

BRAGANTIA

Boletim Científico do Instituto Agrônômico do Estado de S. Paulo

Vol. 26

Campinas, agosto de 1967

N.º 26

CORRELAÇÃO ENTRE O EFEITO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA NO ALGODOEIRO E A ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO ⁽¹⁾

MILTON GERALDO FUZATTO e CARLOS A. M. FERRAZ, *engenheiros-agrônomo*s, Seção de Algodão, Instituto Agrônômico ⁽²⁾

SINOPSE

No estudo de 178 experimentos de adubação do algodoeiro realizados em vários tipos de solo do Estado de São Paulo, no período de 1957-65, foi encontrada correlação entre as respostas na produção, obtidas pela aplicação de 60 kg/ha de K_2O , e os resultados revelados pela análise química do solo.

Uma regressão múltipla de 1.º grau, descrevendo o efeito da adubação potássica em função da relação Ca^{++}/K^+ e do teor de K^+ , elementos trocáveis no solo, revelou um coeficiente $R = 0.804^{**}$, explicando cerca de 65% da variação das respostas.

Considerando as correlações simples lineares, a relação Ca^{++}/K^+ explicou 59% do efeito da adubação, ao passo que a parte esclarecida pelo teor de K^+ , isoladamente, não ultrapassou os 23%. Nenhum ganho apreciável, em precisão, foi obtido pela introdução de uma função quadrática para descrever estas correlações.

1 — INTRODUÇÃO

A adubação potássica no Estado de São Paulo, até poucos anos atrás, não se constituía em grande preocupação aos técnicos que se ocupavam da lavoura algodoeira. Embora de há muito se conheçam efeitos muito acentuados provocados pelo potássio ⁽⁵⁾, as áreas onde estes ocorriam eram relativamente pouco utilizadas por essa cultura.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 23 de julho de 1967.

⁽²⁾ Os autores agradecem aos Eng.ºs-Agr.ºs O. S. Neves e P. A. Cavaleri pela orientação e estímulo na realização deste trabalho.

Nos últimos dez anos, entretanto, as zonas algodoeiras do Estado têm sofrido considerável mudança. Além do deslocamento acentuado das lavouras para a chamada Zona Velha, onde os solos vêm sendo cultivados há longo tempo, a cultura do algodão tem-se estabelecido em terras de padrões inferiores, que não eram antes exploradas com essa cultura. Em tais condições, o potássio vem-se revelando fator decisivo para a obtenção de altos níveis de produtividade.

A caracterização das condições em que os efeitos da adubação potássica se manifestam, impõe-se, portanto, para dar maior segurança às recomendações de adubação. Ao lado de grande número de ensaios de adubação em geral, já realizados, outros foram conduzidos pela Seção de Algodão, do Instituto Agronômico, visando especificamente o problema da adubação potássica. Assinale-se que, desde o início, dois fatores contribuíam para dificultar e ao mesmo tempo estimular a resolução do problema: de um lado, a ocorrência, quase com a mesma frequência, de aumentos espetaculares e de depressões drásticas na produção, provocados em situações parecidas, pelas mesmas doses de potássio; de outro lado, o fato de que isto acontecia independentemente do tipo de solo ou da área geográfica considerados. Nestas condições, a análise química do solo parecia o caminho viável para o estudo do problema.

Mediante exame dos dados acumulados durante vários anos de experimentação, a Seção de Algodão emitia pareceres de adubação, levando em conta, para o caso do potássio, a relação entre os teores trocáveis de cálcio e potássio determinados na análise do solo. A confirmação de tais dados, através de outros obtidos em ensaios recentes, proporcionou meios para o estudo aqui apresentado, dando maior precisão a esse critério. Trabalho recente veio também confirmar em nossas condições a importância do equilíbrio entre os cátions no solo, para caracterizar o efeito do potássio (3).

O presente trabalho visa contribuir para solucionar um aspecto do difícil problema da adubação do algodoeiro no Estado de São Paulo, baseado na análise química do solo.

2 — MATERIAIS E MÉTODOS

Para este estudo foram utilizados os dados obtidos de 178 experimentos de adubação do algodoeiro, realizados no Estado de São Paulo, nos anos agrícolas de 1957/58 a 1964/65, pela

Seção de Algodão, do Instituto Agronômico. Parte destes experimentos, compreendendo resultados parciais, já foi objeto de publicação (1, 6); outra parte é constituída de ensaios em estudo ou ainda em andamento.

Os referidos ensaios foram conduzidos praticamente em todos os tipos de solo, bem como nos diversos padrões de terra utilizados para a cultura algodoeira no Estado. Com efeito, dentro dos vários tipos de solo, os experimentos foram localizados em padrões de terra diversos, desde as áreas férteis, de exploração recente, até os solos pobres e ácidos, alguns dos quais chegaram a esta situação devido ao uso continuado, e outros, em virtude do processo natural de sua formação. O estudo foi realizado em todos os ensaios, independentemente dessas diferenças ou daquelas oriundas dos diferentes tipos de solo, segundo as classificações pedológicas. A discriminação dos principais tipos de solo utilizados, nesses ensaios pode ser encontrada em outro trabalho (4).

Para o estudo das correlações, a resposta ao potássio foi representada pela diferença de produção, em kg/ha de algodão em caroço, entre o tratamento sem potássio e o que levou 60 kg/ha de K_2O na presença de 30 e 45 kg/ha de N e P_2O_5 , respectivamente. Como fontes de nitrogênio, fósforo e potássio, foram utilizados, respectivamente, sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio.

As análises de solo foram efetuadas pelas Seções de Agrogeologia, Fertilidade do Solo e Química Mineral, do Instituto Agronômico, e os teores de cálcio e potássio, determinados segundo os métodos apresentados por CATANI e outros (2).

Uma regressão múltipla de 1.^o grau, com duas variáveis, foi considerada como descrevendo a resposta do algodoeiro à adubação potássica, em função da relação Ca^{++}/K^+ e do teor de K^+ , revelados pela análise do solo. Os resultados assim obtidos, representados graficamente através de superfície plana de resposta em função dos fatores estudados, encontram-se na figura 1.

3 — RESULTADOS

O efeito médio provocado pela adubação potássica, foi de tão somente 15 kg/ha de algodão em caroço, o que é explicado pelo fato de, em 50% dos ensaios, êle ter sido simplesmente nulo

ou negativo, tendo, em certos casos, produzido fortes depressões na produção. Em outros, entretanto, as respostas foram positivas e frequentemente apreciáveis, quando se deram casos espetaculares, atingindo, não raro, aumentos de 1000 kg/ha.

Para exprimir o efeito do potássio, em função da análise química do solo, obteve-se a equação

$$Y = -70,2881 + 14,5521X_1 - 305,6597X_2$$

onde, Y representa a resposta esperada, em quilos por hectare, X_1 é a relação entre os teores trocáveis Ca^{++}/K^+ , e X_2 o teor de K^+ trocável, teores estes expressos em equivalentes miligrama por 100 gramas de solo.

O coeficiente de correlação múltipla foi $R = 0,804^{**}$, o que significa que 65% da variação das respostas pôde ser explicada pelos resultados obtidos na análise química do solo. No quadro 1 encontram-se os demais coeficientes de correlação obtidos.

QUADRO 1. -- Coeficientes de correlação múltipla e simples, entre a resposta do algodoeiro à adubação potássica e a análise química do solo, obtidos no estudo de ensaios realizados no Estado de São Paulo

Coeficiente	Correlação representada	Valor
R	Efeito K x relação Ca^{++}/K^+ e teor de K^+	0,804 ⁺⁺
r_1	Efeito K x relação Ca^{++}/K^+	0,771 ⁺⁺ (+)
r_2	Efeito K x teor de K^+	0,476 ⁺⁺ (-)
r	Relação Ca^{++}/K^+ x teor de K^+	0,339 ⁺⁺ (-)

As correlações parciais, resposta x relação de teores Ca^{++}/K^+ e resposta x teor de K^+ apresentaram respectivamente os coeficientes $r_1 = 0,738^{**}$ e $r_2 = 0,401^{**}$, o que significa que, mantidos independentes um do outro, a relação Ca^{++}/K^+ explicaria 54%, e o teor de K^+ , 16% das variações nas respostas.

Visando obter melhoria nas correlações, foram calculadas as regressões simples curvilíneas, de 2.^o grau, entre as respostas ao potássio e os fatores estudados. Tanto para a relação Ca^{++}/K^{+} como para o teor de K^{+} não houve ganho apreciável em precisão, quando se adotou uma função quadrática para descrever as relações mencionadas.

4 — DISCUSSÃO

A análise do quadro 1 revela que, considerando-se tão somente o teor de potássio no solo, seria pouco seguro tentar prever a resposta do algodoeiro à adubação potássica, nas condições estudadas. Com efeito, embora estatisticamente significativa, a correlação simples encontrada só explica 23% da variação nas respostas. Este fato vem comprovar o que foi dito em trabalho anterior (4), quando se demonstrou a pequena probabilidade de estimar as respostas do algodoeiro a determinado elemento químico, levando em conta unicamente o teor desse elemento, na análise química do solo.

Por outro lado, a relação Ca^{++}/K^{+} , no estudo da correlação simples, pôde explicar 59% do efeito daquela adubação, o que já é razoável do ponto de vista prático.

A regressão múltipla, como vimos, permite explicar 65% da variação nas respostas. Embora a contribuição dada pelo teor de potássio tenha sido pequena, o que poderia parecer inútil considerá-lo, ela serve, entretanto, para esclarecer certos pontos duvidosos. Um exame da figura 1 permite discutir estes aspectos.

De início, poder-se-ia argüir o que acontece quando, para uma mesma relação Ca^{++}/K^{+} , ocorrem diferentes teores de K^{+} . A superfície de resposta contida nessa figura indica que, para uma relação Ca^{++}/K^{+} , digamos, em torno de 20, os efeitos esperados da adubação potássica, nas condições estudadas, podem variar consideravelmente em função de valores mais ou menos amplos do teor de K^{+} . Se este estiver em torno de 0,10 ou 0,35 e.m.g., por exemplo, as respostas esperadas seriam, respectivamente, de cerca de 200 e 100 kg/ha de algodão em caroço. Por outro lado, verifica-se que para um mesmo teor de K^{+} , as respostas variam sensivelmente quando se encontram diferentes relações Ca^{++}/K^{+} .

As considerações feitas explicam certos fatos, aparentemente contraditórios, envolvendo a adubação potássica do algodoeiro. Com efeito, não são raros os casos em que ocorrem bons efeitos

desta adubação, em solos cuja análise química revela teores relativamente altos de potássio. A recíproca é verdadeira, não sendo raro a existência de solos com teores em média baixos deste elemento, nos quais a adubação potássica traz pouca ou nenhuma contribuição para o aumento da produção.

Os comentários que acabam de ser feitos poderiam ser contestados, tendo em vista a correlação entre a relação $\text{Ca}^{++}/\text{K}^+$ e o teor de K^+ no solo. Como se pode observar no quadro 1, esta correlação foi significativa e negativa, o que indica que altas relações $\text{Ca}^{++}/\text{K}^+$ devem estar associadas a baixos teores de K^+ , e vice-versa. Entretanto, convém lembrar que o coeficiente en-

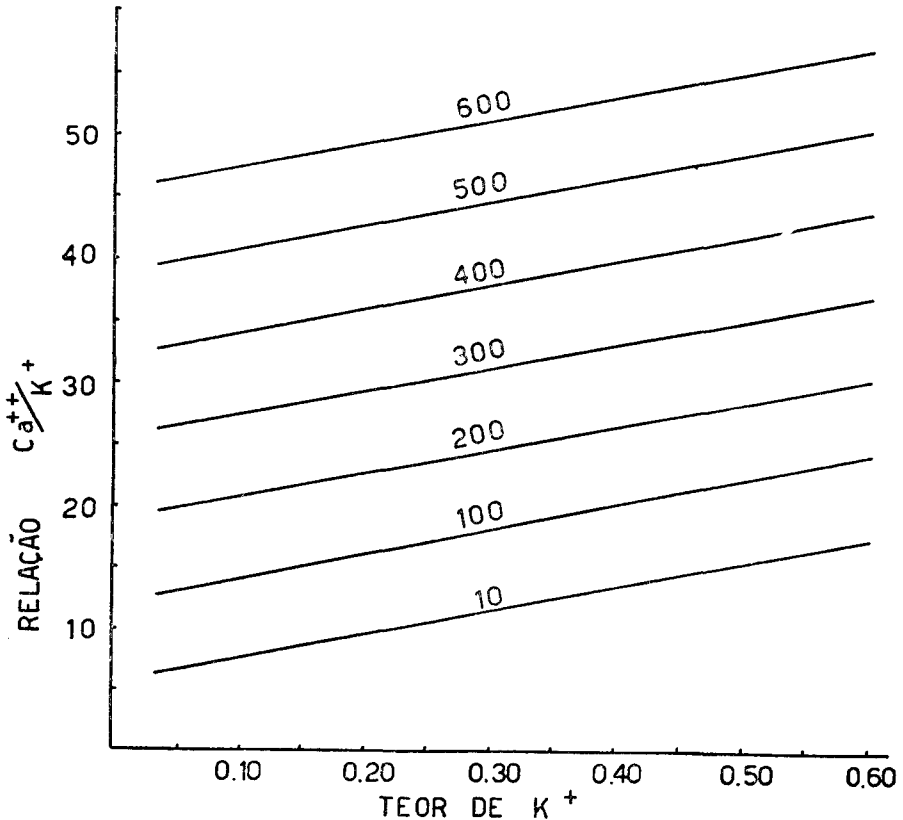


Figura 1. — Linhas de contorno da superfície de resposta à adubação potássica, em quilogramas por hectare de algodão em caroço, em função da relação $\text{Ca}^{++}/\text{K}^+$ e do teor de K^+ nos solos do Estado de São Paulo.

contrado permite explicar apenas 11% desta associação, o que deixa larga margem para que outras condições se apresentem. Realmente, além de situações naturais onde este último fato pode ocorrer, basta lembrar, para confirmá-lo, o efeito que a prática da calagem, por vêzes excessiva e em muitos casos desnecessária, pode provocar neste sentido.

Para finalizar, convém insistir num aspecto da adubação potássica do algodoeiro, que ficou bem caracterizado nesta série de ensaios. Refere-se ao fato de que ao lado de grandes aumentos provocados em certos casos, pode a mesma dose de potássio, em outras condições, provocar depressões não menos expressivas na produção. Alie-se isto ao fato de que, no primeiro caso, a ausência de uma dose adequada de potássio pode limitar muito a boa produtividade, e ter-se-ia motivos suficientes para encarar o problema como um dos mais sérios na adubação do algodoeiro.

5 — CONCLUSÕES

Tendo em vista os resultados obtidos, podem-se tirar as seguintes conclusões, para as condições estudadas:

1 — As respostas do algodoeiro à adubação potássica, nas áreas de plantio estudadas no Estado de São Paulo, puderam ser previstas em função da análise química do solo.

2 — A relação entre os teores trocáveis de cálcio e potássio no solo, Ca^{++}/K^{+} , mostrou-se como o principal fator para explicar os efeitos provocados por aquela adubação. Para valores acima de 20, desta relação, houve aumentos consideráveis na produção, e estes foram tanto maiores quanto mais ampla foi aquela. Ao contrário, valores daquele quociente abaixo de 10 estiveram associados a respostas insignificantes ou, freqüentemente, negativas.

3 — O teor de potássio trocável, considerado isoladamente, pouco contribuiu para esclarecer o comportamento da adubação com este elemento, e pode, por conseguinte, levar a previsões errôneas.

4 — O uso simultâneo dos dois fatores, a relação Ca^{++}/K^{+} e o teor de K^{+} , pôde explicar, através de uma regressão múltipla, 65% das variações nos efeitos provocados pela adubação. Em vista disto, parece constituir um meio relativamente seguro para a formulação da adubação potássica do algodoeiro, no Estado de São Paulo.

CORRELATION BETWEEN THE EFFECTS OF POTASH APPLICATION
ON COTTON YIELDS AND CHEMICAL SOIL ANALYSES

SUMMARY

Upon studying 178 cotton fertilizer experiments, conducted on soils of the State of São Paulo, from 1957 up to 1965, a correlation was found between cotton yield responses to application of 60 kg/ha of K_2O and soil test results.

The effect of potash was found to be associated with the Ca^{++}/K^+ relation and the amount of K^+ , exchangeables in soils. A multiple regression with $R = 0.804^{++}$ could explain, thereby, 65% of variation in the responses.

With regard to linear simple correlations, the variable Ca^{++}/K^+ explained 59% of the fertilizer effects, but the amount of exchangeable K^+ could not explain, by itself, more than 23%. No additional gain in accuracy was obtained by considering a quadratic form for these relationships.

LITERATURA CITADA

1. CAMPINAS. INSTITUTO AGRONÔMICO. Ensaios de adubação do algodoeiro: resultados parciais relativos aos anos agrícolas de 1957/58 e 1958/59. Campinas, 1960. 33p. (Boletim 114)
2. CATANI, R. A.; GALLO, J. R. & GARGANTINI, H. Amostragem de solo, método de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agronômico, 1955. 29p. (Boletim 69)
3. FREITAS, L. M. M.; McCLUNG, A. C. & PIMENTEL GOMES, F. Determinação das áreas deficientes em potássio para a cultura de algodão. *Fertilidade*, 26:37-47, 1966.
4. FUZATTO, M. G. & CAVALERI, P. A. Correlação entre a resposta do algodoeiro à adubação fosfatada e a análise química do solo, nas condições do Estado de São Paulo. *Bragantia*, 25:407-420, 1966.
5. NEVES, O. S.; CAVALERI, P. A.; ABRAMIDES, E. & FREIRE, E. S. Adubação do algodoeiro: X — Ensaios com diversos adubos potássicos. *Bragantia*, 19:[183]-200, 1960.
6. VERDADE, F. C.; WUTKE, A. C. P.; AMARAL, A. Z.; IGUE, K. & CAVALERI, P. A. Níveis de fertilidade dos solos do Estado de São Paulo para a cultura algodoeira: I — Os teores de fósforo, nitrogênio e potássio. *Bragantia*, 24:[55]-74, 1965.