

INSTITUTOS DA POTASSA

Atlanta, EUA e Berne, SUÍÇA
PROGRAMA ESPECIAL/BRASIL

DANIEL FAUCONNIER
R. Oscar Freire 1406, Ap 91, 05409 São Paulo

Informações Agronômicas

1 O POTÁSSIO NOS SOLOS TROPICAIS

Segundo J. BOYER, Eng. Agrônomo INA, Diretor de Pesquisas, Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM) Bondy, França

Resumo:

O potássio trocável fixado em sítios de troca preferenciais pouco numerosos do complexo sortivo, não é um dado estático nos solos das regiões intertropicais. Ele está regenerado a partir das reservas de potássio não trocável.

Todavia, o potássio destas reservas pode ser mobilizado somente muito lentamente e muito parcialmente, sem dúvida mais pela alteração dos minerais do que pela liberação do potássio retrogradado. Quanto ao potássio fornecido pelos adubos, ele é submetido a uma lixiviação intensa e só pode ser fixado, na maioria dos solos, que se sobram sítios de troca disponíveis.

1. INTRODUÇÃO

Nas regiões tropicais, é possível encontrar solos deficientes em potássio desde o primeiro cultivo (13, 18, 34, 46, 71). Mas isso acontece somente em áreas limitadas. É possível também encontrar áreas com alto teor de K, onde se pode cultivar vários anos sem adubação potássica, mas esse caso é ainda mais raro que o primeiro.

Geralmente, na grande maioria dos solos cultivados, acontece o seguinte: seja porque o solo apresenta um teor médio em K, seja porque ele foi provisoriamente enriquecido em K pela queima de vegetação natural, o solo pode, nos primeiros anos, alimentar os primeiros cultivos após o arroteamento; depois um déficit de K aparece, frequentemente no terceiro ano (BOUCHY (16), na Costa do Marfim, van WANBEKE (72), no Zaire), às vezes mais tarde (68).

Se se estuda o fenômeno de perto, nota-se que:

- a planta absorve às vezes nitidamente mais do que a diferença medida entre o K-trocável antes e depois dos cultivos (Heathcote (40), Norte Nigéria, Velly (74, 75), Madagascar, Acquaye (1), no Gana).
- o aparecimento das deficiências está acelerado pela intensificação das culturas; i. e. a redução ou supressão dos períodos de repouso, e a adoção de variedades melhoradas, mais exigentes,
- o repouso do solo durante vários anos é suficiente, frequentemente, para adiar o aparecimento de deficiências por algum tempo: este "repouso" sob vegetação natural basta então para restabelecer uma alimentação potássica normal das culturas,
- logo que se suprime o repouso periódico do solo, as adubações potássicas revelam-se absolutamente indispensáveis; estas são necessárias então se se pretende tirar o rendimento máximo das variedades de alta produtividade.

2. O K-TROCÁVEL, AS RESERVAS DE POTÁSSIO DO SOLO E AS PLANTAS CULTIVADAS

2.1. O potássio trocável

Vários autores têm assinalado que o K-trocável estava longe de poder ser responsável por toda a alimentação potássica das culturas. Contudo o K-trocável é um dado correntemente utilizado na prática agronômica. O K-trocável é fácil de medir; ele parece representar bem a forma de potássio mais facilmente acessível às raízes e, notadamente, ele está bem ligado às disponibilidades imediatas do solo em K.

Estando presente sobre o complexo sortivo (superfície dos colóides), o K-trocável ocupa sítios preferenciais (10), além dos sítios normais de troca onde o K está em competição com os outros cátions do solo. Nas regiões tropicais, MOHINDER SING (51) acha que nos solos de seringueira da Malásia (solos ferralíticos e aluviais, todos ácidos), o K está retido muito fortemente sobre o 2,5% dos sítios de troca contra toda deslocação por outros cátions da solução do solo. Em compensação 30 a 50% dos sítios de troca podem ser ocupados igualmente pelo Alumínio, Magnésio e Potássio. Por último os sítios de troca restantes, cerca de 50%, estão ocupados preferencialmente por Al e não estão disponíveis para K.

Quanto a teores de K do solo compatíveis com as plantas, se admite geralmente os limites inferiores seguintes (BOYER) (19):

- o K deve corresponder pelo menos a 2%, às vezes, a 2,5%, da Capacidade de Troca catiônica, ou da soma dos cátions trocáveis num solo adequadamente saturado;
- os teores do solo inferiores a 0,10 meq p. 100g. do solo (ou 40 ppm), geram na maioridade dos casos déficits importantes na produção. Esse número de 40 ppm tem que ser multiplicado por 0,7 e 2 respectivamente para os solos arenosos (menos de 10% de argila), e muito argilosos (mais de 70% de argila);

- 3 MARS 1977

O. R. S. T. O. M.

Collection de Références

no 8557

Pelo.

- o início de resposta das plantas cultivadas aos adubos potássicos varia geralmente de 60 a 140 ppm de K-Trocável na maior parte dos solos tropicais.

Na prática, além destas três "regras", deve-se também levar em conta a rapidez de passagem do K do complexo sortivo até a solução do solo quando este fica empobrecido pela absorção das raízes. Ora, este é ainda um dado pouco conhecido, particularmente nos solos tropicais.

O teor do solo em argila pode ser um dos fatores que influencia essa rapidez de passagem: é por isso que FORESTIER (32) estabeleceu do modo seguinte os teores-limite do solo abaixo, dos quais a deficiência aguda de K se manifesta no cafeeiro robusta, nos solos ferralíticos da Rep. Centro Africana:

Argila e silte	Teor limite de K-Trocável
10 %	20 ppm
35 %	40 ppm
70 %	160 ppm

Vários catiônios podem impedir os movimentos do K-Trocável sobre o complexo coloidal: particularmente o Alumínio (30, 77, 27). Os hidróxidos de ferro e de alumínio podem ocultar os sítios de Troca do potássio (8).

Enfim, é preciso sublinhar o papel do alumínio nos solos ácidos ($\text{pH} < 5,2$) onde esse elemento tende a passar sob forma catiônica: então, além de ocupar sítios possíveis para o potássio, a presença do Al diminui grandemente a mobilidade do K: esta ação tem sido reconhecida desde muito tempo nos solos temperados (44,78), mas parece também ser importante nos solos tropicais que são frequentemente muito ácidos (50, 64, 67). É por causa da presença do alumínio trocável que STEPHENS (66) e FOSTER (33) consideram que os solos da UGANDA com pH inferior a 5,2 são potencialmente deficientes em potássio quando o teor de K-Trocável é inferior a 0,46 meq. (184 ppm); se os adubos potássicos têm resposta no primeiro ano, eles terão certamente uma alta resposta na cultura seguinte.

Quando o solo é básico, caso raro nos solos tropicais, o cálcio poderia ter um papel comparável ao do alumínio (12).

Uma outra condição para a validade das três "regras" do potássio trocável seria o respeito das relações fundamentais entre o K-Trocável e os demais catiônios trocáveis, particularmente para as relações:

$$\frac{\text{Mg}}{\text{K}} \quad \text{e} \quad \frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{\text{K}}$$

Os valores destas relações infelizmente variam bastante conforme as plantas e os tipos de solo.

À guisa de indicação, eis alguns limites (19):

Cultura	Lim. Inferior	Relação	Lim. Superior
Banana	4	Mg/K	25
Cafeeiro Robusta	2,1	Mg/K	3,8*
Algodão	3	Mg/K	?
Banana	?	(Mg + Ca)/K	40 a 50
Cafeeiro Robusta	18	(Mg + Ca)/K	40 (?)

* Somente se $\text{K} < 2,5\%$ da soma de catiônios trocáveis S.

Todavia, quando os solos estão muito pobres em catiônios, as relações acima não são muito significativas, porque todo depósito novo (cinzas vegetais, adubos, ...) modifica totalmente as proporções dos elementos no solo.

Enfim, há uma última restrição, dependendo da fisiologia da planta: assim, num solo excessivamente impregnado de água, o cafeeiro Robusta evidencia uma deficiência de K e um excesso de Ca e Mg ainda que a análise do solo não revele nenhuma anomalia na repartição destes elementos (24, 32).

Assim, também, em casos relativamente raros; quando a planta se abastece em K a partir das camadas profundas (a 50 cm no exemplo citado por FARINA e GRAVEN (29) em AFRICA DO SUL), é claro que a determinação do K-Trocável, feita normalmente na camada superficial, não tem nenhuma significação.

2.2. As reservas potássicas do solo

O potássio trocável representa somente uma pequena parte do potássio total contido no solo (extraído por fusão alcalina ou ataque fluoperclórica), à exceção dos solos puramente orgânicos, onde o K-Trocável pode representar a totalidade do potássio (83). Em região temperada, se admite geralmente que o potássio trocável representa 1 a 2% do potássio total em muitos solos não umíferos ainda que essa percentagem possa variar bastante segundo os tipos de solo (8). Poucos números seguros são conhecidos para as regiões tropicais.

— VELLY (75) cita um arrozal em MADAGASCAR onde o K-Trocável representa 0,41% do K-Total; $\text{K-Troc.} = 0,14 \text{ méq/100 g}$, $\text{K-Total} = 34 \text{ méq/100 g}$ de solo.

— Em ALTA VOLTA, o laboratório do ORSTOM obteve os números seguintes:

Solo	Profundidade cm	K-Troc. fração 0-2 mm méq/100g	K-total méq/100g	K-Troc. K-total %
Ferralítico Jovem sobre migmatita	0 — 14 (A)	0,14	23,75	0,58
	30 — 40 (B)	0,11	22,53	0,18
Vertisol	0 — 10 (A)	0,15	15,90	0,90
	40 — 50 (B)	0,20	17,62	1,13
Escuro eutrofo empobrecido	0 — 30 (A)	0,05	19,23	0,26
Ferruginoso Tropical Planosolico	0 — 10	0,09	34,2	0,29
Solonetz	0 — 4 A	0,26	35,9	0,72
	4 — 7 A	0,15	33,7	0,44
	7 — 11 A	0,11	32,9	0,33

— Nos solos ferralíticos evoluídos, fortemente dessaturados, nos quais nenhum mineral potássico da rocha original aparece, nem sequer como traças, nas camadas superficiais, seria lógico se encontrarem reservas fracas de potássio não trocável. Ora, no Gabão, alguns solos ferralíticos amarelos, fortemente dessaturados, formados sobre xistos pelíticos, contêm às vezes nas camadas A e B, em média, 0,5 a 1% de K-Trocável em relação ao K-Total.

— Todos os casos são possíveis: assim, solos ferralíticos umíferos saturados, pouco espessos (40-60 cm), sobre calcário na Ilha LIFOU, contêm fracas reservas de potássio, o K-Trocável representando 10 a 50% do K-Total; neste caso, a fração 0-2 microns está quase exclusivamente composta de hidróxidos de ferro e alumínio. Também certos andossolos do Pacífico teriam reservas potássicas muito fracas.

Excetuando os casos particulares, que dizem respeito somente a áreas restritas, pode-se considerar que a maioria dos solos tropicais tem reservas potássicas muito mais importantes do que a quantidade chamada potássio trocável.

Sabe-se que, nas regiões temperadas, o solo possui um certo poder tampão para o K-trocável; depois duma remoção de K pela planta, o solo tende a recuperar uma certa relação de equilíbrio entre K e os demais catiônios trocáveis (11). Essa relação de equilíbrio foi relativamente pouco estudada nas regiões tropicais, mas muitos autores têm sublinhado que o K não trocável, i. e. as reservas do solo, pode intervir para a nutrição das plantas (1, 6, 33, 49, 61, 76, 82).

Como a planta pode extrair o potássio das reservas? Parece certo que as raízes, quando em contato com uma partícula mineral, são capazes de dissolver certos elementos minerais úteis (8); todavia, essa hipótese pode ser só parcialmente retida para explicar as quantidades de K removidas a partir das formas não trocáveis; acredita-se mais numa transformação no solo, gerando, como nas regiões temperadas, o potássio trocável a partir das reservas.

3. TRANSFORMAÇÃO DO POTÁSSIO DAS RESERVAS EM POTÁSSIO TROCÁVEL

3.1. A retrogradação e a liberação do potássio

Além da sua adsorção nos sítios de troca do complexo coloidal, o potássio da solução do solo pode também estar sujeito a um outro fenômeno, a retrogradação.

Sabe-se que, quando se fornece adubo potássico solúvel ao solo, o aumento do K-trocável cessa a partir de um certo grau de saturação: 4% nos solos temperados da FRANÇA (21), 1,11% em solos do ONTÁRIO/CANADÁ, 3% nos oxissolos de TRINIDAD contendo além da caolinita, moscovita e pequenas quantidades de illita, montmorillonita e vermiculita (2).

O potássio penetra então entre os folhetos das argilas graças à similitude do raio iônico do potássio desidratado e das cavidades hexagonais dos minerais 2/1 (55). Além disso, no caso do illita e da vermiculita, há uma substituição nas camadas tetraédricas das redes argilosas (28, 58, 62). Essa penetração do potássio está acompanhada de uma contração da rede argilosa, cuja espessura pode ser reduzida de 15,6 a 10,8 Å (8). O fenômeno inverso, i. e. a liberação do potássio, acontece quando o meio está sujeito à remoção de K: todavia o fenômeno de liberação é muito mais lento do que a retrogradação (83).

Vários fatores têm influência sobre a retrogradação e a liberação do K:

a) Os tipos de argilas (28)

A retrogradação está nula para os micas e os caolinitas, relativamente fraca para as montmorillonitas, variável segundo os illitas, alta nas vermiculitas.

Ora, se alguns solos tropicais como os vertissolos e solos brunos eutróficos têm dominância de montmorillonita, com certa quantidade de illita, os demais têm uma fração coloidal principalmente composta de caolinita, com muito pouco dos outros tipos de argila, particularmente de illita.

Existem evidentemente algumas exceções de pequena extensão: oxissolos de TRINIDAD (2, 76), alfissolos com montmorillonita da região cacauera de ITABUNA, Bahia, no Brasil (23), etc. (14).

Mas na maioria dos casos verifica-se que os fenômenos de retrogradação e liberação do potássio são praticamente nulos nos solos tropicais, enquanto que a lixiviação dos adubos está intensa (15, 29, 38, 39, 41, 45, 47, 61, 66, 72, 74).

b) Os cátions presentes

Um certo número de cátions como o Alumínio, o Amônio, o Coesio, o Rubídio, etc. são capazes de provocar o fechamento das redes argilosas e de impedir assim a penetração do potássio. O cálcio, pelo contrário, favorece essa penetração, pelo menos quando o pH não ultrapasse a neutralidade; isto pode ser parcialmente devido ao fato de o cálcio remover o alumínio do complexo sortivo e precipitá-lo (28). Ora, sabe-se que os solos tropicais, sobretudo nas regiões úmidas, são sempre muito ácidos e tem um complexo coloidal rico em alumínio e pobre em cálcio.

c) As alternativas de dessecação e umectação

Uma alternância de dessecação e umectação do solo produz uma modificação de repartição do K entre os espaços interfolhetos e as áreas externas quando o equilíbrio é atingido; também ela acelera o estabelecimento desse equilíbrio. Em todos os casos, as dessecações, alternando ou não com reumectações, podem favorecer a fixação do K nos solos recentemente enriquecidos em K, ou favorecer a liberação de K nos solos pobres ou empobrecidos em K (8). Esse fenômeno é bem conhecido nas regiões temperadas (chamado efeito ATTOE) (4,5). Ora, a fixação por retrogradação acontece em condições secas na montmorillonita, e, principalmente, em condições úmidas na illita e na vermiculita onde predominam os processos de substituição.

Alguns casos de retrogradação e de liberação importantes do potássio foram atribuídos a esse mecanismo nos so-

los de TRINIDAD (76), mas esses casos parecem relativamente raros nos solos tropicais, quase sempre com predominância de caolinita: assim JAIJEBE (42), estudando solos do Sudoeste da Nigéria, encontrou poucas diferenças em K-Trocável entre amostras úmidas, secadas no ar e no forno.

Aliás, AHMAD e DAVIS (2) verificaram que num oxissolo de Trinidad (contendo um pouco de illita, montmorillonita e vermiculita), alternâncias repetidas de umectação e dessecação não têm nenhum efeito sobre a retrogradação do potássio, contudo, relativamente forte nesse tipo de solo (até 340 ppm K em laboratório).

De tudo isso se pode concluir que é pouco provável que os fenômenos de liberação do potássio fixado desempenhem um papel importante no fornecimento de K não trocável para as plantas cultivadas na grande maioria dos solos tropicais, exceto, evidentemente, alguns casos particulares mais ou menos excepcionais.

3.2. A alteração dos minerais do solo

Assim como vimos nos exemplos já citados, o solo possui 99% do seu potássio sob forma não trocável; e podemos conceber que um reservatório desse elemento seja constituído pelos minerais do solo em via de alteração. Na FRANÇA, um granito moído, rico em quartzo (42,6%), colocado em casos lisimétricos, tem cedido, na água de drenagem, cada ano o equivalente de 32 kg por Ha, ou seja, cerca de 1 por 10.000 do seu potássio total; esse resultado tem sido obtido em 30 anos (8).

Por conseqüência, se pode supor que, nas regiões tropicais onde o clima é particularmente agressivo, um fenômeno semelhante se manifestará com intensidade. Isso é particularmente efetivo nos solos jovens derivados de cinzas vulcânicas ou nos solos antigos salpicados com cinzas vulcânicas: aí a alteração dos minerais fornece cada ano uma certa quantidade de K diretamente utilizável pelas plantas (49-63).

Evidentemente essa decomposição dos minerais existe também em solos derivados de rochas eruptivas, ainda que menos intensivamente. Tais casos foram citados em várias partes da África Tropical (6, 74, 59, 60). Infelizmente, à medida que o solo evolue e envelhece, os minerais potássicos derivados da rocha-mãe tornam-se cada vez mais raros e as quantidades de K obtidas pelo fenômeno de alteração progressiva tornam-se cada vez mais fracas (49).

3.3. Tentativa de síntese. Poder de regeneração de K-Trocável pelo solo

Qualquer que seja o mecanismo envolvido, é indiscutível que o solo tem a propriedade de reconstituir ao menos parcialmente o seu estoque de K-Trocável a partir das reservas.

3.3.1. Limites do poder de regeneração:

Nos solos mais comuns, observa-se uma diminuição lenta do teor de K-Trocável e as deficiências podem aparecer depois de alguns anos de cultivo (72, 16, 79, 73).

No caso da rotação: milho miúdo-amendoim-adubos verdes, experimentada durante 8 anos no SENEGAL, o teor de K-Trocável passa de 0,09 a 0,05 meq/100. (17).

Em solos nitidamente mais ricos do norte da TANZÂNIA, a sucessão de culturas e alqueires pastados traz uma diminuição média de 0,12 meq. por ano, calculada em onze anos para um solo contendo inicialmente 3,4 a 3,9 meq. de K-Trocável (3). Em solos do Planalto Riograndense, com a rotação anual Trigo-Soja, observa-se uma diminuição de 150/200 ppm a 50 ppm em dois ou três anos para os solos menos argilosos com menor capacidade de troca; nos solos mais argilosos, observa-se diminuições variáveis de 20 a 50% no teor de K-Trocável, no mesmo período.

Nas culturas estabelecidas após arroteamento de floresta e bem protegidas por plantas perenes, i. e. com perdas mínimas por erosão e lixiviação estas deficiências podem aparecer somente após 10 anos (79, 68).

Uma recuperação a partir das reservas do solo se produz após o esgotamento do potássio do solo. Isso parece evidente no exemplo do SENEGAL, onde não é possível que as plantas tenham absorvido somente 0,04 meq/100g

de potássio em oito anos, mesmo considerando as fracas adubações aplicadas cada dois anos. HEATHCOTE (40) relata que uma cultura de milho na NIGÉRIA absorve o equivalente a 0,10 meq/100g, ou seja, aproximadamente a quantidade de K-Trocável, contida na camada superficial antes da cultura: apesar disso, o K-Trocável não foi completamente esgotado pelo milho. Não há dúvida que deficiências de K aparecem após um certo número de anos, variável com o tipo de rotação, com o tipo de solo.

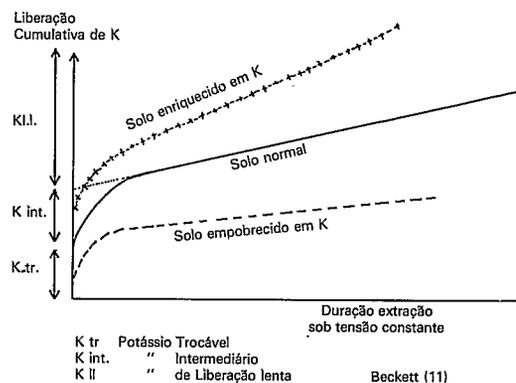
3.3.2. Rapidez de regeneração do K-Trocável. Teoria de Beckett

a) Teoria de BECKETT (11)

BECKETT considera que o potássio utilizável pelas plantas pode ser dividido em três grupos:

- o K-Trocável extraído pelo acetato de amônio neutro e normal;
- o K-intermediário cuja liberação é muito rápida depois do esgotamento do K-Trocável;
- o K de liberação lenta, cuja rapidez de liberação constante ou quase-constante é atestada por muitos autores.

Uma extração por electrodialise permite evidenciar estas três formas:



Conforme este esquema, se pode evidenciar os dois modos de recuperação do K-Trocável:

- uma recuperação rápida que se produz durante o desenvolvimento da cultura, a partir principalmente do K-intermediário;
- uma recuperação lenta que deve ser repartida sobre vários anos para restabelecer o teor inicial de K.

Quando um solo tem suportado várias culturas exigentes, isto é, um solo esgotado, a curva de liberação cumulativa é semelhante mas mais baixa e mais horizontal, o que indicaria que o K-Trocável e o K-intermediário diminuem proporcionalmente menos rapidamente que o K de liberação lenta. Uma aplicação de adubo potássico eleva a curva e sua inclinação.

Quando a absorção de K pelas culturas está inferior ou igual à quantidade de potássio de liberação lenta liberada entre dois cultivos, o teor de K-Trocável no solo não deve mudar se não há erosão ou lixiviação.

b) Aplicação aos solos tropicais:

É provável que o esquema de BECKETT seja aplicável sem dificuldade no caso dos solos tropicais, com uma restrição: parece pouco provável que a adubação potássica possa aumentar sensivelmente a inclinação da parte retilínea da curva, sendo fraco o poder de retrogradação (fixação) destes solos. Segundo SALMON (61), os adubos potássicos teriam, além do efeito direto sobre a cultura adubada, somente um efeito indireto a longo prazo: eles "dissiduiriam" a planta de abastecer-se a partir da reserva do solo: o K-intermediário e o K de liberação lenta ficariam assim à disposição da cultura seguinte. Em nenhum caso eles podem ser colocados em reserva nestes solos arenosos da RODÉSIA, semelhantes ao

solos ferruginosos tropicais. O esquema de BECKETT também pode explicar o efeito favorável do descanso do solo sobre a nutrição potássica: vários autores notaram que dois a quatro anos sem cultura podem restabelecer um teor satisfatório de K-Trocável num solo esgotado por vários anos de cultura intensiva (20, 36, 37, 56, 65, etc.).

Em alguns casos, em solos derivados de rochas vulcânicas da América Central, por exemplo, a regeneração, após esgotamento completo do K por lavagens sucessivas com sulfato de amônio, pode ser rápida: recuperação de 30% do K-Trocável após 3 meses, 50% após 10 meses, 85% após 21 meses (72). Contudo, parece que esta recuperação seja muito mais lenta nos outros tipos de solo, e que uma vegetação abundante seja uma condição decisiva para que ele possa atingir uma certa intensidade.

3.3.3. Insuficiência da noção de K de liberação lenta

Parece que toda a recuperação de K-Trocável não pode ser explicada pelo conceito do K de liberação lenta. Ele não pode explicar, por exemplo, porque uma aplicação de adubo nitrogenado e fosfatado aumenta a absorção de K não trocável pelas plantas. Será que isto é devido à ação da microflora estimulada pelo fósforo, particularmente em solos pobres em P? Ou será que as plantas com melhor alimentação têm um sistema radicular muito mais desenvolvido permitindo uma maior dissolução direta dos minerais?

4. DESTINO DO POTÁSSIO DO ADUBO NOS SOLOS TROPICAIS CULTIVADOS

A intensificação progressiva da agricultura nas regiões tropicais torna cada vez mais necessária a adubação potássica.

4.1. Intensidade da lixiviação dos adubos potássicos

Vários autores constataram que os adubos potássicos estão facilmente lixiviados. LAUDELOUT (45) indica que dois terços de uma forte adubação potássica aplicada num dendezal saíram num ano dos 60 cms superficiais dum solo amarelo ferralítico dessaturado do ZAIRE. BOLTON (15) observou que uma grande parte da adubação potássica aplicada em casos lisimétricos foi eliminada dos 60 cm superficiais dum latossolo da MALÁSIA com 700 mm de chuva. No BRASIL, MALAVOLTA (47) verificou que nos solos ferralíticos da região de SÃO PAULO, o adubo potássico aplicado na superfície do solo fica a 15 cm de profundidade após 6 meses. Etc... Isso traz uma diminuição ou ausência de efeito residual que foi mencionada por vários autores.

4.2. Fatores influenciando a lixiviação

4.2.1. A capacidade de adsorção do K nos solos tropicais

A maioria dos solos tropicais, cuja fração coloidal está principalmente composta de caolinita e hidróxidos, tem praticamente nenhum poder de fixação do potássio (com exceção dos solos com montmorillonita e illita). Todavia, nota-se que uma parte do potássio aplicado em solos muito pobres pode ser encontrada sob forma trocável (45), provavelmente porque sobrava sítios de troca preferenciais não ainda saturados. O enriquecimento do solo em matéria orgânica ajuda para aumentar a retenção do K. O aumento do coeficiente de saturação do complexo sortivo pelo potássio permite explicar os efeitos residuais da adubação potássica, mencionados por vários autores. Todavia, não se deve esquecer que a capacidade de fixação sob forma trocável (adsorção) é relativamente fraca na maioria destes solos. Assim OCHS (80) calcula que o solo ferralítico, fortemente dessaturado, arenoso, de DABOU, na Costa do Marfim, muito deficiente em K já que seu teor de K-Trocável é de 0,04 meq, não pode ultrapassar o teor de 0,20 meq; a diferença corresponde a 450 Kg/ha de cloreto de potássio; com esta dose a lixiviação é mínima, mas acima desta dose ou simplesmente com uma má repartição, a lixiviação intervem. Nota-se que a colocação do cloreto em faixas é um caso de má repartição que pode facilitar a lixiviação.

4.2.2. Presença no solo de catiônios antagonistas do potássio

Foi já indicado que certos catiônios, principalmente o hidrogênio, o amônio e o alumínio, tinham a propriedade de ser adsorvidos nos sítios de troca acessíveis ao potássio, e, fato mais grave, de ser dificilmente deslocados pelo potássio sobre o complexo coloidal.

No caso do hidrogênio e do alumínio, um remédio simples consiste numa calagem (15, 57, 67) que permite a substituição destes catiônios pelo cálcio, o qual pode ser bem mais facilmente trocado pelo potássio dos adubos.

No caso do amônio adicionado com os adubos, o problema do equilíbrio das doses e das épocas de aplicação em relação com o potássio não foi ainda resolvido.

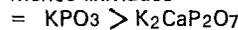
4.2.3. Importância do aniônio

O papel do aniônio acompanhador do potássio não deve ser negligenciado. Sabe-se que os aniônios podem neutralizar as cargas dos colóides eletropositivos e ser adsorvidos assim no complexo coloidal, deixando-se disponível uma fração das suas valências: isso resulta numa certa aumento de capacidade de troca; essa propriedade é atribuída geralmente ao aniônio fosfórico PO_4^{--} ; enquanto o cloro e o radical NO_3^- são muito mal retidos pelo solo. Para os adubos potássicos MUNSON (52) indica, para os solos temperados, a ordem de facilidade de lixiviação seguinte:

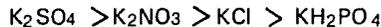
Mais lixiviados



Menos lixiviados



Para os solos tropicais, FARINA (29) adota essa ordem para certos solos arenosos da ÁFRICA DO SUL. Mas um experimento em laboratório de AHMÁD (2) com um oxissolúo ácido (pH 5,5) de TRINIDAD sugeria a ordem seguinte:



O fosfato de potássio é pouco lixiviado, pois o aniônio fosfórico aumenta sensivelmente a capacidade de troca.

4.2.4. A pluviosidade

A lixiviação do K para as camadas profundas necessita uma certa quantidade de água atravessando um solo permeável.

Um exemplo da ÁFRICA DO SUL indica a importância da pluviosidade (29):

Ano	Pluviosidade mm	K aplicado Kg/ha	K presumido lixiviado Kg/ha
1966/67	619	174,6 87,3	108,4 41,8
1967/68	427	174,6 87,3	78,8 24,9

6. BIBLIOGRAFIA

1. Acquaye D. K., MacLean A. J. et Rice H. M.: Potential and capacity of potassium in some representative soils of Ghana. *Soil Sci.* 103, 2, 79-89 (1967).
2. Ahmad N. et Davis C. E.: Forms of K fertilisers and soil moisture content on potassium status of a Trinidad soil. *Soil Sci.* 109, 2, 121-126 (1970).
3. Anderson G. D.: The influence of the years under cultivation and ley on the chemical and physical characteristics of some wheat soils in Northern Tanzania. Symposium on the maintenance and improvement of soil fertility OAU/STRC. Publ. N° 98 (London), 86-95 (1965).
4. Attoe O. J.: Fixation and recovery by oats of potassium applied to soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 13, 113-115 (1948).
5. Attoe O. J.: Potassium fixation and release in soils occurring under moist and drying conditions. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 11, 145-149 (1946).
6. Aubert G.: Dans "Compte rendu des discussions". Potassium Symposium. Institut International de la Potasse, Berne, Suisse, 351-353 (1958).
7. Ayres A. S. et Hagibara H. H.: Effect of the anion on the sorption of potassium by some humic and hydro-humic latosol. *Soil Sci.* 75, 1-17 (1953).
8. Barbier G.: La dynamique du potassium dans le sol. Potassium Symposium. Institut International de la Potasse, Berne, Suisse, 231-258 (1962).
9. Bartholomew W. V., Meyer I. et Laudelot H.: Mineral nutrient immobilization under forest and grass fallow in the Yangambi (Belgium Congo) région. Pub. INEAC (Bruxelles), Série Sci. 57.27 p. (1953).
10. Beckett P. H. T.: Potassium calcium exchange equilibria in soils: specific absorption sites for potassium. *Soil Science* 97, 6, 376-386 (1964).
11. Beckett P. H. T.: Fixed potassium and the residual effects of potassium fertilisers. *Revue de la Potasse (Berne)*, sujet 16, 52, Sept./Oct. (1970).
12. Black C. A.: Potassium. Chapitre 9 in *Soil Plant Relationship*, Wiley and sons édit. New York, 1969.
13. Bockelee-Morvan A.: Etude de la carence potassique de l'arachide au Sénégal. *Oléagineux* 19, 10, 603-609 (1964).
14. Boissezon P. et Gras F.: Notice explicative n° 44. Carte pédologique Sibiti-Est (Rép. du Congo-Brazzaville) au 1:500.000. Centre ORS-TOM, Brazzaville, 1 vol., 144 p. (carte en couleur), 1970.
15. Bolton J.: Leaching of fertilizers applied to a latosols in lysimeters. *J. Rubb. Res. Inst. Malaya* 20, 5, 274-284 (1968).

Assim, uma diminuição de um terço da pluviosidade traz neste caso uma diminuição de 30 a 40% da lixiviação.

4.3. Manejo do solo para reduzir a lixiviação

Vimos que nos solos tropicais o potássio pode somente ser fixado sob forma trocável, e isso para quantidades relativamente pequenas. Teoricamente, o ideal seria de saturar em K os sítios de troca possíveis, e de fornecer depois somente as quantidades necessárias às plantas. Isso é impossível na prática agrícola.

Para ajustar o melhor possível a dose de potássio a ser aplicada com as exigências das plantas, os autores citados aconselham a dividir as aplicações do potássio em duas vezes para as culturas anuais, em 3-5 vezes para as culturas perenes. Apesar disso, as perdas podem ser elevadas se as doses aplicadas são importantes: 50 a 60% dos 1590 kg/ha por ano de K_2O aplicados numa plantação de banana da COSTA DO MARFIM foram lixiviados apesar da dose ter sido dividida em 5 aplicações por ano (38).

No caso da cana de açúcar, HUMBERT (41) aconselha esperar que as raízes sejam bem desenvolvidas antes de aplicar o potássio: assim as perdas por lixiviação seriam praticamente nulas nos solos do HAWAII.

5. CONCLUSÃO

Os agrônomos trabalhando nas regiões tropicais consideram com razão que o potássio trocável traduz bastante bem as disponibilidades imediatas do solo para as culturas. Mas esse K-trocável pouco abundante pois disponível somente em poucos sítios de troca do complexo sortivo, não é um dado estático; após o esgotamento pelas culturas, ele já está regenerado a partir das reservas de potássio não trocável, reservas muito mais abundantes geralmente que o potássio trocável. Se pode explicar a mobilização sempre parcial e lenta, pela liberação do potássio fixado e sobretudo pela alteração dos minerais do solo.

Estes dois processos são insuficientes todavia para explicar a totalidade dos fenômenos nos solos ferralíticos evoluídos sem nenhum resíduo alterável proveniente da rocha de origem.

A lentidão dessa regeneração torna obrigatória na prática agrícola o repouso do solo durante vários anos após uma cultura, ou a aplicação de adubos potássicos. No solo estes fertilizantes são infelizmente sujeitos a uma lixiviação mais ou menos intensa, devida em particular ao fraco poder de retrogradação do potássio na maioria dos solos tropicais (vertisolos e solos brunos eutróficos excetos). Todavia, uma certa parte do potássio pode ser fixada sobre o complexo coloidal quando sobram sítios preferenciais para o potássio.

Texto original e completo em língua francesa em: *Le potassium dans les cultures et les sols tropicaux / Inst. Int. de la Potasse 1973.*

16. *Bouchy C.*: Contribution à l'étude des déficiences minérales en culture cotonnière en Côte d'Ivoire. Coton et fibres tropicales (Paris) 25, 2, 235-251 (1971).
17. *Bouyer S.*: Etude de l'évolution du sol dans un secteur de modernisation agricole du Sénégal. Troisième conférence interafricaine des sols Dalaba. Vol. II, 841-850 (1959).
18. *Boyé P.*: Nutrition minérale et carence potassique du palmier à huile. Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées. 5 nov., C. 3-1, 1962.
19. *Boyer J.*: Soil Potassium. In: Soils of the humid tropics; pp. 102-135. National Academy of Sciences publ. (Washington), 1972.
20. *Braud M.*: La fertilisation du cotonnier en Afrique tropicale et à Madagascar. Coton. Fib. Trop. XXII, 2, 246-274 (1966).
21. *Chaminade R.*: La rétrogradation du potassium dans les sols. Ann. agron. 6, 818-820 (1936).
22. *Charreau C. et Poulain J. F.*: La fertilisation des mils et sorghos. Sols Africains IX, 2, 161-175 (1964).
23. *Conceição T. M. L., Moniz A. C., Oliveira J. J. et Sieffermann G.*: Les sols à montmorillonite sur gneiss de la zone tropicale humide de l'Etat de Bahia. Signification paléoclimatique. C. R. 4^e congrès latino-américain de la science du sol, 12 sept. 1972, Maracay (Venezuela) (1972).
24. *Culot J. P. et Van Wambeke A.*: Contribution à l'étude des déficiences minérales du caféier d'Arabie au Kivu. Publ. INEAC, Série scientifique, N° 73, 105 p. (1958).
25. *Dabin B.*: Alimentation minérale du riz — interprétation d'un essai réalisé à l'Office du Niger. Agr. Trop. VI, 9-10, 507-513 (1951).
26. *Duchaufour Ph.*: Précis de Pédologie. Edit. Masson, Paris 1965, 481 p. (1965).
27. *Dugain F.*: Le sulfate d'ammoniaque dans le sol en culture babanière de bas-fonds. Fruits 14, 4, 163-169 (1959).
28. *Duthion C.*: Le potassium dans le sol. Revue de la potasse, Section 4, nov./déc., Berne 1968.
29. *Farina M. P. W. et Graven E. H.*: Effects of rainfall and differential application of N, P, K and Ca on the downward movement of K in an Avalon medium sandy loam cropped with maize (*Zea Mays L.*). Agrochemophysica (Pretoria) 4, 93-98, (1972).
30. *Félice-Morales C. et Hanotieux G.*: Economie du sol en potassium I. Etude de certains facteurs éco-pédologiques locaux. Pédologie (Gand) 21, 3, 194-310 (1971).
31. *Feng M. P.*: Méthodes d'application de la potasse sur riz à Formose. Fertilité (France) 31, 27-41 (1968).
32. *Forestier J.*: Relations entre l'alimentation du Coffea Robusta et les caractéristiques analytiques des sols. Café, Cacao, Thé VIII, 2, 89-112 (1964).
33. *Forster H. L.*: The identification of potentially K deficient soils in Uganda. East Afric. Agric. and For. J. 37, 3, 224-233 (1972).
34. *Frémond Y. et Nucé de Lamothe M.*: Nutrition Minérale du Cocotier. Colloque d'Abidjan II, 480-492 (1968).
35. *Gaillard J. P.*: Recherche d'un équilibre K/N dans la production de l'ananas frais au Cameroun. I. Résultats agronomiques. Fruits (Paris) 25, 1, 11-24 (1970).
36. *Gillier P.*: La reconstitution et le maintien de la fertilité des sols du Sénégal et le problème des jachères. Oléagineux 15, 8, 9, 637-643; Oléagineux 15, 10, 699-704 (1960).
37. *Gillier P. et Gautreau J.*: Dix ans d'expérimentation dans la zone à carence potassique de Patar au Sénégal. Oléagineux Paris 26, 33-38 (1971).
38. *Godefroy J., Muller M. et Roose R.*: Estimation des pertes par lixiviation des éléments fertilisants dans un sol de bananeraie de basse Côte d'Ivoire. Fruits (Paris) 25, 6, 403-420 (1970).
39. *Hagibara H. H.*: Master's thesis, University of Hawaii, 1952.
40. *Heathcote A.*: The effects of potassium and trace elements on yields in Northern Nigeria. DAU/STRC Seminar on the environmental factors influencing the yields of cereals crops in Tropical Africa (Dakar), 26-29 juillet, 1971.
41. *Humbert R. P.*: Potash fertilisation in the Hawaiian sugar industry. Potassium Symposium 319-344 (1958).
42. *Jaiyebo E. O.*: Effect of drying and storage on the exchangeable potassium content of some Western Nigeria soils. Soil Sci. 106, 6, 399-404 (1968).
43. *Jaiyebo E. O. et Moore A. W.*: Soil Nitrogen accretion under different covers in a tropical rain-forest environment. Nature (Lond.) 197, 317-318 (1963).
44. *Larson W. E.*: Response of sugar beet to potassium fertilisation in relation to soil physical or moisture conditions. Soil Sc. Soc. Amer. proc. 18, 131-137 (1954).
45. *Laudelout H.*: Etude pédologique d'un essai de fumure minérale de l'Eloëis à Yangambi. Pub. INEAC, Série scientifique 47, 21 p. (1950).
46. *Le Mare P. H.*: A review of soil research in Tanzania. Committee on tropical soils. London 8-12 juin, 25 p. multigr. (1970).
47. *Malavolta E.*: Manual de Química Agrícola: Adubos e adubação 2^e édition. Ed. Ceres (São Paulo), 606 p. 1967.
48. *Matthews B. C. et Sherrel C. G.*: Effect of drying on exchangeable K of Ontario soils and the relation of exchangeable K to crop yield. Canad. J. Soil Sci. 40, 35-41 (1960).
49. *Middelburg H. A.*: Potassium in Tropical soils: Indonesian archipelago. Potassium Symposium, Institut de la Potasse, Berne, Suisse, 221-257 (1955).
50. *Mohinder Singh M. et Talibudeen O.*: Thermodynamic assessment of the nutrient status of rubber growing soils. J. Rubb. Res. Inst. Malaya, 21, 2, 240-249 (1969).
51. *Mohinder Singh M.*: Results and discussion: Exchange reactions of potassium, magnesium and aluminium in some Malaya soils. Ph. D. dissertation, Fac. of Sci., Univ. of Malaya, 45-151, 1970.
52. *Munson R. D. et Nelson W. L.*: Movement of applied potassium in soils. J. Agric. and Food Chem. 11, 193-201 (1963).
53. *Nabos, J.*: Etat actuel des recherches d'amélioration variétale et de technique culturale sur le mil et le sorgho au Niger. Sols Africains XI, 1-2, 347-363 (1966).
54. *Nye P. H. et Greenland D. J.*: The soil under shifting cultivation. Commonwealth bureau of soils. Tech. Comm. n° 57, 156 p. (1960).
55. *Page J. B. et Bayer L. D.*: Ionic size in relation to fixation of cations by colloidal clay. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 4, 140-155 (1940).
56. *Poulain J. P.*: Bilan de l'essai: Forme du phosphate de fond, Bambey. Doc. int. CRA Bambey inédit, 1969.
57. *Ramos M.*: Influencia do calcio sobre a potassio assimilavel en alguns solos do Rio Grande do Sul, Brasil. Revue de la potasse. Section, 4, Sept. Bern (1971).
58. *Reitemeier R. S.*: The chemistry of soil potassium. Ad. Agron. 3, 113-159 (1951).
59. *Richard L.*: Evolution de la fertilité en culture cotonnière. Colloque sur la fertilité des sols tropicaux, Tananarive 19-25 nov., II, 1437-1471, 1967.
60. *Richard L.*: Evolution de la fertilité en culture cotonnière intensive. Coton et Fibres Tropicales XXII, 3, 357-391 (1967).
61. *Salmon R. C.*: Residual effects of phosphate and potash applied to tobacco on granite sand. The Rhod. Jour. Agric. Research 9, 2, 129-130 (1971).
62. *Schuffelen A. C. et Van der Marel H. W.*: Potassium fixation in soils. Potassium Symposium 157-201 (1955).
63. *Ségalen P.*: Les sols de la vallée du Noun. Cah. ORSTOM, Sér. pédol. V, 3, 287-349 (1967).
64. *Sivasubramaniam S. et Talibudeen O.*: Effect of aluminium on growth of tea (*Camellia sinensis*) and its uptake of potassium and phosphorus. J. Sci. Food. Agric. 22, 7, 325-329 (1971).
65. *Stéphens D.*: The effects of different nitrogen treatments and of potash, lime and trace elements on cotton on Buganda clay loam soil. East Afric. Agric. and For. J. 32, 3, 320-325 (1967).
66. *Stéphens D.*: The effects of fertilisers, manure and trace elements in continuous cropping rotations in Southern and Western Uganda. East Afric. Agric. and For. J. 34, 401-417 (1969).
67. *Tinker P. B.*: Studies on soil potassium III — Cation activity ratios in acid Nigerian soils. IV — Equilibrium cation activity ratios and responses to potassium fertiliser in Nigerian oil palms. J. Soil Sci. 15, 1, 24-41 (1964).
68. *Tinker P. B. et Smilde K. W.*: Cation relationship and magnesium deficiency in the oil palm. J. W. Afr. Inst. Oil Palm. 4, 82-100 (1963).
69. *Tourte, R., Vidal P., Jacquinet L., Fauche J. et Nicou R.*: Bilan d'une rotation quadriennale sur sols de régénération au Sénégal. Agron. trop. XIX, 12, 1033-1072 (1964).
70. *Turner P. D.*: Oil palm diseases in Sabah. The planter (Malaysia) 43, 8, 349-358 (1967).
71. *Valet S.*: Recherche des carences minérales des sols de l'Ouest Cameroun en vases de végétation. Colloque sur la fertilité des sols tropicaux, Tananarive I, 341-356, 1967.
72. *Van Wambeke A.*: Congo-Kinshassa.: Status of Soil studies. Committee on tropical soils. London 8-12 June, 13 p. multigr., 1970.
73. *Velly J.*: Quelques aspects de la fumure potassique en rizière. Agron. Trop. 25, 1, 13-27 (1970).
74. *Velly J.*: Fertilisation potassique en rizière. Compte rendu de trois campagnes d'expérimentation à la station d'Ivôloina (Tamatave) Agr. Trop. 27, 6-7, 655-666 (1972).
75. *Velly J.*: Fertilisation potassique des sols tropicaux. Agronomie Tropicale 27, 9, 966-976 (1972).
76. *Weir C. C.*: The phosphorus and potassium status of some Trinidad Soils. Trop. Agriculture (Trin.) 43, 4, 315-321 (1966).
77. *Welch L. F. et Scott A. D.*: Availability of non exchangeable potassium to plants as affected by added ammonium and potassium. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 25, 102-104 (1961).
78. *Wicklander L. et Giasecking J. E.*: Exchangeability of adsorbed cations as influenced by the degree of saturation and the nature of the complementary ions with special references to trace concentration. Soil Sci. 66, 377-384 (1948).
79. *Wild A.*: The potassium status of soils in the savanna zone of Nigeria. Exper. Agric. 7, 3, 257-270 (1971).
80. *Ochs R.*: Contribution à l'étude de la fumure potassique du palmier à huile. Oléagineux (Paris) 20, 89, 497-501 (1965).
81. *Braud M.*: La fertilisation potassique du cotonnier en Afrique tropicale. Fertilité 39, 5-16 (1971).
82. *Coulter J. K.*: Soils of Malaysia, a Review of Investigations on their fertility and Management. Soils and Fertilisers 33, 475-498 (1972).
83. *Wicklander L.*: Forms of potassium in the soil. Potassium symposium, 107-121 (1954).