minerais, razão por que, para o presente estudo, foram aproveitadas sômente as seqüências II e III, que haviam recebido, até a data da amostragem, uma aplicação de calcário e uma de adubos minerais.

Convém lembrar que a calagem foi efetuada com calcário magnesiano, e que o fósforo, empregado sob a forma de superfosfato simples, em doses elevadas, também forneceu ao solo apreciável quantidade de cálcio.

Os resultados analíticos, que se referem às médias dos dados obtidos nas seqüências II e III, são apresentados no quadro 4.

Numa apreciação sumária do quadro 4, verifica-se que o efeito da calagem sôbre o índice pH do solo foi muito pequeno e

QUADRO 4. — Influência da aplicação de calcário magnesiano sôbre algumas características químicas do solo (1), verificada na ocasião da segunda colheita do ensaio, dezoito meses depois da calagem. As amostras foram tiradas nas camadas de 0-15, 15-30 e 30-45 cm de profundidade, simbolizadas, respectivamente, pelas letras a, b e c

| Característica determinada | Camada do solo | Dose de calcário | | | |
|--|----------------|------------------|------|------|------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 |
| pH | a | 4,20 | 4,55 | 5,12 | 4,65 |
| | b | 4,00 | 4,02 | 4,55 | 4,20 |
| | c | 4,12 | 4,15 | 4,58 | 4,15 |
| | Média | 4,11 | 4,24 | 4,75 | 4,33 |
| C, % | a | 1,72 | 1,64 | 1,79 | 2,06 |
| | b | 0,93 | 1,58 | 1,90 | 1,74 |
| | c | 1,16 | 1,17 | 2,02 | 1,62 |
| | Média | 1,29 | 1,46 | 1,90 | 1,81 |
| PO ₄ ⁻³ , e.mg (2) | a | 0,09 | 0,09 | (3) | 0,07 |
| | b | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| | c | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,02 |
| | Média | 0,04 | 0,05 | --- | 0,04 |
| K ⁺ , e.mg (4) | a | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 0,07 |
| | b | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,06 |
| | c | 0,04 | 0,05 | 0,04 | 0,04 |
| | Média | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,06 |
| Ca ⁺² + Mg ⁺² , e.mg (4) | a | 0,55 | 1,00 | 1,95 | 1,20 |
| | b | 0,20 | 0,25 | 0,35 | 0,40 |
| | c | 0,25 | 0,40 | 0,60 | 0,45 |
| | Média | 0,33 | 0,55 | 0,97 | 0,68 |
| Al ⁺³ , e.mg (4) | a | 1,00 | 0,80 | tr. | 0,40 |
| | b | 0,50 | 0,65 | 0,70 | 0,75 |
| | c | 0,30 | tr. | 0,45 | 0,25 |
| | Média | 0,60 | 0,48 | 0,38 | 0,47 |

(1) Análise efetuada na Seção de Fertilidade do Solo.

(2) Solúvel em H₂SO₄ 0,05N, por 100 g de solo.

(3) Uma das amostras discrepou consideravelmente das demais.

(4) Trocável, por 100 g de solo.

que, estranhamente, a dose 2 se mostrou mais eficiente que a 3. Na camada de 0-15 cm, a mais beneficiada pelo corretivo, o aumento determinado por aquela dose não atingiu uma unidade de pH.

No teor de $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$ trocável, a influência da calagem foi mais pronunciada, pois chegou a triplicá-lo quando se empregou a dose 2. Também aqui, a dose 3 se mostrou menos eficiente. No que se refere ao teor de Al^{+3} trocável, o efeito da calagem foi muito irregular. Seja como fôr, ela o reduziu apreciavelmente na camada mais superficial.

Os teores de PO_4^{-3} solúvel e K^+ trocável praticamente não foram afetados pela calagem, mas esta contribuiu para aumentar o teor de matéria orgânica, provavelmente porque apressou a decomposição da massa vegetal resultante do desbravamento, integrando-a na terra fina destinada à análise.

4 — DISCUSSÃO

Pouco se tem a dizer sobre o bom efeito da adubação fosfatada, ocorrência normal em áreas de cerrado recém-desbravadas. O fato de não ter havido aumento de produção quando se passou da dose 1 para a 2 de fósforo também parece explicável, visto como a primeira dose (100 kg/ha de P_2O_5) foi bastante elevada. Acresce ainda que na área aproveitada para a experiência, de solo Latossolo Roxo com vegetação de cerradão, mesmo sem adubação (e sem calagem) a produção de sementes de soja atingiu 1757 kg/ha, no primeiro ano, e 2694 kg/ha, no segundo.

Não se tem explicação para o pequeno efeito do potássio, pois, a julgar pela análise, o solo era deficiente nesse elemento.

A falta de resposta à calagem é que foi verdadeiramente desconcertante, pois o solo era muito ácido (pH 4,8), e a soja, embora tolerante à acidez, geralmente produz melhor em solos levemente ácidos ou neutros (1, 3, 5).

O calcário foi aplicado quarenta dias antes do plantio e bem misturado com a camada arável (gradagem com discos, depois da aplicação, aração e nova gradagem, ao ser preparado o solo para o plantio). As chuvas caídas nesse intervalo e durante o

ciclo da soja, principalmente no período inicial, foram mais que suficientes para completar a incorporação do corretivo ao solo. Contudo, poder-se-ia objetar que o prazo entre a aplicação e o primeiro plantio tivesse sido pequeno. Mas o fato é que, mesmo no segundo ano, quando se efetuou a sementeira cerca de treze meses depois da calagem, esta ainda não aumentou a produção.

A análise de amostras tiradas após a segunda colheita (quadro 4) revelou que a calagem elevou o pH do solo e os teores de cálcio e magnésio, e reduziu o de alumínio. Essa melhoria, porém, não correspondeu à esperada, o que levou a suspeitar da eficiência do material usado.

O quadro 1 mostra que os teores desse material em neutralizantes eram bons e que o tamanho das partículas não parece ter sido a causa do insucesso. Mesmo porque, se a proporção (31%) de partículas que passaram pela peneira USBS n.º 100 fôsse insuficiente para uma pequena aplicação, certamente não seria para dosagens como as experimentadas, que se elevaram até 4,8 t/ha. É verdade que a atividade de um calcário não depende somente da quantidade de neutralizantes e da finura das partículas, mas também da natureza da rocha moída (2).

5 — CONCLUSÕES

Da experiência relatada, conduzida por dois anos em solo Latossolo Roxo com vegetação de cerrado recém-desbravado, podem-se tirar as seguintes conclusões gerais:

a) Não obstante a forte acidez do solo estudado (pH 4,8), a calagem com doses que se elevaram até 4,8 t/ha de calcário magnésiano não aumentou a produção da soja.

b) Embora positiva, a resposta ao potássio foi muito pequena.

c) O fósforo (superfosfato simples) aumentou consideravelmente a produção. Entretanto, a dose de 100 kg/ha de P_2O_5 mostrou-se tão eficiente quanto a de 200 kg/ha.

FERTILIZING SOYBEANS

VII — EFFECTS OF INCREASING DOSES OF LIME, PHOSPHORUS AND POTASSIUM ON A LATOSOL SOIL WITH “CERRADO” VEGETATION

SUMMARY

The responses of soybeans to increasing applications of lime, phosphorus and potassium were tested for two years in the State of São Paulo, on a red latosol soil with “cerrado” vegetation recently cleared. In spite of the low soil pH (4.8) liming was ineffective. The effect of potassium, although positive, was small; phosphorus, however, increased the yield considerably.

LITERATURA CITADA

1. CARTTER, J. L. & HARTWIG, E. The management of soybeans. In: Norman, A. C., ed. The soybean. New York, Academic Press, 1963. p.161-226.
2. GALLO, J. R. Estudo da solubilidade, em solução de ácido acético a 1%, de alguns materiais calcários de grau de finura comercial. *Bragantia* 13:133-139, 1954.
3. IGNATIEFF, V. & PAGE, H. J., ed. Efficient use of fertilizers. Roma, F.A.O., 1959. 355p.
4. MASCARENHAS, H. A. A.; MIYASAKA, S.; FREIRE, E. S.; SORDI, G. & LOPES, E. S. Adubação da soja. V — Efeitos da inoculação das sementes com **Rhizobium** e da subsequente “peletização” com pasta de carbonato de cálcio na ausência e na presença da calagem e da adubação nitrogenada. *Bragantia* 26:143-156, 1967.
5. MIYASAKA, S.; FREIRE, E. S. & ABRAMIDES, E. Adubação da soja. IV — Estudo preliminar sobre maneiras de efetuar a calagem com calcário dolomítico e cal extinta. *Bragantia* 25:223-231, 1966.
6. SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. COMISSÃO DE SOLOS. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1960. 634p. (Boletim 12)