

BRAGANTIA

Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo

Vol. 17

Campinas, dezembro de 1958

N.º 25

ADUBAÇÃO DO MILHO

XII — EFEITO RESIDUAL DO POTÁSSIO (*)

G. P. VIÉGAS, *engenheiro-agrônomo, Seção de Cereais*, e E. S. FREIRE, *engenheiro-agrônomo (**), Instituto Agrônomo*

RESUMO

No presente artigo os autores apresentam os resultados de um ensaio realizado em terra-roxa-misturada, no qual foi muito grande o efeito residual do potássio, verificado na cultura do milho. Analisando esses resultados conjuntamente com os obtidos em outras experiências já publicadas, concluem eles que, em vários solos do Estado de São Paulo, as sobras do potássio aplicado como adubo são retidas em formas e quantidades tais que podem influir consideravelmente nas culturas posteriores. Recomendam, por isso, que se estude experimentalmente a possibilidade de reduzir as doses de potássio a serem empregadas nas áreas que já o receberam nas culturas anteriores.

1 — INTRODUÇÃO

Em trabalho anterior (15) mostramos que sendo geralmente muito pequenas, em relação às que estamos aplicando como adubo, as quantidades de fósforo consumidas pelas culturas, os resíduos desse nutriente que ficam no solo podem ser aproveitados pelas culturas subsequentes.

As quantidades de potássio extraídas do solo pelas plantas são muito maiores que as de fósforo; de um modo geral, para cada unidade de P_2O_5 , elas extraem 2-4 unidades de K_2O (4). Por outro lado, as adubações potássicas que estamos empregando são, na maioria dos casos, muito pequenas, mal chegando para satisfazer às necessidades imediatas das culturas. Acresce ainda que, em regra, o nutriente em aprêço não é retido pelo solo em tão larga escala como o fósforo (11).

Acontece, porém, que em várias culturas a maior parte do potássio absorvido durante o seu desenvolvimento é devolvida ao solo com

(*) Recebido para publicação em 19 de maio de 1958.

(**) Contratado pelo Conselho Nacional de Pesquisas para colaborar com técnicos do Instituto Agrônomo.

os restólhos. Assim é que na cultura do algodoeiro apenas a quarta ou quinta parte da quantidade de potássio absorvida pelas plantas é retirada do campo com as sementes e fibras (6). Na do milho, a porção de potássio que sai com as espigas corresponde a uns 20% (13); os demais 80%, que se acham na palhaça, podem e devem ficar no solo que a produziu. Disso resulta que embora se usem, nessas culturas, doses moderadas de potássio, somente uma fração deste elemento é exportada com as colheitas.

Resta saber se nossos solos têm capacidade para reter essas sobras em formas e quantidades capazes de beneficiar as culturas seguintes. Deixando de lado detalhes sobre os fatores que contribuem para isso, vamos examinar apenas os resultados de algumas experiências em que os adubos foram aplicados como na prática ou em condições muito semelhantes (lisímetros).

Camargo e Melo (2) estudaram o efeito de vários adubos potássicos em uma experiência conduzida por longo tempo, sempre nos mesmos canteiros, na Estação Experimental Central, Campinas. A área utilizada era de terra-roxa-misturada com $\text{pH} = 6,50$ e 2,12% de húmus. Iniciada com milho em 1925, por ocasião do estudo em aprêço, em 1932, já haviam sido aí plantadas 10 diferentes culturas. Além de azôto e fósforo, os canteiros adubados com potássio receberam, em cada uma dessas culturas, 70 kg/ha de K_2O . As análises feitas em 1932 revelaram que o teor médio de potássio trocável no solo dos canteiros que não receberam potássio era tão somente de 0,211 e. mg, enquanto o dos que vinham sendo adubados com êsse nutriente se havia elevado para 0,397 e. mg.

Küpper, Grohmann e Gargantini (7) fizeram uma experiência em lisímetros monolíticos com 20 cm de diâmetro e 45 de altura, em cuja camada superior aplicaram, além de azôto e fósforo, cloreto de potássio em quantidade equivalente a 60 kg/ha de K_2O . Os lisímetros foram mantidos no laboratório, sem vegetação, mas receberam água destilada em quantidade, freqüência e intensidade correspondentes às chuvas normalmente caídas no período novembro a abril. Quatro e seis meses depois de iniciada a experiência foram abertos alguns lisímetros e analisadas amostras representativas das camadas a) de 0-15 cm, b) de 15-30 cm e c) de 30-45 cm. Tanto no solo massapê como na terra-roxa-misturada e no arenito Bauru, mesmo no fim do sexto mês o potássio adicionado se achava na camada a, sendo que uma parte dêle havia passado a uma forma mais firmemente retida

pelo solo que a trocável. As perdas de potássio com o líquido percolado foram mínimas. Deve-se notar que os teores de carbono dos solos utilizados (5) eram: massapê, 1,68%; terra-roxa-misturada, 1,50%; arenito Bauru, 0,68%.

Catani e Gallo (3) analisaram amostras de terra coletadas em dois ensaios de adubação do milho, da Seção de Cereais, um dos quais vinha sendo conduzido há 15 anos em Campinas (terra-roxa-misturada), e o outro há 11 anos em Mococa (solo massapê). Além de outros havia canteiros adubados anualmente com 25 e 50 kg/ha de K_2O na forma de cloreto de potássio. Exceto nos três primeiros anos no ensaio de Campinas, a palhaça do milho foi sempre devolvida aos canteiros que a produziram. Os teores de potássio trocável por 100 g de solo, em média dos tratamentos sem potássio e dos que receberam 25 ou 50 kg/ha de K_2O , foram respectivamente de 0,050, 0,144 e 0,251 e. mg em Campinas e de 0,123, 0,225 e 0,293 e. mg em Mococa. As amostras de terra foram tiradas em fevereiro de 1952, isto é, quatro meses após a última adubação e quando o milho já se achava quase maduro. Aliás, a última aplicação deve ter apenas contribuído para o enorme aumento no teor de potássio, que provavelmente resultou da acumulação de resíduos de tôdas as adubações anteriores. Convém esclarecer que em 1952 o teor médio de carbono no solo era de 2,07% em Campinas e de 1,41% em Mococa.

Estudo semelhante (16) foi feito em três ensaios de adubação do milho conduzidos durante vários anos em Capão Bonito (10 anos, em solo barrento do glacial), Pindorama (10 anos, em arenito Bauru) e Tatuí (8 anos, em terra-roxa-misturada), nos quais os canteiros com potássio receberam anualmente 50-70 kg/ha de K_2O e a palhaça do milho foi sempre enterrada nos respectivos canteiros. Os teores de potássio trocável por 100 g de solo, em média dos tratamentos sem potássio e dos que receberam êsse nutriente, foram respectivamente de 0,12 e 0,19 e. mg em Capão Bonito, 0,25 e 0,39 e. mg em Pindorama e 0,77 e 0,86 e. mg em Tatuí. Vê-se que houve apreciável aumento no teor de potássio em todos os casos, mesmo em Tatuí, cujo solo era excepcionalmente rico. Neste estudo as amostras de terra foram tiradas 11-12 meses depois da última aplicação de potássio. Os teores de carbono, nessa ocasião, eram de 2,39% em Capão Bonito, 0,62% em Pindorama e 1,82% em Tatuí.

Do exposto se conclui que, pelo menos em alguns dos nossos solos, em grande parte e por bastante tempo os resíduos das adubações po-

tássicas permanecem em formas facilmente assimiláveis. Um ensaio conduzido em Campinas (14) por três anos, em terra-roxa-misturada, mostra com êsses resíduos podem influir na produção do milho. Nesse ensaio os adubos só foram aplicados no primeiro ano e a palhaça foi sempre enterrada nos canteiros que a produziram. O potássio, na dose de 50 kg/ha de K_2O , foi empregado sob a forma de cinzas de café. No ano em que foram aplicadas, estas aumentaram de 46% a produção do milho, mas nos dois anos seguintes ainda a elevaram de 32 e 40%. Deve-se esclarecer que as cinzas também forneceram 20 kg/ha de P_2O_5 ; a resposta a êste nutriente, porém, foi muito pequena, de sorte que a maior parte do efeito das cinzas deve ser atribuída ao potássio que elas continham.

Como contribuição para o estudo do assunto apresentamos, a seguir, os resultados de mais um ensaio.

2 — PLANO EXPERIMENTAL E EXECUÇÃO

O ensaio foi conduzido na Estação Experimental Central, Campinas, nos mesmos canteiros de uma antiga experiência em que foram comparados vários adubos potássicos. Iniciada em 1925, essa experiência prolongou-se até 1936, tendo sido os canteiros experimentais sucessivamente semeados com milho, cevada, milho, cevada, algodão, milho, trigo, algodão, trigo, arroz, algodão, algodão, milho e algodão.

Detalhes sobre o plano experimental e sua execução nos primeiros anos já foram publicados (1, 2, 8, 9). Basta lembrar aqui que, além de canteiros sem adubo, sem potássio (mas com azoto e fósforo) e dos adubados com azoto, fósforo e diversas formas de adubos potássicos, havia outros adubados com azoto, fósforo e sulfato de magnésio (em dose equivalente à contida no sulfato de potássio e magnésio) e ainda outros com azoto, fósforo, sulfato de magnésio e cloreto de sódio (êstes dois últimos saís, em doses equivalentes às contidas em "kainit").

A área utilizada era de terra-roxa-misturada com $pH = 6,50$ e estava, antes, coberta de capinzal. O azoto e o fósforo eram empregados respectivamente nas formas de salitre do Chile e superfosfato; o potássio, nas formas indicadas no quadro 1 e na dose de 70 kg/ha de K_2O . Os adubos foram aplicados antes de cada uma das culturas acima mencionadas, sendo distribuídos uniformemente em tôda a área dos canteiros. Em 1927 e 1929 todos os canteiros, exceto os sem adubo, receberam cal na dose de 1 600 kg/ha de CaO .

Após a colheita do algodão plantado em 1935-36 o campo experimental ficou abandonado à vegetação natural (capim favorito) até princípios de 1938, quando foi semeado, sem qualquer adubação, com trigo, cuja produção foi insignificante. A seguir ficou novamente coberto de vegetação natural até setembro de 1941, sendo, então, preparado para o ensaio agora relatado (1).

Como o objetivo dêste era verificar o efeito residual dos adubos aplicados até 1935, a cultura indicadora — milho — foi semeada sem nova adição de adubos. Usou-se a variedade Catêto, que foi plantada com o espaçamento de 1,25 x 0,20 m. As plantinhas originadas da primeira semeadura foram destruídas pela *Laphygma frugiperda*, motivo pelo qual todos os canteiros foram de novo plantados no dia 27 de novembro. O desbaste foi feito em 27 de dezembro, deixando-se uma planta por cova. As plantas floresceram na primeira quinzena de fevereiro e a colheita foi efetuada em 25 de junho.

3 — RESULTADOS OBTIDOS

O "stand" médio foi de 72% do "stand" perfeito, não havendo diferenças apreciáveis entre os diversos tratamentos. O tempo, em seu conjunto, não foi desfavorável, mas a semeadura tardia e o "stand" baixo concorreram para reduzir a produção, que apenas chegou, nos melhores tratamentos, a cerca de 2 000 kg/ha.

As produções obtidas com os diversos tratamentos se acham no quadro 1. Para comparação, nesse quadro foram incluídas as médias das produções dos dois primeiros anos (1925-26 e 1926-27) e as do último (1934-35) em que o milho foi adubado. Em 1925-26 a semeadura foi feita um tanto tardiamente e as plantinhas ainda sofreram ataque de lagartas, o que provavelmente prejudicou o efeito dos adubos. Em 1926-27, porém, tudo correu favoravelmente. Por êsses motivos foi tomada a média dos dois anos para representar o comportamento das adubações no início do ensaio. Em média de todos os tratamentos e dos dois primeiros anos, a produção foi de 3 249 kg/ha, caindo para 2 368 kg/ha em 1934-35. Nota-se facilmente que a queda na produção foi muito mais acentuada nos tratamentos que não receberam potássio.

Nota-se também que o efeito do potássio, que foi pequeno nos

(1) Os trabalhos de campo foram conduzidos pelo eng. agr. R. Álvaro Bueno, na ocasião respondendo pela chefia da Subdivisão de Estações Experimentais.

dois primeiros anos, tornou-se enorme no último, o que provavelmente se deve ao esgotamento causado pelas culturas anteriores. Tanto nos dois primeiros anos como no último as diferenças entre os diversos adubos potássicos foram pequenas. Não entraremos em detalhes sobre este e outros itens relativos ao efeito imediato dos adubos, pois o objetivo principal deste trabalho é estudar seu efeito residual.

Nas colunas do quadro 1 referentes a 1941-42 se vê que o efeito residual do potássio foi muito grande. Apesar da queda geral na produção, mesmo em números absolutos ele foi muito maior que o efeito imediato no início do ensaio (1925-26 e 1926-27) e não ficou muito abaixo do verificado em 1934-35; em porcentagem do tratamento com azoto e fósforo correspondeu, em média, ao desse último ano.

A análise estatística⁽²⁾ mostrou que os resíduos de qualquer dos adubos potássicos aumentaram significativamente a produção; que as diferenças entre "kainit", sulfato de potássio e sulfato de potássio e magnésio não foram significativas; que o cloreto de potássio se mostrou equivalente ao sulfato de potássio e ao sulfato de potássio e magnésio, mas foi superior a "kainit", e que a adição de sulfato de magnésio ou de cloreto de sódio não modificou significativamente a produção.

É interessante notar que, em relação ao tratamento sem adubo, os resíduos da adubação com azoto mais fósforo praticamente não aumentaram a produção, o que talvez se explique pelo fato de, na última fase da experiência, o solo dos canteiros que receberam aquela adubação se achar extremamente depauperado de potássio, como se pode verificar comparando as produções obtidas em 1934-35.

Os resíduos dos adubos potássicos também aumentaram consideravelmente o índice de espigas (número de espigas por 100 plantas) e o peso médio das espigas, e apenas ligeiramente o rendimento destas em grãos (peso dos grãos em porcentagem do peso das espigas com palha). Esses dados figuram, de maneira explícita, no quadro 1.

Convém registrar que em 1938, por ocasião do ensaio com trigo, foram tiradas amostras do solo de todos os canteiros, sendo sua reação determinada na antiga Seção de Solos. Em média (aritmética) de seis amostras o pH (int.) foi de 6,38 nos canteiros adubados com azoto e fósforo, e respectivamente de 6,40, 6,65, 6,20 e 6,53 nos que receberam, além desses nutrientes, cloreto de potássio, sulfato de potássio,

(2) A análise estatística foi feita pelo eng. agr. E. Abramides.

QUADRO 1. — Ensaio de adubação em Campinas. Médias das produções obtidas nos dois primeiros anos (1925-26 e 1926-27) e no último (1934-35) em que o milho foi adubado, em comparação com as produções de 1941-42, quando êle não recebeu adubo algum, para verificar-se o efeito residual do potássio

Tratamentos	Médias de 1925-26 e 1926-27		Produção de 1934-35		Ano agrícola 1941-42					
	kg/ha	%	kg/ha	%	Produção	Índice de espigas	Peso médio de uma espiga com palha	Grãos	Sobugo	Palha
					kg/ha	%	%	g	%	%
NP	3178	100	1540	100	863	100	64	66	70	14
NP + cloreto de potássio	3787	119	3423	222	2190	254	89	113	74	12
NP + sulfato de potássio	3730	117	3440	223	2067	240	90	106	73	13
NP + sulf. de potás. e magnésio	3836	121	3400	221	1910	221	89	100	72	13
NP + "kainit"	3803	120	3273	213	1703	197	86	95	71	14
NP + sulfato de magnésio	3093	97	1800	116	1100	127	66	84	72	13
NP + sulf. magn. + cloreto sódio	3122	98	1570	102	830	96	60	71	69	16
Sem adubo.....	1440	45	500	32	787	91	71	57	68	18

sulfato de potássio e magnésio ou "kainit". Conforme já foi mencionado, todos êsse canteiros receberam cal em 1927 e 1929; nos canteiros sem adubo, nos quais não se aplicou o corretivo, o pH baixou, em 1938, para 5,75. No início da experiência, em 1925, o pH da área utilizada era de 6,50.

4 — DISCUSSÃO

No ensaio relatado foi enorme o efeito residual do potássio sôbre a produção do milho. É verdade que a quantidade total de K_2O aplicada nas culturas anteriores atingiu a cêrca de 1 000 kg/ha. Deve-se lembrar, contudo, que entre a última aplicação de potássio e o plantio do milho, em 1941-42, houve um intervalo de seis anos, com as normais alternâncias de períodos secos e chuvosos.

Os resultados dêste ensaio confirmam os de outro conduzido também em terra-roxa-misturada e que foi resumido no final do cap. 1. Além disso, determinações feitas na terra de quatro experiências conduzidas nesse mesmo tipo de solo mostraram que, nêle, os resíduos das adubações potássicas são, em grande parte e por bastante tempo, retidos em formas fâcilmente assimiláveis pelas plantas. Semelhantes determinações, e com resultados idênticos, também foram efetuadas em dois ensaios realizados em solo massapê, dois no arenito Bauru e um em solo barrento do glacial.

Sabe-se que, com poucas exceções, os nossos solos são pobres de colóides minerais dotados de alto poder de adsorção (10), e que, nêles, a capacidade de troca de cations depende, em grande parte, do seu teor em matéria orgânica (10, 12). Os resultados há pouco citados mostram, contudo, que em solos cujo teor em matéria orgânica era apenas normal (para os respectivos tipos), as sobras do potássio aplicado como adubo foram retidas em formas e quantidades capazes de influirem favoravelmente nas culturas posteriores.

Com isso não queremos fazer generalizações, mesmo porque as experiências aqui mencionadas não permitem avaliar a importância, nos diferentes tipos de solo, das perdas de potássio por lixiviação, erosão ou outras causas. Desejamos tão sòmente acentuar que, em muitos casos, a porção dêsse nutriente que fica na camada arável é bastante grande para ser levada em conta nos planos de adubação. Nesse sen-

tido, um dos aspectos mais importantes é a redução das doses a serem aplicadas nos solos que já o receberam nas culturas anteriores, assunto que deve ser estudado por meio de investigações adequadas.

5 — CONCLUSÕES

a) No ensaio relatado, em terra-roxa-misturada, foi muito grande o efeito residual do potássio, verificado na produção do milho. Esse efeito se fez notar aumentando consideravelmente o número de plantas que produziram espigas e o peso destas. O rendimento, em grãos, das espigas, também foi beneficiado, mas muito levemente.

b) Os resultados do presente ensaio, examinados em conjunto com os de outros que foram resumidos, mostram que em vários solos do Estado de São Paulo o efeito residual do potássio é suficientemente grande para ser levado em consideração, devendo-se, portanto, estudar a possibilidade de reduzir as doses desse nutriente a serem empregadas nas áreas que o receberam nas culturas anteriores.

FERTILIZER EXPERIMENTS WITH CORN

XII — RESIDUAL EFFECT OF POTASSIUM

SUMMARY

In this paper the authors report the results of an experiment in which the residual effect of potash, observed in the corn crop, was very high. Adding the reported results to those obtained in published experiments which were reviewed, they concluded that in some soils of the State of São Paulo the residues of potash applications are retained in such quantities and forms that may influence favorably the succeeding crops. They suggest, finally, investigations on the possibility of reducing the rate of application of potash in soils fertilized with it in the previous crops.

LITERATURA CITADA

1. CAMARGO, T. A. & HERRMANN, J. Experiências com diversas formas de adubos potássicos. *In* Instituto agrônomo do Estado de São Paulo em Campinas, Relatório dos trabalhos executados em 1925 e 1926. São Paulo, Imprensa oficial do Estado, 1927. p. 115-156.
2. ——— & MELO, P. C. Influence of eight years' successive fertilizing with concentrated potash salts and with kainit on replaceable bases of the "terra-roxa" soil. *Soil Sci.* 37:167-178. 1934.

3. CATANI, R. A. & GALLO, J. R. Efeitos determinados no solo pelo uso contínuo de fertilizantes. *Bragantia* 13:[75]-83. 1954.
4. ————— & GARGANTINI, H. Extração de elementos nutritivos do solo por diversas culturas. Campinas, Instituto agrônômico, 1954. [Cartaz]
5. ————— & GARGANTINI, H. Extração do fósforo do solo pelo método de Neubauer e por métodos químicos. *Bragantia* 13:[55]-62. 1954.
6. CHRISTIDIS B. G. & HARRISON, G. J. Cotton growing problems. New York, Mc Graw Hill Book Co., Inc., 1955. p. 199.
7. KÜPPER, A., GROHMANN, F. & GARGANTINI, H. Movimento de ions NO_3^- , NH_4^+ , K^+ e PO_4^{3-} , em solos massapê, roxa-misturada e arenito Bauru. Campinas, Instituto agrônômico, 1953. 8 p. (Bol. n.º 34)
8. MARTINS, R. CRUZ. Experiências de adubação — adubos potássicos. *In* Instituto agrônômico de Campinas, Relatório dos anos agrícolas 1926-27 e 1927-28. São Paulo, Imprensa oficial do Estado, 1934. p. 52-67.
9. ————— Experiências de adubação — adubos potássicos. *In* Instituto agrônômico de Campinas, Relatório do ano agrícola 1928-29. São Paulo, Imprensa oficial do Estado, 1935. p. 84-116.
10. PAIVA, J. E. (neto). A "fração argila" dos solos do Estado de São Paulo e seu estudo roentgenográfico. *Bragantia* 2:[355]-432. 1942.
11. RUSSELL, E. J. Soil conditions and plant growth. (8.ª edição, revista por E. W. Russell). London, Longmans, Green & Co., 1950. p. 446.
12. VERDADE, F. C. Influência da matéria orgânica na capacidade de troca de cations do solo. *Bragantia* 15:[35]-42. 1956.
13. VIÉGAS, G. P. Adubação do milho. II — Adubação mineral quantitativa. *Bragantia* 14:[149]-170. 1955.
14. ————— & FREIRE, E. S. Adubação do milho. IX — Ensaio com lodo de fossas sépticas "OMS". *Bragantia* 15:[137]-151. 1956.
15. ————— Adubação do milho. XI — Efeito residual do fósforo. *Bragantia* 17:[271]-287. 1958.
16. —————, GARGANTINI, H. & FREIRE, E. S. Adubação do milho. Efeito da mucuna sobre as propriedades químicas do solo. [Em preparo]