FONTES, DOSES E MÉTODOS DE APLICAÇÃO DO POTÁSSIO EM SOLO COM BAIXA RETENÇÃO DE CATIONS E SUA UTILIZAÇÃO PELAS PLANTAS

Claudio Sanzonowicz

Dissertação apresentada como um dos requisitos ao Grau de Mestre em Agronomia, área de Concentração Solos, setor de Fertilidade do Solo, Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Porto Alegre

Maio, 1983

1/ Engenheiro Agrônomo (UFSM - EMBRAPA/CPAC)

Homologada por:

Professor João Mielniczuk

Orientador

Professor José Antonio Costa

Coordenador do Curso de Pós-Graduação

Professor Carlos Miranda Garcia

Diretor da Faculdade de Agronomia

AGRADECIMENTOS

Ao professor João Mielniczuk pelo estímulo, amizade e orientação constante, durante todo o curso e no planejamento, execução e redação deste trabalho.

Aos demais professores e colegas do curso pelos ensinamentos e convívio profissional.

À EMBRAPA, pela oportunidade de realização deste curso e também pelo suporte financeiro concedido.

Ao professor Carlos Nabinger e ao Engº Julio Chachamowich pela cedência da área para a realização do ensaio e pelo auxílio prestado.

À Fertilizantes do Sul S.A., na pessoa do Engº Agrº Gaspar H. Korndörfer pela doação do fertilizante (K_2SO_4).

Ao meu pai José, à memória de minha mãe Genoeva e meus avós (Ana e Francisco), pelo que hoje sou.

À minha esposa, Sonia Maria e as filhas Andreza e Claudia, pela compreensão, estímulo e ajuda, e aos familiares e amigos pelo apoio recebido durante este período.

FONTES, DOSES E MÉTODOS DE APLICAÇÃO DO POTASSIO EM SOLO COM BAIXA RETENÇÃO DE CATIONS E SUA UTILIZAÇÃO PELAS PLANTAS

Autor: Claudio Sanzonowicz
Orientador: Prof. João Mielniczuk

RESUMO

O experimento foi conduzido a campo, em solo da Uni unidade de Mapeamento Itapoã (Podzólico Vermelho Amarelo Abrúptico) na localidade de Itapoã, município de Viamão, RS, no ano agrícola 1981/82, com o objetivo de estudar a eficiência das fontes KC1, K2SO4 e KAlSiO4 (Kalsilita), métodos de aplicação (a lanço com incorporação, no sulco de semeadura e a lanço em cobertura) e doses de 0, 150 e 300 kg/ha de K, na produção de matéria seca e absorção de K pelo milheto *(Pennisetum ameicanum (L.)* Leeke) e a distribuição do K+ no perfil do solo, na presença e ausência de plantas.

As doses de K aumentaram a produção de matéria seca e a quantidade de K absorvido, respectivamente até 150 e 300 kg/ha de potássio. Não houve efeito de fontes e métodos de aplicação do K na produção de matéria seca. A absorção de K foi maior quando se aplicou o KC1 e K2SO4, sendo que este último não diferiu da Kalsilita.

Houve modificações no teor de K trocável no perfil em relação à testemunha, até às profundidades de 15, 25 e 40 cm, respectivamente para a Kalsilita, K2SO4 e KC1. O K trocável foi maior, quando se aplicou o nutriente a lanço em relação a aplicação no sulco, na camada do 0 a 10 cm de profundidade. A influência das plantas na diminuição do K no perfil foi significativo nas camadas de 0 a 5 cm e de 10 a 15 cm, respectivamente sem e com aplicação de potássio.

1/ Dissertação de Mestrado em Agronomia (Solos) - Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul Porto Alegre (128p.) - Maio, 1983, com recursos financeiros da FINEP.

SOURCES, LEVELS AND PLACEMENT OF POTASSIUM IN SOIL WITH LOW RETENTION OF CATIONS AND ITS UTILIZATION BY PLANTS

Author: Claudio Sanzonowicz
Adviser: Prof. Joao Mielniczuk

SUMMARY

A field experiment was established on a Red Yiellow Podzolic (Paleudult), from Itapoã soil mapping unit in Viamão, RS, in the year of 1981/82, to determine the effect of K fertilizers (KC1, K2SO4 and KAlSiO4 - Kalsilita), band applied, broadcast with incorporation and broadcast on the soil surface at the rates of 0, 150 and 300 kg/ha of K, on dry matter production, K uptake and K distribution in the soil profile with and without millet *(Pennisetum americanum (L.)* Leeke) plant.

The effect of K was significant up to the rate of 150 and 300 kg/ha of K, respectively, on dry matter production and K uptake. The effect of K fertilizers and methods of application were not significant on the dry matter production. The K uptake from KC1 and K2SO4 was significantly higher them from Kalsilita, but Kalsilita was not diferent from K2SO4.

The exchangeable K was increased up to depth of 15, 25 and 40 cm after application of Kalsilita, K2SO4 and KC1, respectively. Higher exchangeable K, in 0-10 cm when K was broadcasted. The effect of plant was significant on exchangeable soil K up to the depth of 5 and 10-15 cm, respectively, with and without K application.

1/ M.Sc. Dissertation in Agriculture (Soils) - Agricultural School - Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre (128p.) - May, 1983, supported by FINEP.

Página

3.6. Análise estatística 48

4. Resultados e Discussão 49
4.1. Rendimento de matéria seca e absorção de potássio 51
4.1.1. Efeito de fonte 51
4.1.2. Efeito de doses 56
4.1.3. Efeito dos métodos de aplicação 59
4.2. Comportamento do K trocável no perfil do solo 67
4.2.1. Efeito de fontes 71
4.2.2. Efeito dos métodos de aplicação 74
4.2.3. Influência de plantas 78
4.2.3.1. Sem aplicação de potássio . 78
4.2.3.2. Com aplicação de potássio . 78

5. Conclusões 83

6. Bibliografia Citada 85

7. Apêndices 94

RELAÇÃO DE TABELAS

Página

1. Efeito de fontes de adubos potássicos na produção de matéria seca (MS) e na quantidade de K absorvido (K abs) pelo milheto. Média de 27 abservações, abrangendo 3 doses, 3 métodos de aplicação e 3 repetições 52

2. Efeito dos métodos de aplicação dos adubos potássicos na produção de matéria seca (MS) e na quantidade de K absorvido (K abs) pelo tecido do milheto. Média de 27 observações, abrangendo 3 fontes, 3 doses e 3 repetições por tratamento 63

3. Efeito das doses e dos métodos de aplicação dos adubos potássicos na produção de matéria seca (MS) e na quantidade de K absorvido (K abs) pelo tecido do milheto. Média de 9 observações, abrangendo 3 fontes e 3 repetições por tratamento 64

4. Produção de matéria seca e quantidade de K absorvido pelo milheto nos tratamentos adicionais (aplicações parceladas de K) em relação à doses, fontes e número de parcelamentos. Média de três repetições, com excessão da testemunha que é a média de nove repetições 66

5. Potássio trocável no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, em função de 0 e 300 kg/ha de K, aplicado nas formas de KCl, K_2SO_4 e $KAlSiO_4$ (Kalsilita), a lanço com incorporação (La) e no sulco de semeadura (Su). Média de 6 observações, abrangendo a presença e ausência de plantas e 3 repetições por tratamentos 77

6. Teor médio de K trocável no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, no tratamento testemunha (sem aplicação de K), na presença e ausência de plantas de milheto (média de três repetições). 79

RELAÇÃO DE FIGURAS

Página

1. Detalhes da unidade experimental 42

2. Deficiências e excessos pluviométricos, ocorridos no período de setembro de 1981 a abril de 1982 na Estação Experimental da Secretaria da Agricultura, Viamão, 1981/82. Evapotranspiração potencial calculada através do método de Penman e Bavel, segundo CAMARGO (1962). 50

3. Produção de matéria seca (MS) e quantidade total de K absorvido (K abs) pelas plantas de milheto em diferentes doses de potássio. Média de 27 observações, abrangendo 3 fontes, 3 métodos de aplicação e 3 repetições por tratamento 57

4. Distribuição dos valores de K trocável (ppm) no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam 300 kg/ha de K, na forma de KCl, aplicada no sulco de semeadura: (a) Com plantas; (b) Sem plantas. Média de três repetições 68

5. Distribuição dos valores de K trocável (ppm) no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam 300 kg/ha de K, na forma de K_2SO_4, aplicada no sulco de semeadura: (a) Com plantas; (b) Sem plantas. Média de três repetições 69

6. Distribuição dos valores de K trocável (ppm) no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam 300 kg/ha de K, na forma de Kalsilita ($KAlSiO_4$), aplicada no sulco de semeadura: (a) Com plantas; (b) Sem plantas. Média de três repetições 70

Página

7. Valores de K trocável no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam 0 e 300 kg/ha de K, na forma de KCl K_2SO_4 e Kalsilita ($KAlSiO_4$). Média de 12 observações, abrangendo 2 métodos de aplicação, com e sem plantas e três repetições por tratamento 72

8. Valores de K trocável no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, em função dos métodos de aplicação dos adubos potássicos. Média de 24 observações, abrangendo 4 fontes, com e sem plantas e 3 repetições 75

9. Valores de K trocável no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam 300 kg/ha de K, na presença e ausência de plantas de milheto. Média de 18 observações, abrangendo 3 fontes, 2 métodos de aplicação e 3 repetições por tratamento 81

1. INTRODUÇÃO

O K é absorvido em grandes quantidades pelas culturas e sua importância se manifesta principalmente quando a agricultura passa de extrativa ou de subsistência, com baixos rendimentos por unidade de área, para uma agricultura intensiva e tecnificada, onde são utilizadas espécies com alto potencial de resposta à aplicação de insumos, tais como fertilizantes e corretivos.

A constante expansão das áreas agricultáveis em solos mal supridos de K, bem como a reimplantação em áreas igualmente empobrecidas pela contínua exploração e sem a devida reposição dos nutrientes retirados pelas colheitas, exige a utilização de altas doses de adubações. No caso do potássio, esta prática agrava o elevado ônus e evasão de divisas, por ser este insumo no momento praticamente todo importado.

É evidente, pois, que se procure racionalizar a sua aplicação ao solo, obtendo-se com isto produções que atendam aos critérios econômicos e também visem reduzir as perdas deste nutriente por lixiviação.

Sabe-se que diversos fatores influem na movimentação do K no perfil do solo, tais como: quantidade de chuva

(balanço hídrico) e concentração de cátions na solução (capacidade de troca de cátions, natureza das superfícies de troca, textura do solo e cobertura vegetal).

Estudos realizados em diversas partes do mundo mostram que, dependendo das condições locais, estas perdas podem ser muito elevadas. No entanto, existe escassa informação em relação às perdas de K em solos brasileiros. Isto se deve ao fato de que até a alguns anos atrás, a quantidade de insumos utilizados pelos agricultores era pequena e apesar dos preços no mercado internacional serem baixos. Com a elevação do preço do petróleo, os preços dos insumos se elevaram, por isso, atualmente procura-se pesquisar matérias primas nacionais que possam substituir as importadas,bem como estudar alternativas mais racionais de se fazer as adubações potássicas, visando diminuir as perdas deste nutriente por lixiviação.

Com o objetivo de estudar alternativas mais eficientes em suprir K às culturas, foi implantado a campo, um experimento onde foram testadas as fontes (KCl, K_2SO_4 e Kalsilita), métodos de aplicação (a lanço com incorporação, no sulco de semeadura e a lanço em cobertura) e as doses (0, 150 e 300 kg/ha de K), com e sem plantas, utilizando-se milheto como planta teste.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

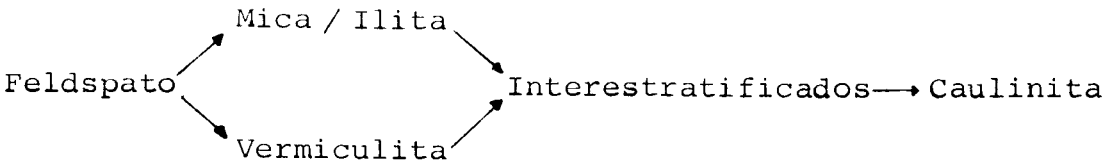
2.1. Formas do potássio no solo e sua disponibilidade para as plantas

O potássio (K) no solo pode ocorrer nas seguintes formas: a) K-estrutural, fazendo parte dos minerais primários não intemperizados ou ligeiramente intemperizados (feldspatos potássicos e micas), minerais secundários (vermiculita, clorita e ilita) e minerais interestratificados; b) K-fixado ou não trocável, retido em posições específicas para o K; c) K-trocável, adsorvido à superfície dos argilo-minerais e matéria orgânica; d) K-solução, presente na solução do solo (LOPES, 1982; MIELNICZUK, 1977; MIELNICZUK, 1980). Destas, somente as duas últimas formas de K estão imediatamente disponíveis às plantas e são comumente medidas pelas análises de solo.

Segundo GOEDERT (1973), o K-total de um solo é constituído principalmente pelo K-estrutural (90 a 98%). O K-trocável nas diferentes formas contribui para o K-total com 2 a 8% e o K-solução com 0,1 a 0,2%.

MORAES (1975), propôs que a intemperização de minerais potássicos, com respectiva liberação de K, segue a

seguinte ordem:



Nos Oxissolos e Ultissolos das regiões tropicais e sub-tropicais os feldspatos de K já foram dissovidos ou se existem estão provavelmente recobertos com óxidos que impedem a liberação do K para a solução do solo.

A intemperização das micas é mais intensa nas zonas tropicais e temperadas, cuja seqüência proposta por GOEDERT (1973), é a seguinte:

Mica → Vermiculita → Vermiculita-cloritizada → Caulinita→ → Gibbsita → Óxidos e Hidróxidos de Fe e Al

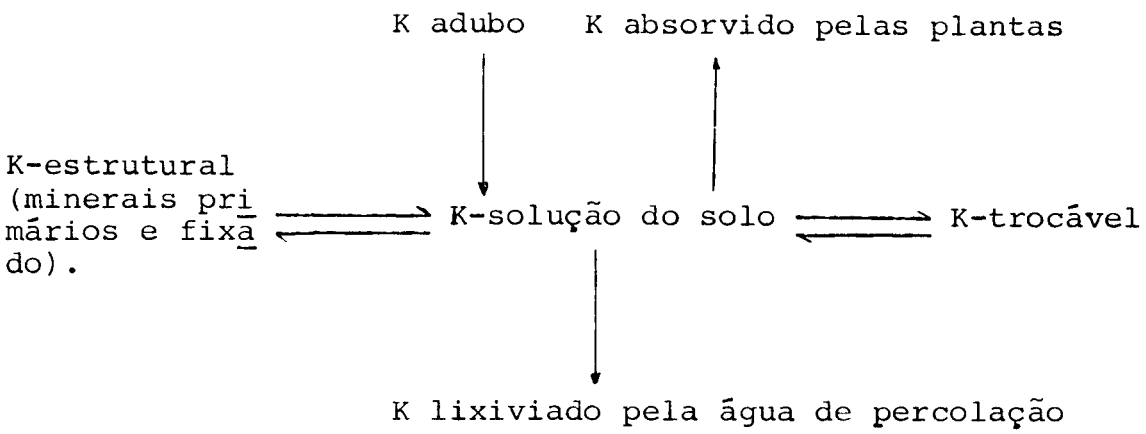
Em cada uma destas etapas o K é liberado para a solução do solo com excessão da intemperização da caulinita e seus produtos, pois são argilo-minerais que não possuem K na sua estrutura.

Em solos que contenham vermiculita, ilita ou montmorilonita e micas intemperizadas, pode ocorrer fixação de potássio, que consiste no aprisionamento do elemento entre as camadas estruturais desses minerais (VAN RAIJ, 1981). Como são minerais inexistentes ou escassos na maioria dos solos brasileiros, o K extraível é portanto, a única importante fonte de K no solo para as culturas (RITCHEY, 1982).

Em solos altamente intemperizados e lixiviados há a

predominância de argilo-minerais, caulinita, bibbsita, óxidos e hidróxidos de Fe e Al. No entanto, os trabalhos de GOEDERT (1973) e RODRIGUES (1977) não excluem a possibilidade de se encontrar micas (muscovita e biotita) na fração silte e argila e, feldspato de K nas frações de areia e silte. Quanto isto ocorre, a fração silte apresenta os teores mais altos de K-total em relação às outras frações do solo (LEPSH et alii, 1977).

O equilíbrio entre as diferentes formas e sua utilização pelas plantas, ocorre através da solução do solo e pode ser visualizado no esquema abaixo:



Estas formas estão em equilíbrio na solução do solo. Se ocorrer absorção de K da solução do solo pelas plantas ou sua remoção pelas águas de percolação,o equilíbrio é restabelecido pela liberação de potássio trocável. Quando a concentração de potássio na solução do solo atinge valores

baixos pelo esgotamento do K trocável, ocorre a liberação de K-estrutural.

O equilíbrio entre o K-solução e o K-adsorvido é controlado em grande parte, pelo grau de seletividade dos sítios de adsorção do solo em relação ao potássio. Os sítios de adsorção da matéria orgânica e da caulinita são de baixa seletividade por potássio. Por outro lado, nos argilo-minerais do tipo 2 : 1, a adsorção se processa nos sítios de alta seletividade e neste caso o K é fortemente unido à partícula. Isto se deve ao fato, de que os argilo-minerais expansíveis (2 : 1), possuem três tipos de sítios de adsorção: os planares que se localizam nas superfícies planas externas das argilas que apresentam muito baixa seletividade para o K, já que o mesmo pode ser trocado por qualquer tipo de íon positivo; os sítios situados nas bordas da partícula apresentam uma seletividade média por K; e os sítios internos que estão situados no interior da partícula entre as camadas, apresentam alta seletividade por K, mas o mesmo pode ser trocado por outros cátions como Ca^{2+} e Mg^{2+}. O K adsorvido nestas formas, além do K-solução é que suprem as exigências nutricionais das plantas (MENGEL e KIRKBY, 1980).

Estudos realizados por GIANELLO (1978), mostraram que a concentração de K na solução do solo, foi o fator que mais contribuiu para explicar a absorção de K por plântulas de milho, seguido pelo conteúdo de argila, teor de água e poder tampão de potássio (PTK) do solo. Isto mostra que os solos variam na sua capacidade de suprir K para as plantas

em função das formas em que este nutriente se encontra, da quantidade e grau de disponibilidade das diferentes formas, bem como das características físicas que afetam a sua condução através da solução do solo até o contato com a raiz.

2.2. Lixiviação de potássio no solo

A lixiviação pode ser definida como sendo o movimento do soluto no perfil do solo com a água de percolação.

Uma das primeiras citações sobre a ocorrência deste fenômeno foi feita há mais de cem anos quando BOUSSINGAULT (1856), citado por OLIVEIRA (1979), relatou perdas de "salt petre" (nitrato) da superfície do solo, provocadas pela água das chuvas.

A intensidade das perdas de potássio por lixiviação é função da quantidade de água percolada no perfil do solo e da concentração do elemento na solução do solo.

A quantidade de água percolada no perfil, depende do balanço hídrico do local. Sendo positivo o movimento do soluto no perfil será descendente, e neste caso poderá haver perdas de K por lixiviação. Outros fatores também podem influir na infiltração de água no solo, tais como: topografia, presença ou ausência de crosta superficial, cobertura vegetal, textura e estado de agregação das partículas do solo.

Diversos fatores influem na concentração de K na solução do solo, sendo os principais a capacidade de troca

de cátions e a força de adsorção do potássio pelo solo. A força de adsorção depende da natureza das superfícies de trocas (tipo de argila, matéria orgânica, óxidos e hidróxidos), percentagem de sítios de troca ocupados por K, em relação ao número total de pontos de troca. Influem também na concentração de K na solução, a concentração e tipo de ânions, bem como a cobertura vegetal.

2.2.1. Quantidade de água percolada

A distribuição e a intensidade da precipitação pluviométrica durante o ano, em relação à evapotranspiração potencial, determinam se no período considerado, há excesso ou deficiência pluviométrica.

As maiores perdas de potássio ocorrem quando há um excesso de precipitação pluviométrica sobre a evapotranspiração (balanço hídrico positivo), e isto geralmente ocorre na estação chuvosa ou em situações em que o sistema de irrigação não é controlado (ENGELSTAD e RUSSEL, 1975). Neste período as perdas de K podem ser tão acentuadas que num período de apenas três meses, podem chegar até 70 % das perdas totais (GODEFROY et alii, 1970).

Infiltração é o processo pelo qual a água penetra no solo através de sua superfície. Uma maior infiltração determina um aumento no armazenamento de água no solo. A quantidade de água que infiltra em um solo é afetada pela intensidade e tipo de chuva, umidade atual do solo, tipo de

solo, declividade do terreno, grau de mobilização do solo, cobertura da superfície do solo, crosta e rugosidade superficial, existência de camada compactada e/ou adensada próximo à superfície do solo, altura da camada de água que se mantém em contato com o solo e pela velocidade de escorrimento superficial da água da chuva. A infiltração de água no perfil de um solo está diretamente relacionada com a textura, tipo de mineral de argila, estrutura, estabilidade de agregados, distribuição do tamanho de poros, densidade do solo, grau de compactação e condutividade hidráulica (PARR e BERTRAND, 1960; HILLEL, 1970).

A intensidade da chuva pode afetar a infiltração e conseqüentemente a lixiviação, por afetar a estrutura da superfície do solo. A camada superficial do solo que limita a infiltração é delgada e formada pela ação da gota da chuva a qual desagrega a estrutura do solo. McINTYRE (1958) verificou que a gota da chuva pode transformar a superfície dos solos em crostas que são cerca de 100 vezes menos permeáveis à água.

Segundo VAN RAIJ (1981), a porosidade dos solos minerais varia da ordem de 0,7 para solos argilosos e 0,3 para solos arenosos; a capacidade de campo tem valores que podem chegar a 0,4 cm^3/cm^3 no primeiro caso e 0,15 cm^3/cm^3 no segundo caso. Ou seja, uma retenção da camada arável de 20 cm de profundidade, da ordem de 80 mm de água para solos muito argilosos e apenas 30 mm para os arenosos. Como a água em excesso à capacidade de campo percola através do solo,

em solos arenosos a lixiviação de nutrientes através do solo, é muito mais intensa e rápida que em solos de textura mais fina. Isto foi comprovado em experimento realizado em laboratório por OLIVEIRA e OLIVEIRA (1976), onde aplicaram 240 kg/ha de K_2O na forma de KCl e após 200 mm de água, observaram que as perdas de K em solos do nordeste brasileiro foram de 70,6 e 4,0% da dose aplicada, respectivamente para o solo com textura arenosa (areias quartzosas) e textura média.

A taxa de infiltração de água é a que mais rapidamente se altera, pela aplicação de materiais orgânicos ao solo. O acréscimo verificado é maior nos estágios que sucedem as aplicações, em decorrência do aumento no diâmetro médio de poros. Com a decomposição do material, o efeito tende a desaparecer. No caso específico de elevadas aplicações de esterco de aves, o processo inverte-se (EPSTEIN, 1975); isto é, a taxa é diminuida inicialmente, devido à obstrução de poros ocasionada pela dispersão de argilas, em conseqüência da alta concentração de cátions monovalentes, presentes neste material (WEIL e KROONTJE, 1979).

As plantas e restos culturais protegem a superfície do solo contra o impacto das gotas de chuva, evitam a formação de crosta, deste modo, a cobertura vegetal pode aumentar a lixiviação por reduzir o efeito da compactação da superfície do solo, e assim, aumentar a infiltração de água no perfil.

Em lavoura que se utiliza a cobertura vegetal

morta na superfície, no caso do plantio direto, há também mais umidade presente no solo, portanto, existe maior movimento descendente da água e que pode acarretar uma maior lixiviação (McMAHON e THOMAS, 1976). Segundo THOMAS et alii (1973), isto se deve ao fato de que o solo não é movimentado, evitando-se com isto que haja quebra de poros que, favorecem o movimento descendente da água e também ao fato de que a taxa de evaporação da água é menor, ocasionando desta forma uma menor movimentação de água no sentido ascendente.

A utilização de espécies vegetais com sistema radicular agressivo e abundante são indicadas para romper a camada compactada do solo. Após o apodrecimento das raízes das plantas,provocam a formação de condutos contínuos no solo que promovem um aumento na taxa de infiltração de água (BARLEY, 1954). Este efeito positivo das raízes foi demonstrado pelo trabalho de KEMPER e DERPSCH (1979), em um latossolo do Paraná, onde compararam índices de infiltração de água no solo, usando diferentes culturas e em épocas distintas. Em setembro de 1978, observaram na área cultivada com trigo uma infiltração de 44 mm/h (índice 100), na parcela com colza, 79 mm/h (índice 180) e na com tremoço, 125 mm/h (índice 284). Posteriormente, sobre a esta mesma área, cultivaram soja. Em abril de 1979 os testes de infiltração na área cultivada com trigo e seguida de soja foi de 67 mm/h (índice 100), na com colza seguida de soja de 90 mm/h (índice 134) e na com tremoço seguida de soja de 112 mm/h

(índice 167). Os autores atribuiram as diferenças apresentadas na taxa de infiltração pelas culturas, como sendo devidas à ação do sistema radicular no solo. Não há no entanto, informação neste trabalho se com o aumento de infiltração de água através dos canais abertos pelas raízes, houve também aumento de percolação de nutrientes.

2.2.2. Concentração de K na solução

O solo é uma massa porosa, onde o ar ocupa uma parte dos poros, sendo o espaço restante ocupado pela água. Na realidade, não se trata de água pura, mas sim de uma solução contendo diversos solutos que afetam as plantas, principalmente nutrientes e elementos tóxicos. Essa solução, distribui-se nos poros de menor tamanho, formando filmes em torno das partículas sólidas do solo. Existe entre essas duas fases, a interfase sólido-líquido, que é o local onde ocorrem importantes fenômenos envolvendo os elementos químicos da solução e os das partículas sólidas.

A concentração de K na solução bem como dos outros cátions adsorvidos na fase sólida é determinada pela concentração de ânions na solução. Sendo afetada também pela quantidade de K adsorvido e as forças de atração entre o K e a superfície trocadora.

2.2.2.1. Adsorção de K pelo solo

A maioria dos solos apresenta um excesso de cargas negativas nas superfícies das partículas e este excesso de cargas é neutralizado por cátions (íons positivos) e entre eles, está o K que se encontra em equilíbrio com o K na solução do solo. Este tipo de ligação que se dá entre os íons positivos presentes na solução do solo e as partículas, que podem ser da fração mineral ou orgânica, denomina-se adsorção catiônica.

Além do K,existem no solo diversos íons (Ca^{2+},Mg^{2+}, Na^{+}, Al^{3+}, NH_4^{+}, etc) que são adsorvidos nos pontos de troca existentes no solo (argilas, matéria orgânica, óxidos e hidróxidos). Cada íon adsorvido, mantém uma certa concentração na solução, que é função principalmente da quantidade adsorvida (relativa ao total de cargas disponíveis) e da força de retenção do mesmo, no ponto de troca do solo (MENGEL e KIRKBY, 1980). Para se entender melhor este mecanismo é importante conhecer a eletroquímica das frações minerais e orgânicas dos solos. A forma como ocorre a adsorção de K por estes constituintes é de fundamental importância para se compreender a distribuição dos íons,na interfase sólido-solução.

A presença de uma partícula carregada negativamente (argila, matéria orgânica, óxidos) em uma solução eletrostática, determina maior concentração de cátions nas suas proximidades. Este conjunto é denominado de dupla camada

elétrica, constituída pela camada de cargas negativas das superfícies de troca e pela camada de cargas positivas dos cátions da solução que se acumulam junto à superfície de troca, neutralizando suas cargas.

Diversos modelos foram propostos para explicar o arranjo entre os cátions da solução e a superfície de troca, entre estes encontra-se o de Guy-Chapmann. Este modelo considera as forças de atração eletrostática e a difusão para explicar os fenômenos da adsorção de íons. As forças eletrostáticas tendem a atrair os cátions em torno da partícula, negativamente carregada. Devido a esta forma de atração, os cátions na solução tendem a distribuir-se em torno da partícula formando uma camada de cargas positivas, ao mesmo tempo que os ânions são repelidos para fora da influência do campo. Simultaneamente em que são atraídos pela superfície negativa, os cátions tendem a se difundir para fora da região sujeita ao campo por força de gradiente de concentração e da necessidade de contrabalançar as cargas dos ânions repelidos. Como resultante, forma-se uma camada difusa de cátions em torno da partícula. Os cátions contidos na camada difusa constituem os cátions adsorvidos e os fora da influência da partícula, os cátions da solução do solo (VAN OLPHEN, 1963).

A espessura da camada difusa, que é a distância que vai da superfície da partícula até o centro de gravidade da camada difusa varia de 10 a 400 $\overset{0}{A}$. Esta espessura depende da temperatura, da concentração iônica da solução e da

valência do íon. A quantidade de cátions dentro dos limites da camada difusa em relação aos cátions na solução, depende da diferença de potencial entre a partícula e a solução. O total de cargas negativas no solo é representado pela CTC que determina portanto, a distribuição dos cátions entre adsorvidos na fase sólida (trocáveis) e livres na solução do solo (VAN OLPHEN, 1963).

A diluição da solução do solo, provoca um aumento maior na espessura da camada difusa dos cátions monovalentes, do que dos divalentes. Este fenômeno acarreta concentrações relativas variáveis entre mono e divalentes, com a diluição da solução do solo. Portanto, um solo com alto teor de umidade terá mais cátions monovalentes na solução em relação aos divalentes, do que a baixos teores de umidade.

Os cátions em solução estão em equilíbrio com os trocáveis de forma que com a absorção de um deles pela planta, como o K por exemplo, pode ocorrer a reposição dos teores trocáveis, através de troca com outros cátions da solução.

Os cátions são retidos pelo solo, na seguinte ordem, denominada série liotrópica: $Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^{+} \cong NH_4^{+} > Na^{+} > Li^{+}$

O primeiro fator determinante da atração é a carga dos cátions e o segundo é o tamanho dos íons hidratados (energia de hidratação), os menores são retidos com maior energia.

A seletividade de alguns cátions pode ser explicada pelo modelo de adsorção proposto por SHAIMBERG e KEMPER (1966), estes supõem que na camada de Stern (região bem próxima à

superfície da partícula) estão os cátions parcialmente desidratados (baixa energia de hidratação); enquanto os cátions que têm alta energia de hidratação tendem a permanecer na camada difusa. Baseando-se neste modelo, consegue-se evidenciar uma provável justificativa sobre a tendência de uma maior adsorção de Ca, em relação ao Mg na camada de Stern.

2.2.2.2. Natureza das superfícies de troca

A maioria das reações de trocas se processam devido à existência de cargas elétricas negativas na superfície das partículas que possuem um tamanho menor que 0,002 mm.

As cargas negativas do solo têm origem nas argilas, óxidos e hidróxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al) e na matéria orgânica. Portanto, a adsorção de K e de outros cátions é influenciada pela natureza das superfícies dos argilo-minerais.

Cerca de 90 % da variação da CTC do solo é explicada pelos teores de argila e matéria orgânica (HELLING et alii, 1964; McLEAN e OWEN, 1969) podendo, em algumas circunstâncias, haver uma contribuição bastante significativa do silte e outras fontes (STARNAUD e SEPHTON, 1972). A contribuição de cada fator varia com o solo e condições climáticas.

2.2.2.2.1. Argilas

As cargas das argilas originárias das substituições isomórficas são permanentes, isto é, independentes do pH. No entanto, nas faces das superfícies quebradas, onde os grupos OH^- dos octaedros são expostos, originam-se cargas que dependem do pH, isto pode ocorrer nas argilas do tipo 1:1 como nas 2:1.

Segundo FASSBENDER (1975), as argilas do tipo 1:1 não possuem uma CTC elevada. No caso da caulinita que apresenta um alto grau de estabilidade em solos altamente intemperizados, apresenta uma CTC de 3 a 10 me/100g do material. Isto se deve ao fato de possuir poucas substituições isomórficas. A haloisita apresenta uma CTC mais elevada do que a caulinita e pode chegar a 20 me/100 g do material.

As argilas do tipo 2:1, apresentam diferentes origens das cargas e pode-se inferir que existem pontos de adsorção com diferentes forças de adsorção de íons.
FASSBENDER (1975), cita que a CTC de 100g de argila é cerca de 10 a 50 me/100g de ilita ou clorita; 15 a 150 me/100g de montmorilonita; 100 a 150g de vermiculita e menos de 100 me/100g para os minerais amorfos (alofanas).

Os solos tropicais, altamente intemperizados, de clima úmido, as argilas predominantes são as do tipo 1:1, entre elas destaca-se a caulinita. A ocorrência de argilas expansíveis é muito reduzida. O mesmo não ocorre em solos de climas temperados, onde predominam as argilas do tipo 2:1, que

além de apresentarem elevada CTC, podem fixar o K nas cavidades hexagonais, entre as lâminas de argila.

2.2.2.2.2. Matéria orgânica

A fração de matéria orgânica (MO) do solo que pode apresentar reações de adsorção (CTC) é aquela já metabolizada pelos microorganismos, é relativamente estável, denominada em termos genéricos, de humos do solo.

A MO que é constituída por inúmeros polímeros com grupos fenólicos (R-OH) e carboxílicos (R-COOH), que podem se dissociar dando origem a cargas negativas dependentes do pH da solução do solo. Devido a natureza diferente destes radicais, podem ser originadas cargas em ampla faixa de pH (MIELNICZUK, 1980).

A CTC da MO varia muito em função da origem do material e grau de decomposição. Assim, a MO pode contribuir com 19 a 45 % da CTC, respectivamente em pH 2,5 e 8,0, em vários solos de Wisconsin (HELLING et alii, 1964).

Para as condições do Estado de São Paulo, A CTC da MO varia de 190 a 400 me/100 g, representando uma contribuição média de 74 % da CTC nas camadas superficiais (VAN RAIJ, 1969). WRIGHT e FOSS (1972) encontraram um valor de 88 % em solos de 3 regiões fisiográficas de Maryland (USA).

Aumentos no pH proporcionam aumentos lineares na CTC do solo, quando se considera somente a MO (VAN RAIJ, 1969) da qual se originam mais cargas pH dependente do que da

argila (HELLING et alii, 1964; McLEAN e OWEN, 1969). Alguns autores têm tentado, através de regressão múltipla, estabelecer coeficientes para a contribuição da argila e matéria orgânica para o CTC. É o caso de WRIGHT e FOSS (1972) que atribuem aos solos de Maryland uma contribuição de 2,95 me/100 g de CTC para cada percentual de matéria orgânica.

A matéria orgânica apresenta baixa seletividade por íons de K^+ (MENGEL e KIRKBY, 1980). Estudos realizados por SALMON (1964), em solos orgânicos mostraram que havia maior preferência pelos íons divalentes do que aos monovalentes, sendo que o Ca foi o íon mais facilmente adsorvido. PRATT e BAIR (1962), observaram que a razão Na/Ca adsorvidos aumentava com o decréscimo do pH, o que sugere que as cargas dependentes de pH, aumentam a preferência por Ca.

2.2.2.2.3. Óxidos e hidróxidos

Nas regiões tropicais e temperadas os solos que se desenvolvem sob condições de alta precipitação e que apresentam boa drenagem, o K, Na, Ca, Mg e Si tendem a ser lixiviados mais rapidamente que o Al, Fe, Ti e Mn. O resultado deste processo é um acúmulo de óxidos e hidróxidos formados com estes elementos em quantidades variáveis do estado amorfo ao cristalino.

As cargas dos óxidos não são de origem interna (substituição isomórfica), originam-se da dissociação na camada externa de grupos SiOH, AlOH e FeOH. Estas cargas são

dependentes do pH portanto em um pH fixo, a superfície apresenta um potencial constante (VOLKWEISS, 1978).

Um óxido a pH baixo poderá adsorver íons H^+ em excesso e apresentar carga superficial positiva (CTA) e em pH alto dessorver íons H^+ e apresentar cargas superficiais negativas (CTC).

Os óxidos como apresentam uma CTC totalmente dependente do pH, portanto, somente em pH alto, uma quantidade maior de cátions pode ser adsorvida à sua fase sólida (camada difusa), sendo sujeitos a serem perdidos por lixiviação, os elementos que permanecem fora da ação da superfície eletronegativa.

2.2.2.3. Concentração e tipo de íons

Para que haja lixiviação, a lei da neutralidade elétrica deve estar satisfeita, de modo que para que ocorra o deslocamento de uma certa quantidade de K nos solos, a mesma deve ser acompanhada por uma quantidade equivalente de ânions. Assim, no caso da aplicação do cloreto de potássio, que é o adubo potássico mais usado, deve haver lixiviação de cátions que acompanham o ânion cloreto (Cl^-) em seu movimento através do perfil do solo. Em condições normais de solos agrícolas, tais cátions devem ser principalmente cálcio, magnésio e potássio. Destes o K é o que apresenta maior interesse, por ser o elemento de custo mais elevado, e é absorvido em grandes quantidades pelas plantas.

A concentração da solução do solo e conseqüentemente o deslocamento no perfil de cátions é significativamente afetada pela adição de adubos solúveis. Os fertilizantes mais solúveis cujos componentes permanecem na solução ao serem aplicados nos solos, são os de maior importância nesse processo, onde destacam-se os seguintes ânions: NO_3^-, Cl^-, $SO_4^=$ e os cátions, K^+, NH_4^+, Ca^{2+} e Mg^{2+}.

Estudos realizados pela EMBRAPA (1979); RANEY (1960), confirmam que o nitrato (NO_3^-), Cl^- e provavelmente o sulfato ($SO_4^=$) são os principais ânions que influem na lixiviação de cátions (K^+, Ca^{2+} e Mg^{2+}). Além desses trabalhos, TERMAN (1977), observou que há uma equivalência entre as quantidades lixiviadas de cátions e ânions. Entre os cátions estavam presentes, Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+ e Na^+ e os seguintes ânions: NO_3^-, $SO_4^=$, Cl^-, e ainda HCO_3^-, que também foi observado em maiores quantidades, em solos não ácidos.

Os ânions que são fixados, como os fosfatos e os sulfatos em solos com elevados teores de óxidos de Fe e Al (VOLKWEISS e VAN RAIJ, 1977; COUTO et alii, 1979),podem retardar a lixiviação do potássio. Pois,segundo BOLT (1976) é a seguinte a ordem de retenção de ânions pelo solo: $SiO_4 > PO_4 > SO_4 > NO_3 > Cl$. No entanto, pode ocorrer lixiviação de P em solos arenosos que possuam pequenas quantidades de sesquióxidos de Fe e Al (SPENCER, 1957; HUMPHREYS e PRINCHETT, 1971). Como também, o PO_4 pode ser mais retido que o SiO_4, em solos com elevados teores de óxidos de Fe e Al (LOPES, 1977).

Nos estudos realizados pela EMBRAPA (1979), visando identificar qual seria o ânion mais efetivo para a lixiviação de Ca^{2+} em um perfil reconstituído de um Latossolo Vermelho-Escuro, foram aplicados 1200 mm de água, sendo que a camada de 0 a 15 cm (camada superficial) recebeu 2000 kg/ha de Ca^{2+}, nas formas de $CaCO_3$, $CaSO_4$ e $CaCl_2$. Os dados amostraram que o íon Cl^- foi o que promoveu maior lixiviação de Ca^{2+}, seguido do íon $SO_4^=$ que, por ser mais fortemente adsorvido pelo solo, moveu-se mais lentamente no perfil. O íon carbonato ($CO_3^=$) promoveu a lixiviação Ca^{2+} somente até a profundidade de 20 cm, certamente porque em solos ácidos não permanece na forma iônica no solo, pois reage com a água, formando hidroxilas (OH^-) e liberando CO_2.

A adubação fosfatada quando associada à correção da acidez, pode apresentar um aumento na lixiviação de K, devido além de favorecer a atividade microbiana, é fator preponderante no aumento de NO_3^- oriundo da decomposição dos resíduos orgânicos no solo. Além disso, os fosfatos podem aumentar o teor de ânions na solução do solo pela competição pelos sítios de trocas.

Os solos altamente intemperizados, mas que apresentam alto teor de caulinita, alumínio trocável e óxidos de Fe e Al livres, adsorvem quantidades apreciáveis de sulfatos (COUTO et alii, 1979), mas estes podem ser deslocados dos sítios de trocas para a solução do solo, pelos fosfatos (CHAO et alii, 1962). O aumento dos teores de NO_3^- e $SO_4^=$ na solução do solo, favorecem a lixiviação de cátions.

A calagem reduz as perdas de K por lixiviação, por aumentar a capacidade de troca de cátions, devido ao aumento do pH, e conseqüentemente fornecer mais sítios de trocas para retenção do potássio. Além disso, pela calagem o Al^{3+} trocável é deslocado das superfícies de trocas e é precipitado liberando pontos de troca para a retenção do K,que deste modo, pode competir com os íons Ca^{2+} e Mg^{2+} que permanecem no complexo de troca e são adsorvidos com menor energia do que o Al^{3+}.

MIELNICZUK (1977) mostrou que é possível aumentar muito o poder tampão de K (PTK), de um Latossolo Vermelho - Escuro de Cerrado com uma calagem a pH 6,0. Também é possível elevar o teor de K trocável com conseqüente diminuição deste elemento na solução do solo,quando se faz uma aplicação de $CaCO_3$ (MIELNICZUK, 1973). Destes dados pode-se deduzir que a calagem reduz a perda de K por lixiviação, devido ao aumento de cargas dependentes do pH que adsorvem o potássio. No entanto, à medida que isto ocorre, na camada que recebeu o calcário, pode ocorrer o contrário na camada sub-superficial (que não recebeu calcário). A adição de calcário ao solo aumenta a atividade microbiana e a mineralização da matéria orgânica resultando no aumento da produção de NO_3^- e que pode aumentar a concentração de Ca e Mg na solução. Este aumento da concentração se refletirá em maior lixiviação destes elementos para a camada sub-superficial. Como nesta camada a CTC não foi alterada, o Ca e Mg tenderão a deslocar alguns cátions da fase sólida para serem

adsorvidos no seu lugar. O K pode ser deslocado desta forma para a solução, sendo mais facilmente lixiviado.

A aplicação de Ca^{2+} e Mg^{2+} nas formas de cloretos e sulfatos podem causar mais lixiviação de K, porque estes dois elementos aumentam o número de cátions que competem por cargas no complexo de trocas do solo, sem elevar o pH. Haverá também um número de ânions móveis que quando lixiviados removem os cátions. Trabalhos realizados pela EMBRAPA (1978) com a aplicação de gesso (sulfato de cálcio), em um Latossolo Vermelho-Escuro,os resultados mostraram que além do aprofundamento desejado do Ca^{2+}, ocorreram também lixiviações acentuadas de Mg^{2+} e K^{+} (RITCHEY, 1982).

Pode-se concluir que a calagem irá provavelmente diminuir as perdas de K^{+} por lixiviação, porque aumenta a capacidade de troca do solo, diminui a concentração de K^{+} na solução do solo e pode aumentar a absorção do elemento pelas culturas por reduzir a toxidez do Al^{3+}. Por outro lado, a adição de sulfato de cálcio ou magnésio aumentaria a competição pelos sítios de trocas e o nível de K^{+} na solução do solo sujeito a lixiviação. Entretanto, se houver um maior aprofundamento das raízes, que pode estar associado com as adições de corretivos, neste caso as perdas de K poderão ser recuperadas e deste modo, ter melhorado a eficiência global do uso de potássio.

2.3. Perdas de K por lixiviação

2.3.1. Fatores edafo-climáticos

A concentração da solução do solo pode variar devido a extração de cátions pelas plantas, pela adição de adubos, pela diluição da solução do solo por água adicionada e pela concentração provocada pela evaporação de água. Em cada um desses casos deve ocorrer o ajuste com os íons trocáveis, a fim de ser mantido o equilíbrio iônico. Estes fatores têm muita importância, destacando-se os relacionados com a disponibilidade do K que irá influenciar nas quantidades lixiviadas.

ENGELSTAD e RUSSEL (1975) observaram que, enquanto as perdas de K por lixiviação nos trópicos eram pequenas em solos cobertos pela vegetação natural (floresta ou savana), estas eram consideráveis em solos cultivados. Este fato foi comprovado por GODEFROY et alii (1970), onde observaram perdas de 50 a 60 % do K adicionado em um Oxissolo arenoso, sob uma precipitação anual de 190 cm, na Costa do Marfin.
BOSWELL e ANDERSON (1968) estudaram as perdas de K por lixiviação em dois Ultissolos no sudeste dos EUA e concluiram que nas aplicações normais de K não houve lixiviação além da zona das raízes durante o período de cultivo para a maioria das culturas. Estes estudos mostram que há diferenças no potencial de lixiviação, entre os solos intemperizados dos trópicos e os das regiões temperadas durante a estação de

cultivo.

A vegetação natural é responsável pela reciclagem dos nutrientes, mantendo-se dentro de um ciclo floresta-solo. Os mecanismos da lavagem de nutrientes pela água da chuva são bem conhecidos e podem variar consideravelmente com as espécies vegetais e as estações do ano (SANCHEZ, 1977; SILVA e RITCHEY, 1982a). NYE (1961) estimou que a transferência de nutrientes da vegetação para o solo pode ser da ordem de 12 Kg N, 3,7 Kg P, 220 Kg K, 311 Kg Ca e 70 Kg Mg por hectare por ano.

NYE e GREELAND (1964), observaram que a quantidade de K, Ca e Mg aumenta na camada superficial após a queima da vegetação nativa, no entanto, ocorrem grandes perdas por lixiviação de K e Mg, e pequenas de Ca, durante o primeiro ano. Este fenômeno foi comprovado por SEUBERT (1975), o qual observou que um mês após a queimada, o teor de K do solo, na profundidade de 30 a 50 cm, foi três vezes maior do que antes do desmatamento. E, seis meses depois, o nível de K nesta mesma camada tinha retornado ao seu valor original. Aparentemente, o K que tinha sido adicionado ao solo pelo processo de derrubada e queima do mato, foi rapidamente perdido por lixiviação.

Pode haver um efeito climático na concentração de K no solo. HARDY e BAZAN (1966) observaram que a quantidade do nutriente varia nas diferentes épocas do ano em solos vulcânicos, sendo que ocorre maior fixação de K nas épocas secas (BORNEMISZA, 1960).

PALENCIA e MARTINI (1970) também estudaram as relações entre os efeitos climáticos e o nível de K no solo. O K trocável aumentou com o aumento da temperatura média anual e decresceu com o aumento da altitude. Eles também observaram que o nível de K trocável decresceu com o aumento da precipitação e aumentou nos meses secos.

As temperaturas baixas do solo reduzem a disponibilidade e a taxa de absorção de K pelas culturas, sendo que a temperatura ótima para absorção de K para uma cultura como o milho é em torno de 29º C. Este efeito pode ser reduzido aumentando-se os níveis de K no solo ou aplicando-se o adubo (FAGERIA, 1982). Nas condições do Brasil, onde as temperaturas são altas, o movimento descendente do K é mais pronunciado do que nas regiões temperadas, conforme mostram os dados das pesquisas realizadas por FRANCO e MEDINA (1960). Estes autores aplicaram em cafeeiros cultivados em "terra roxa legítima" e "arenito de Bauru" 180 g de KCl por 10 m de sulco, 1, 2, 3 e 4 anos depois colheram amostras em diferentes profundidades e nelas determinam o teor de K trocável; os dados obtidos no primeiro ano mostraram que o K aplicado atingiu a profundidade de 61-100 cm; depois de 3 anos o efeito da adição superficial do K já não se fazia sentir nas camadas analisadas que mostraram ter um teor de K-trocável, praticamente igual ao encontrado nas amostras que não haviam recebido adubação potássica.

É difícil estabelecer com base nos dados bibliográficos qual será a movimentação do K em um determinado solo,

pois ocorrem interações dos diferentes tipos de íons com os componentes do solo, e que são influenciados pelo clima, vegetação pH, teor e tipo de ânions e pela matéria orgânica do solo. Deste modo, torna-se difícil prever a taxa de lixiviação do K, uma vez que dependerá das características químicas de cada camada do solo, através da qual o íon se movimentará.

2.3.2. Fontes e doses de potássio

As principais fontes de K atualmente mais usadas são: o cloreto de potássio (KCl) que contém 49,8 % de K e o sulfato de potássio (K_2SO_4) com 41,5 % de potássio. Do potássio utilizado para fins agrícolas, 90 % está representado por KCl e o restante por K_2SO_4, sulfato duplo de potássio e magnésio ($K_2SO_4MgSO_4$), nitrato de potássio (KNO_3) e salitre potássico ($KNO_3.NaNO_3$) (TÁVORA, 1982).

As duas fontes mais utilizadas (KCl e K_2SO_4) são bastante solúveis em água, portanto, torna-se necessário tomar certos cuidados com a aplicação de doses mais elevadas, para previnir possíveis perdas por lixiviação.

DUTRA et alii (1982), estudando o efeito da acidificação parcial da leucita, originária de Poços de Caldas, como fonte de K para o milho, observaram que o material proporcionou as menores produções de MS em relação às outras fontes (inclusive o KCl).

Pesquisas recentes realizadas em casa de vegetação,

revelaram que a Kalsilita ($KAlSiO_4$), que contém cerca de 23,0 % de K, encontradas em algumas regiões do Brasil, mostrou respostas comparáveis ao KCl, o que sugere o seu aproveitamento como fonte de K para as plantas. Isto foi comprovado em estudos conduzidos por UFRGS (1981) utilizando a soja e o milheto e NEPTUNE et alii (1979), o arroz como plantas indicadoras.

Uma das características desse material, é a sua baixa solubilidade em água que é ao redor de 7,0 %, a qual poderá proporcionar um efeito residual por um período mais longo e além disso, reduzir as possibilidades de perda de K por lixiviação.

A Kalsilita ou Kaliofilita ($KAlSiO_4$), quando utilizada como fertilizante potássico pode apresentar as seguintes vantagens:

a) baixo índice salino por ser pouco solúvel;

b) baixa higroscopicidade por não conter sais;

c) baixa lixiviação, devido a ausência de ânions como $SO_4^{=}$ e Cl^{-};

d) efeito residual mais prolongado, devido a baixa solubilidade do material.

O K aplicado ao solo em uma fonte ou outra, será mais ou menos suscetível a lixiviação em função de sua solubilidade e do tipo de ânion presente na sua composição. Geralmente as fontes menos solúveis são as menos sujeitas a lavagem do K pela água de percolação. O tipo de ânion presente no adubo, também pode afetar a descida do K no solo,

conforme foi observado pela EMBRAPA (1979) em relação ao cálcio e magnésio. Neste caso, os ânions que provocaram maior lixiviação de Ca e Mg foram em ordem decrescente $Cl^- > SO_4^= > CO_3^-$. Sendo que este último praticamente não teve efeito nenhum na lixiviação.

KHOMVILAI e BLUE (1977), estudando o comportamento de diferentes fontes de K em solos minerais da Flórida, concluiram que a retenção do K pelo solo, adicionado sob a forma de diferentes sais decresceu na seguinte ordem:

$K_2CO_3 > KH_2PO_4 > K_2SO_4 \simeq KCl$.

Estudos realizados por SOUZA et alii (1979) a campo, em um Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico, onde o solo foi corrigido com 3 t/ha de calcário (pH atingido 5,1) e onde foram usados 5 níveis de K_2O (0, 75, 150, 300 e 600 kg/ha), na forma de KCl e incorporados com enxada rotativa antes do plantio do milho, na profundidade de 0 a 15 cm. Neste estudo, com a aplicação de 300 kg/ha de K_2O, ocorreu aumento de K nas camadas de 15 a 30 cm, sendo que na dose de 600 kg/ha foi observado aumento de K até a camada de 60-75 cm de profundidade, evidenciando quantidade apreciável de K deslocado para além do alcance do sistema radicular, para a maioria das culturas anuais. Deve-se notar também, que os dados relatados por SOUZA et alii (1979), referem-se a um período relativamente curto e intensa absorção de K pela cultura do milho, reduzindo assim a quantidade efetiva de K aplicado e que seria disponível para o deslocamento, especialmente nas doses mais baixas, mas apesar disso, os autores observaram uma

perda de aproximadamente 25 % para o tratamento que recebeu 600 kg/ha de K_2O.

A utilização de fontes menos solúveis de K, ou que o ânio presente seja retido pelo solo, como no caso da Kalsilita, seriam algumas das alternativas para reduzir a sua lixiviação. Além disso, sendo um produto que pode ser obtido com matéria prima e tecnologia nacional, a sua utilização, se aprovada, será de grande vantagem para o País, que economizarás as divisas consumidas, na importação dos adubos potássicos.

2.3.3. Métodos de aplicação

DIBB (1980) em sua revisão recente sobre a localização do K, concluiu que em geral são utilizados os seguintes métodos:

a) aplicação espalhada e posterior mistura com o solo;

b) aplicação em linha quando o K está em contato com menor volume de solo, e em conseqüência, mantendo a faixa com alta concentração de potássio. Em solo com baixo teor de K, respostas significativas foram obtidas para cereais semeados a lanço quando o K foi aplicado a laço, ao passo que, para culturas em linha, obtiveram boas respostas com a aplicação do K em linha.

Segundo o mesmo autor para se utilizar um determinado método de aplicação do K diversos fatores devem ser

analisados, tais como, exigência nutricional e tipo de cultura, e fatores edafo-climáticos. Assim, em solos que possuem argilas com alto poder de fixação de K, deve-se preferir a aplicação localizada (em sulcos), enquanto que em solos que não possuem este problema pode-se fazer aplicação do K a lanço.

Conforme MALAVOLTA (1980), a localização do K depende, principalmente, do processo de contato do elemento com a raiz e a distribuição do sistema radicular, bem como da dose total a ser aplicada. O adubo potássico poderá então ser aplicado de diversas maneiras:

a) em faixas abaixo e ao lado das sementes ou no sulco de plantio;

b) a lanço na superfície do solo;

c) a lanço e incorporado superficialmente com a grade;

d) a lanço e incorporado com o arado;

e) em faixas mais ou menos profundas;

f) em faixas no sub-solo.

A alta solubilidade do KCl faz crer que uma aplicação localizada em sulco ou faixa, possa prejudicar a germinação ou o desenvolvimento das plantas devido à elevada concentração salina, quando a pressão osmótica da solução dos solos se eleva a valores superiores a 2 atm; e se houver muita precipitação ou irrigação o íon Cl^- poderá ser levado para camadas mais profundas (MALAVOLTA, 1977).

Segundo BARBER et alii (1971), para o milho não se

deve usar junto com as sementes quantidades de N + K_2O maiores que 20 kg/ha. Por outro lado, quando o adubo é aplicado no sulco e misturado com a terra, a quantidade limite é de 50 kg/ha, no entanto, outras culturas poderão tolerar doses maiores.

Aplicações localizadas de K são em geral mais eficientes que as distribuições a lanço quando a dose aplicada é pequena.

A eficiência relativa dos dois processos (sulco e lanço) depende da quantidade de K que se perde por fixação, lixiviação e/ou erosão, e da distribuição do sistema radicular. Quando o K é distribuido na superfície a disponibilidade é geralmente baixa, pois uma falta de umidade na camada superior irá limitar a difusão do K e o desenvolvimento das raízes. Se o K for aplicado a lanço e incorporado com arado, o aproveitamento poderá ser maior, pois as raízes explorarão volumes maiores de solo e sob melhores condições de umidade (MALAVOLTA, 1980).

A disponibilidade de K aumenta quando a aplicação é feita a lanço e incorporada ao solo, em comparação à aplicação superficial. O K no sulco, em doses moderadamente baixas, é geralmente tão disponível quanto duas vezes quantidades similares aplicadas a lanço (FAGERIA, 1982).

A aplicação a lanço de 100 kg/ha de K, incorporado a 20 cm, representa um total de 0,12 me/100g de K em um Latossolo Vermelho-Escuro com um CTC de 4 me/100g de solo (3% da CTC), esta quantidade poderia ser retida pelo solo sem

dificuldade. A mesma quantidade aplicada em sulcos de plantio, ocupando 5 % do volume total de uma camada de 20 cm de solo, representaria uma aplicação de 2,5 me/100g de K, isto equivaleria a 62 % da CTC ou a uma aplicação a lanço de 2000 kg/ha de K_2O (RITCHEY, 1982). Considerando que os solos que recebem calagem, 80 a 90 % da CTC é ocupada por Ca e Mg, neste caso a aplicação localizada de K favoreceria a sua lixiviação.

Segundo SILVA e RITCHEY (1982), se um solo necessitar adubação corretiva de K, esta deve ser aplicada a lanço para abranger maior superfície e volume de solo, beneficiando a exploração e extração do nutriente pelo sistema radicular das plantas. Enquanto que as adubações de manutenção podem ser feitas a lanço ou em sulco ou ainda em faixas, sendo que a aplicação em sulco é mais vantajosa quando a dose é pequena.

As adubações em linha mantêm a concentração elevada e atingem pequena área radicular, ao passo que adubações a lanço mantêm baixa concentração, porém atingem grande área radicular. Em vista disso, BARBER (1976), sugeriu que para uma adubação ideal, deva-se combinar os dois métodos, linha e lanço, atingindo uma área radicular com maior concentração de potássio.

2.3.4. Cobertura vegetal

É provável que em condições de campo, com uma

cultura crescendo no solo, as perdas de K por lixiviação sejam bastante reduzidas, devido à extração do mesmo pelas plantas. Além disso, mesmo que haja uma pequena descida do K no perfil do solo, mas se a planta tiver condições para o aprofundamento radicular ela por sua vez poderá absorver o K nas camadas mais profundas.

As plantas podem alterar a concentração da solução do solo pela extração de alguns cátions e ânions, em geral em proporções diferentes das que ocorrem na solução.

No caso do potássio, as plantas em crescimento contêm grandes quantidades de K, e assim, provêm um mecanismo para minimizar as perdas por lixiviação. No caso da mandioca, no 226º dia após o início da brotação as plantas continham 310 kg/ha de K, mas no 315º dia, o total era somente de 223 kg/ha de K, e destes, 87 Kg/ha estavam presentes nas folhas secas e nos pecíolos (NCSU, 1973). Como o K não é ligado quimicamente aos tecidos vegetais, pode ser facilmente lavado pela água da chuva, retornando à superfície do solo.

Assim sendo, uma maneira de reduzir as perdas de K por lixiviação é fazendo com que o nutriente permaneça sempre nas camadas superficiais onde é mais intensa a atividade de absorção pelas raízes. SILVA e RITCHEY (1982a) verificaram que num período de 30 dias, quando ocorreu uma precipitação de 372 mm, os restos culturais de milho, sofreram uma lavagem pela água das chuvas e perderam 41,5 kg/ha de K. Como esse fenômeno de lavagem é mais intenso no fim do ciclo da cultura, o que, na região dos Cerrados praticamente

coincide com o fim da estação chuvosa, o K se acumula no solo e aí permanece até o próximo cultivo quando então será novamente aproveitado pelas plantas. Portanto, se os restos culturais são incorporados, devolvem ao solo pelo menos 50 % do K mobilizado pelas plantas. Como na dose de 124,5 kg/ /ha de K não foi observada lixiviação de K (SOUZA et alii, 1979), a incorporação dos restos culturais, garantiria o suprimento do nutriente até que haja através de sucessivas colheitas, o esgotamento do K incorporado como adubo.

Estudos realizados por HAYNES (1982) em vasos, mostraram que na presença de plantas houve um decréscimo nas perdas de N, P, K, Ca e Mg por lixiviação, no entanto, a magnitude do efeito das plantas foi pequeno em relação às quantidades totais de nutrientes lixiviados. Além disso, o autor observou que as perdas dos nutrientes aplicados foi em geral baixa, devido a relativamente alta CTC da turfa que recebeu calcário. A percentagem de perdas por lixiviação seguiu a seguinte ordem: K > Mg > Ca. Observou também, que a lixiviação do K aumentou com a calagem enquanto que para Ca e Mg decresceu.

As plantas quando bem nutridas podem diminuir as perdas de K, como foi observado por RITCHEY et alii (1982), notaram uma menor lixiviação de K, onde as plantas dispunham de suficiente N em comparação com as plantas deficientes em nitrogênio, por causa do menor desenvolvimento vegetativo da cultura neste último caso. SINGH e SEKHON (1978) estudando a mobilidade do K no perfil, notaram que houve um

aumento do elemento na camada de 15 a 225 cm nas parcelas em que as plantas não foram adubadas; sendo que aplicações de N e P aumentaram a absorção de K pelas plantas, reduziram a saturação de K no perfil e conseqüentemente sua lixiviação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido a campo, no ano agrícola 1981/82, na propriedade do Prof. Carlos Nabinger e do Engº Julio Chachamowich, localizada no distrito de Itapoã, município de Viamão, RS.

A área em que o experimento foi instalado está situada na planície costeira Rio-Grandense que apresenta um relevo suave ondulado a ondulado, com uma altitude em torno de 60 metros e cuja vegetação nativa é de campo nativo pobre, com alguns capões de mata subtropical arbustiva.

3.1. Características do solo e clima

O solo no qual se localizou o experimento, segundo BRASIL (1973), pertence a unidade de mapeamento Itapoã, e é classificado como "Podzólico Vermelho Amarelo Abrúptico" (Paleudult). Esta unidade de mapeamento de solos é formada, em sua maior parte, por solos profundos, podzolizados, bem drenados, arenosos, com cores claras na superfície passando a bruno avermelhado com a profundidade. Foram desenvolvidos a partir de sedimentos arenosos da Formação Itapoã. Normalmente, são solos ácidos, com saturação de bases de média

a baixa e baixos teores de alumínio trocável mas que aumenta com a profundidade e baixo teor de matéria orgânica (BRASIL, 1973).

Resultados analíticos de amostras retiradas do local antes da instalação do experimento, revelaram os seguintes valores: pH em água (1:1) de 5,1; pH (SMP) de 7,9; 3,0 ppm de fósforo e 25 ppm de potássio extraíveis (Mehlich) e 0,2% de matéria orgânica. Maiores informações referentes a esta unidade de mapeamento estão no Apêndice 1.

O clima de acordo com BRASIL (1973), o tipo mais freqüente é o Cfa 2, pela classificação de Köppen, ou seja, é um clima sub-tropical úmido. A precipitação média anual é ao redor de 1.322 mm, com períodos de déficit de umidade maior do que 100 mm verificados 5 vezes em cada 10 anos. (BELTRAME et alii, 1979). Estes períodos secos são mais freqüentes nos meses de novembro a março.

Como a localidade não apresenta parâmetros climáticos, por isso os dados de precipitação pluviométrica e evapotranspiração potencial, durante o período de setembro de 1981 a abril de 1982, estão na (Figura 2) foram calculados a partir dos dados coletados na Estação Experimental da Secretaria da Agricultura, em Viamão, Rio Grande do Sul.

3.2. Tratamentos utilizados e delineamento experimental

Os tratamentos constaram da combinação de três

fontes de potássio: KCl, K_2SO_4 e Kalsilita ($KAlSiO_4$); três doses (0, 150 e 300 kg/ha de K) e de três métodos de aplicação (a lanço com incorporação, no sulco de semeadura e a lanço em cobertura). Além destes, foram usados os seguintes tratamentos adicionais:

Nº Trat.	Aplicado antes do plantio		Aplicado em cobertura			K-total aplicado
	Dose	Fonte	Nº doses	Dose	Fonte	
	kg/ha de K					
A	100	KCl	1	50	KCl	150
B	100	KCl	2	25	KCl	150
C	50	KCl	2	25	KCl	100
D	25	KCl	3	25	KCl	100
E	100	$KAlSiO_4$	2	25	$KAlSiO_4$	150
F	50	$KAlSiO_4$	2	25	$KAlSiO_4$	100

Todos estes tratamentos foram avaliados na presença e ausência de plantas.

A Kalsilita ou Kaliofilita ($KAlSiO_4$) também conhecida comercialmente por leucita, utilizada neste ensaio foi proveniente do complexo alcalino de Poços de Caldas (MG) e foi submetida a um tratamento hidrotermal a uma temperatura de 180 a 200°C, numa pressão de 14 kg/cm^2, por um período de 4 horas. O material utilizado apresentava 23,5% de potássio.

Na estrutura cristalina da Kalsilita assim tratada, o K é liberado com maior facilidade, pois com uma solução 1N de HCl consegue-se extrair cerca de 95% do K da amostra. Quando esta amostra foi submetida ao ataque de 2% de ácido cítrico não liberou o potássio, porém, após o tratamento hidrotermal tornou-se totalmente citrossolúvel (FUJIMORI, 1982).

O ensaio ocupou uma área total de 1.701,0 m^2 (54,0 x 31,5 m). Cada unidade experimental media 6,0 m de comprimento por 3,5 m de largura, perfazendo 21,0 m^2, sendo que uma parte da parcela (3,5 x 4,0 m = 14,0 m^2) foi cultivada com milheto, enquanto que o restante da parcela (3,5 x 2,0 m = 7,0 m^2), ficou totalmente desnuda (sem plantas).

As parcelas cultivadas tinham, 7 linhas de plantas distanciadas entre si de 50 cm. Somente as cinco linhas centrais com 3,0 m de comprimento, constituiram a área útil (3,0 x 2,5 m), conforme mostra a Figura 1.

Os tratamentos foram distribuídos a campo em um delineamento em blocos casualisados, com três repetições. Nas parcelas principais foram aplicadas as fontes, doses e modos de aplicação do potássio, e nas sub-parcelas a presença e ausência de plantas.

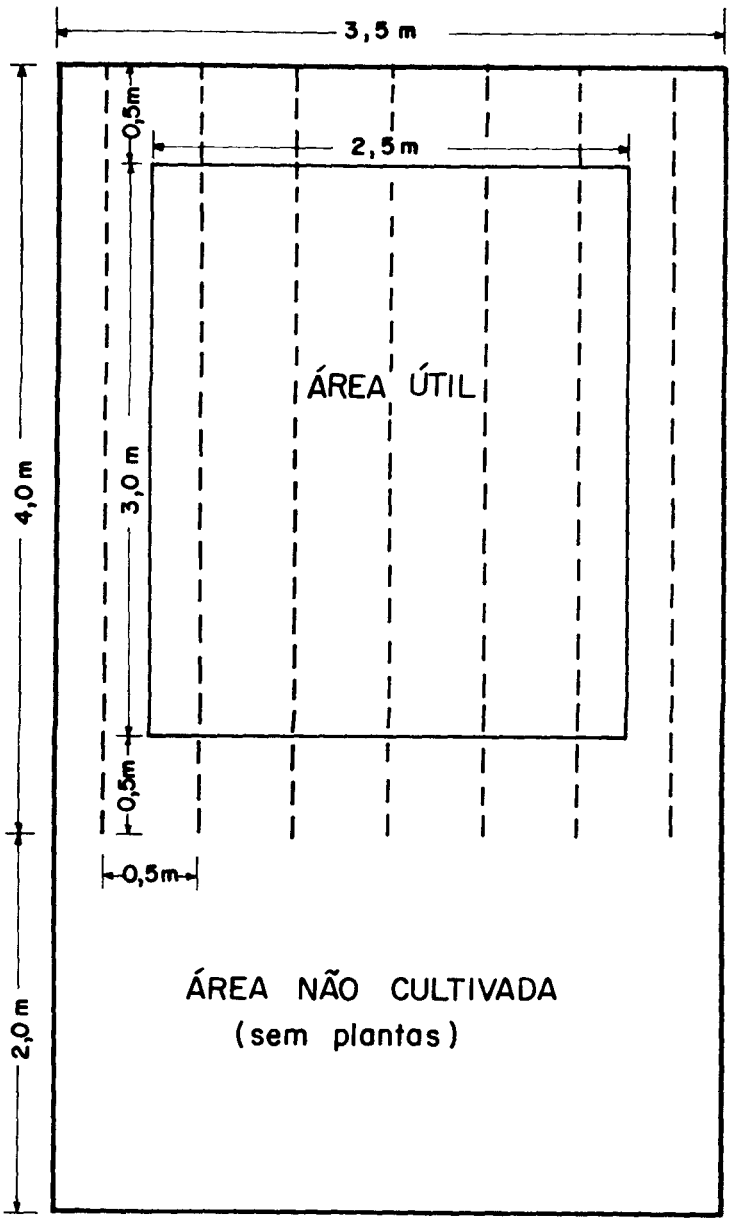


FIGURA 1. Detalhes da unidade experimental.

3.3. Condução do experimento

3.3.1. Preparo do solo, calagem, adubação corretiva e aplicação dos tratamentos

Em setembro de 1981, *após a roçagem e retirada dos* restos vegetais da área, procedeu-se à correção da acidez do solo, com cerca de 15 dias de antecedência em relação à semeadura. Alguns dias antes da aplicação do calcário a área experimental foi lavrada com arado de tração animal. Logo após a demarcação dos contornos do ensaio, fez-se a calagem, com a aplicação de 1,0 t/ha de calcário dolomítico (com base em PRNT 100 % ; o calcário utilizado apresentou PRNT de 55 %). Em seguida, foi feita uma gradagem com o micro trator Agrale, em que o corretivo foi incorporado a uma profundidade de até 10 cm.

A adubação de correção com fósforo foi efetuada 15 dias após a aplicação e incorporação do calcário. Todas as parcelas receberam uma dose equivalente a 600 kg/ha de superfosfato simples (120 kg/ha de P_2O_5). Ao mesmo tempo, foram aplicadas nas respectivas unidades experimentais, as fontes e os níveis de potássio, a lanço com incorporação. A seguir, foi feita uma nova gradagem com o microtrator Agrale, com o objetivo de incorporar os adubos aplicados numa profundidade de 0 a 7 cm.

Foram abertos sulcos com enxada em toda a área experimental. Para a aplicação dos adubos potássicos nos

tratamentos em linha, os fertilizantes foram colocados no sulco de semeadura, enquanto que nos em cobertura, os mesmos foram aplicados a lanço na superfície. Nos tratamentos em que houve a aplicação do K em cobertura, após a germinação do milheto, estes foram aplicados aos 60; 60 e 97; e 34, 60 e 97 dias após o plantio, respectivamente para uma, duas e três doses.

O nitrogênio foi aplicado em cobertura, na forma de uréia, aos 26, 60 e 97 dias, após a semeadura, respectivamente nas doses de 30, 40 e 30 Kg/ha de N. Somente a primeira aplicação de N, aos 26 dias após a semeadura foi realizada em toda a unidade experimental, enquanto que as demais foram feitas somente na área cultivada da parcela.

3.3.2. Semeadura e tratos culturais

A cultura teste utilizada foi o milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) por ser uma espécie adaptada à região e apresentar uma boa capacidade de produção de matéria seca.

A semeadura foi realizada em 22 de outubro de 1981, utilizando-se uma plantadeira mecânica "Planet Jr.", regulada de modo a se obter uma "stand" de 20 a 25 plantas por metro linear. O espaço adotado entre filas foi de 0,5 m.

Os tratos culturais limitaram-se a capinas, sendo que a primeira foi realizada aos 25 dias após o plantio. Posteriormente, as partes sem plantas das unidades experimentais

exigiram capinas mais freqüentes, para evitar um mascaramento significativo dos resultados.

3.4. Coleta de dados

3.4.1. Execução dos cortes e produção de matéria seca

Os cortes foram efetuados manualmente com o auxílio de uma foice a uma altura aproximada de 7,5 cm acima da superfície do solo.

O primeiro corte de avaliação foi feito aos 68 dias e os demais aos 97 e aos 141 dias após a semeadura. Após cada corte foi realizada a uniformização da área, cortando-se e retirando-se todos os restos culturais das unidades experimentais.

O rendimento de matéria seca (MS) dos tratamentos foi estimado a partir do peso da forragem verde, colhida da área útil de cada uma das unidades experimentais. Da forragem verde colhida de cada parcela, em cada corte retirava-se uma amostra de aproximadamente 800 gramas. Essas amostras eram levadas à estufa com circulação de ar, à temperatura de 60^{o}C, onde eram deixadas até atingirem peso constante. A partir do peso verde e seco das amostras calculou-se a percentagem e a quantidade de matéria seca do respectivo corte e tratamento e, expressos em quilogramas por hectare. Para a avaliação dos resultados dos tratamentos

considerou-se a produção de MS por corte e produção total (soma da MS produzida nos cortes).

3.4.2. Amostragem do solo

Antes de ser iniciado o experimento foi feita uma amostra composta de solo de toda a área experimental, cujos resultados estão descritos no item 3.2.

No período de 17 a 24 de março de 1982 (aproximadamente 150 dias após o plantio), foi executada a coleta de amostras de solo nos perfis para análise química.

Foram escolhidos os seguintes tratamentos onde se fez a amostragem no perfil: testemunha, 300 Kg/ha de K, na forma de KCl, K_2SO_4 e $KAlSiO_4$ (Kalsilita ou Kaliofilita), aplicados em linha e a lanço com incorporação, e na presença e ausência de plantas. Para se fazer a coleta das amostras no perfil, foram abertas trincheiras de 60 x 70 x 90 cm, respectivamente de largura, profundidade e comprimento, perpendiculares às fileiras da cultura. Com o auxílio de cubos metálicos medindo 5 x 5 cm, fez-se a amostragem de 5 em 5cm no sentido lateral (50 cm) e também no sentido vertical até a profundidade de 60 cm, dando um total de 120 amostras por perfil. Este procedimento foi adotado para todas as fontes, quando estas foram aplicadas em linha e na presença e ausência de plantas. Na testemunha e nos tratamentos em que o K foi aplicado a lanço com incorporação e na presença de plantas, foram coletadas 60 amostras por perfil, pois partiu-se

da linha de plantio e se fez cinco amostragens, no sentido lateral (25 cm) e até a profundiade de 60 cm.

Na testemunha e nas parcelas em que as fontes foram aplicadas a lanço com incorporação e na ausência de plantas, foram coletadas duas filas no perfil, distanciadas de 15 cm entre si, sendo que as amostras foram coletadas de 5 em 5 cm até a profundidade de 60 cm, perfazendo um total de 24 amostras por tratamento.

3.5. Determinações laboratoriais

3.5.1. Análise química do solo

Foram pesadas 2,0 g de solo seco e peneirado de cada amostra para a determinação do K trocável. Este elemento foi extraído com a adição de 20 ml de solução de acetato de amônio (CH_3COONH_4) 1N a pH 7,0. Após a agitação por 15 minutos em agitador horizontal, as amostras ficaram em repouso por 12 horas, para que houvesse a decantação das partículas sólidas.

As determinações do K no solo foram feitas através do fotômetro de chama.

3.5.2. Análise do tecido vegetal

Após a determinação da percentagem de matéria seca das amostras colhidas por tratamento, o material foi moído e acondicionado em sacos plásticos.

Os teores de K no tecido foram determinados, por

via úmida, digerindo-se 0,200g de tecido vegetal moído, com 2 ml de H_2SO_4 concentrado e aplicações sucessivas de 0,20 ml de H_2O_2 (30 %), até a solução se tornar incolor (aproximadamente 2 ml de H_2O_2 30 %). O processo de extração do elemento foi realizado a uma temperatura de 135 a 140°C, que foi mantida constante na solução de digestão (TEDESCO, 1982).

Para a determinação do K no tecido, utilizou-se o fotômetro de chama.

3.6. Análise estatística

Procedeu-se a análise da variância, considerando-se as variáveis produção de matéria seca e absorção total de K, utilizando-se as mesmas testemunhas (lanço, linha e cobertura) para cada fonte no nível zero.

Também foi realizada análise da variância para a produção de MS e absorção total de K pelo milheto , para os tratamentos testemunhas.

Para avaliar o efeito de fontes, métodos de aplicação do K e influência de plantas na movimentação do íon K^+ no perfil, realizou-se a análise da variância para os níveis de K em cada profundidade no solo. Para se fazer esta análise considerou-se a mesma testemunha para os tratamentos a lanço e em sulco (nível zero).

DMS e teste t, ambos ao nível de 5 %, foram os testes estatísticos escolhidos para a comparação das médias de cada variável.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão abordados inicialmente os efeitos dos tratamentos sobre a produção de matéria seca e absorção de K pelas plantas. Na última parte, será abordado o comportamento do K no perfil do solo em função dos tratamentos utilizados.

A distribuição e a intensidade da precipitação pluviométrica durante o ano, em relação a evapotranspiração potencial, determinam a existência de dois períodos climaticamente distintos, no estado do Rio Grande do Sul. Um, aonde ocorrem excessos hídricos (inverno) e outro, caracterizado por deficiências hídricas (verão), MALUF et alii, (1982). Por outro lado, BELTRAME et alii (1979) encontraram uma probabilidade de aproximadamente 45 % de ocorrência de deficiências hídricas nos meses de dezembro, janeiro ou fevereiro para a região da Depressão Central. Desta maneira, evidenciando que em cada dez anos, cinco podem apresentar deficiências hídricas, nos meses em que as culturas de verão estão nos estádios de máxima demanda de água.

Na Figura 2, observa-se que houveram poucos períodos com excesso pluviométrico, durante o período de desenvolvimento do milheto semeado no final de outubro. Suas

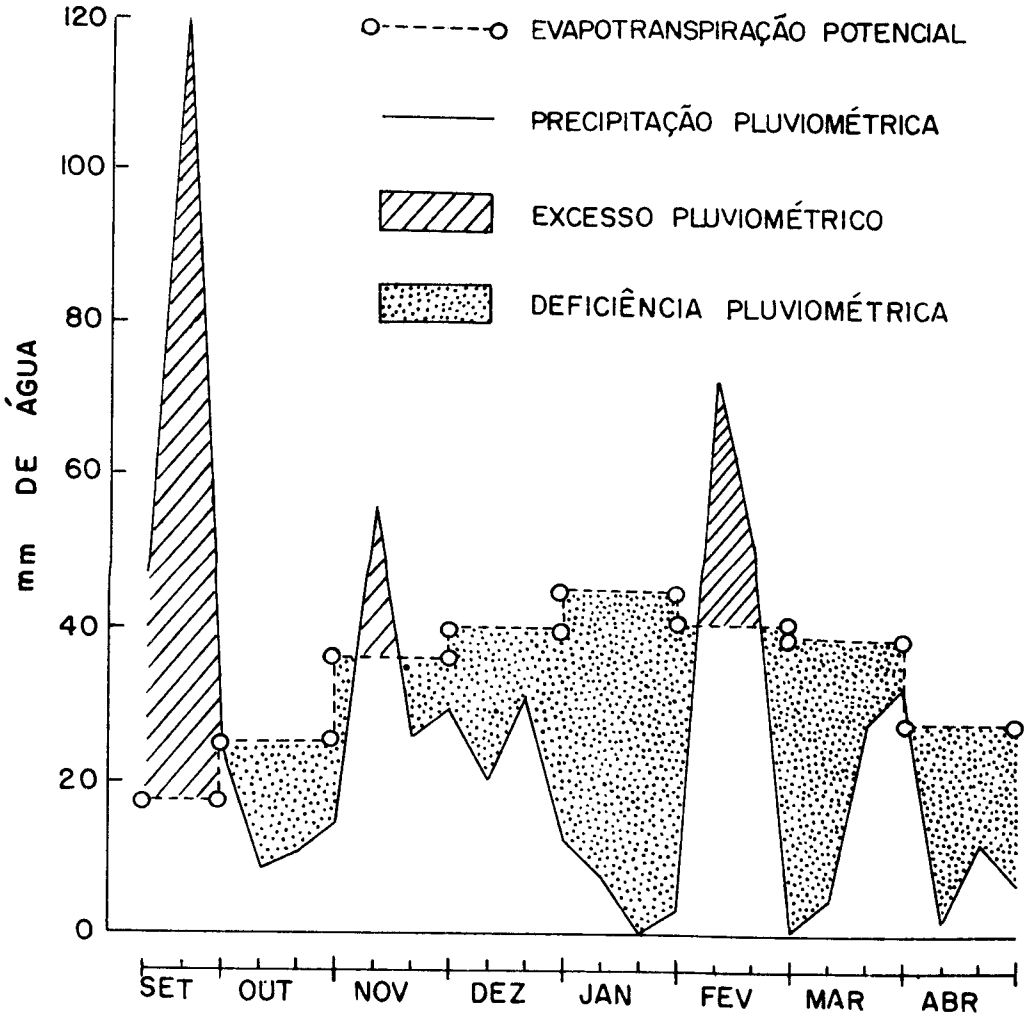


FIGURA 2. Deficiências e excessos pluviométricos, ocorridos no período de setembro de 1981 a abril de 1982 na Estação Experimental da Secretaria da Agricultura, Viamão, 1981/82. Evapotranspiração potencial calculada através do método de Penman e Bavel, segundo CAMARGO (1962).

fases de maior necessidade de água,coincidiram com períodos de pouca precipitação pluviométrica e elevada evapotranspiração. Por esta razão, a produção de matéria seca obtida no presente experimento, não alcançou rendimentos máximos possíveis nas condições de temperatura, radiação e insolação que ocorreram no período vegetativo. Em conseqüência disso, o efeito das plantas na absorção de K pode ter sido afetado, bem como a movimentação do íon K^+ no perfil do solo.

4.1. Rendimento de matéria seca e absorção de potássio

Houve resposta da aplicação de doses de K na produção de matéria seca do milheto (Apêndice 2) que serão discutidos nos ítens a seguir.

4.1.1. Efeito de fontes

Na cultura do milheto,a aplicação de diferentes fontes de potássio, na ocasião da semeadura, proporcionaram rendimentos semelhantes de matéria seca, independentemente do método de aplicação, conforme indica o teste F, ao nível de 5 %, nos três cortes realizados (Apêndice 2 e Tabela 1). Estes resultados coincidem com os obtidos em casa de vegetação por UFRGS (1981), quando foram testados vários níveis de KCl e de Kalsilita, na produção de matéria seca da soja e do milheto. NEPTUNE et alii (1979), estudando também em casa de vegetação, a resposta do arroz à aplicação da dose de 100 kg/ha

TABELA 1. Efeito de fontes de adubos potássicos na produção de matéria seca (MS) e na quantidade de K absorvido (K abs) pelo milheto. Média de 27 observações, abrangendo 3 doses, 3 métodos de aplicação e 3 repetições.

Fontes de K	1º corte		2º corte		3º corte		Total	
	MS	K abs	MS	K abs	MS	K abs	MS	K abs
	kg/ha							
KCl	1.795,9	63,19	2.014,1	41,52	3.775,4	83,93	7.585,4	188,65
K_2SO_4	1.701,4	59,31	2.032,4	40,62	3.641,2	82,04	7.375,0	181,97
$KAlSiO_4$	1.606,8	53,16	1.930,5	36,60	3.796,9	79,44	7.334,1	169,20
DMS (0,05)	253,9	9,30	189,9	3,64	275,9	10,55	435,9	15,51
C.V. (%)	27,3	29,03	17,4	16,81	13,5	23,58	10,7	15,76

de K_2O, nas formas de KCl e Kalsilita, observaram que a cultura não apresentou diferenças na produção de matéria seca, entre as duas fontes testadas. Resultados idênticos também foram obtidos por SILVA e RITCHEY (1982), em casa de vegetação, quando compararam o KCl e uma fonte com 27 % de K_2O (Feldspato de potássio tratado por um processo hidrotermal), na produção de matéria seca de milho.

Baseando-se nos resultados obtidos neste ensaio e também nos demais, nota-se que as respostas das diferentes espécies de plantas foram semelhantes, quando se aplicou o KCl ou Kalsilita ou ainda feldspato de potássio, tratado hidrotermalmente. Mesmo comportamento foi observado por ROSOLEM et alii (1979), que também não encontraram diferença significativa, quando compararam o efeito do KCl e K_2SO_4, em condições de campo, na produção da soja. No entanto, FURLANI et alii (1978) notaram que o feijão cultivado em vasos respondeu melhor ao K_2SO_4 do que o KCl, sendo que este efeito foi mais acentuado nas doses mais elevadas. Os autores atribuiram este resposta do feijoeiro, como sendo devida a toxicidade provocada pelo ânion Cl^-. No entanto, em condições de campo este efeito tende a desaparecer com a ocorrência de chuvas, que provavelmente, além de diluir a concentração do íon Cl^-, promovem a sua lixiviação para camadas mais profundas do solo.

Trabalhos realizados por NEVES et alii (1960) e BOOCK et alii (1960), igualmente não observaram diferenças significativas entre o KCl e K_2SO_4, respectivamente na produção de algodão e batatinha. Todavia, o desempenho da

leucita (metassilicato de alumínio e potássio) foi inferior ao KCl e K_2SO_4, em ambos os ensaios. Esta pequena resposta da leucita, provavelmente se deve ao fato de que este material não recebeu nenhum tratamento que facilitasse a liberação do K de sua estrutura. Pois, segundo DUTRA et alii (1982), a leucita possui elevados teores de K, mas a sua disponibilidade é pequena nas condições normais em que se encontra. Para elevar a disponibilidade, têm sido utilizados além da moagem, o tratamento térmico e a acidificação parcial, como é utilizado para as rochas fosfatadas. Ensaios conduzidor por DUTRA et alii (1982), mostraram que somente a acidificação da leucita, não teve um efeito significativo na produção de matéria seca do milho em relação ao KCl. Sendo que um comportamento contrário ao observado por DUTRA et alii (1982), foi constatado por NEPTUNE et alii (1979) e UFRGS (1981) quando usaram este mesmo material, tratado por um processo hidrotermal (Kalsilita).

Baseando-se nos resultados obtidos neste ensaio e também nos demais, nota-se que as respostas das diferentes espécies de plantas, de um modo geral, foram semelhantes, podendo utilizar-se qualquer uma destas formas (KCl, K_2SO_4 e Kalsilita) como fontes de suprimento de K para as culturas.

Apesar de não observado efeito significativo de fontes sobre a produção de matéria seca, a análise de variância mostra efeito significativo de fontes, sobre a absorção de K pelo milheto. Devido a possibilidade de grande amplitude de variação de K no tecido, sem a variação correspondente

no rendimento de matéria seca, a absorção total de K deve ser o melhor indicador de disponibilidade de K das fontes, do que a produção de matéria seca.

Observa-se na Tabela 1, que com a aplicação de K na forma de KCl, ocorreu uma aborção superior em 11,5 % em relação a $KAlSiO_4$ (Kalsilita ou Kaliofilita). Esta resposta diferenciada entre as duas fontes deve estar ligada, a solubilidade do material. Estes resultados revelam que nas parcelas que tiveram maior disponibilidade de K (KCl e K_2SO_4), as plantas absorveram mais potássio, sem o correspondente aumento na produção de matéria seca, apresentando portanto, consumo de luxo de potássio (ROSOLEM et alii, 1979a). Aliando-se a este fenômeno, a alta lixiviação (Figura 7) ocorrida nestas mesmas parcelas, fez com que com o passar do tempo, (no terceiro corte) não houvesse diferenças entre as fontes na quantidade de K absorvido pelo milheto. A Kalsilita, que pode conter de 27,0 a 30,2 % de K_2O, apresenta baixa solubilidade em água, cerca de 7,0 % (SILVA e RITCHEY, 1982), porém alta em ácido cítrico a 2 % (FUJIMORI, 1979). Devido a estas características, a Kalsilita evitou que houvesse absorção de luxo de K pelas plantas nos dois primeiros cortes, além de reduzir as perdas de K por lixiviação, mantendo desta forma, um nível de fornecimento de K para o milheto semelhante às outras fontes, já no terceiro corte.

O K_2SO_4 apresentou valores de K absorvido intermediários entre o KCl e a Kalsilita e não significativos em relação a estas duas fontes de potássio. Os dados obtidos

coincidem com as observações realizadas por ROSOLEM et alii (1979a), que verificaram que a absorção de K pela soja foi semelhante quando este foi aplicado na forma de KCl ou como K_2SO_4. Estes resultados mostram que as duas fontes (KCl e K_2SO_4) apresentam disponibilidade de K semelhante, pois estes dois sais são solúveis em água, e quando aplicados ao solo aumentam a concentração de K na solução e na troca, sendo portanto, absorvidos pelas raízes das plantas (WERNER e STANDFORD, 1958).

4.1.2. Efeito de doses

As análises de variância revelaram que foram significativos, ao nível de 1 % de probabilidade, os efeitos de doses na produção de matéria seca e na quantidade absorvida de K pelo milheto (Apêndice 2). Estes mesmos efeitos foram observados em todos os cortes realizados.

O modelo quadrático, $\hat{Y} = 6304,44 + 14,9282K - 0,02966K^2$ e $R^2 = 1,000$, descreve a relação entre as doses de K e a quantidade total de matéria seca produzida. Para a quantidade total de K absorvido pelo tecido, em função das doses de K, também o modêlo quadrático teve bom ajustamento, cuja equação é $\hat{Y} = 122,97 + 0,7243K - 0,001378K^2$, e um $R^2 = 1,000$.

Como pode-se verificar pelas equações e pela Figura 3, os maiores aumentos na produção de matéria seca e na quantidade de K absorvido ocorreram com a aplicação da primeira

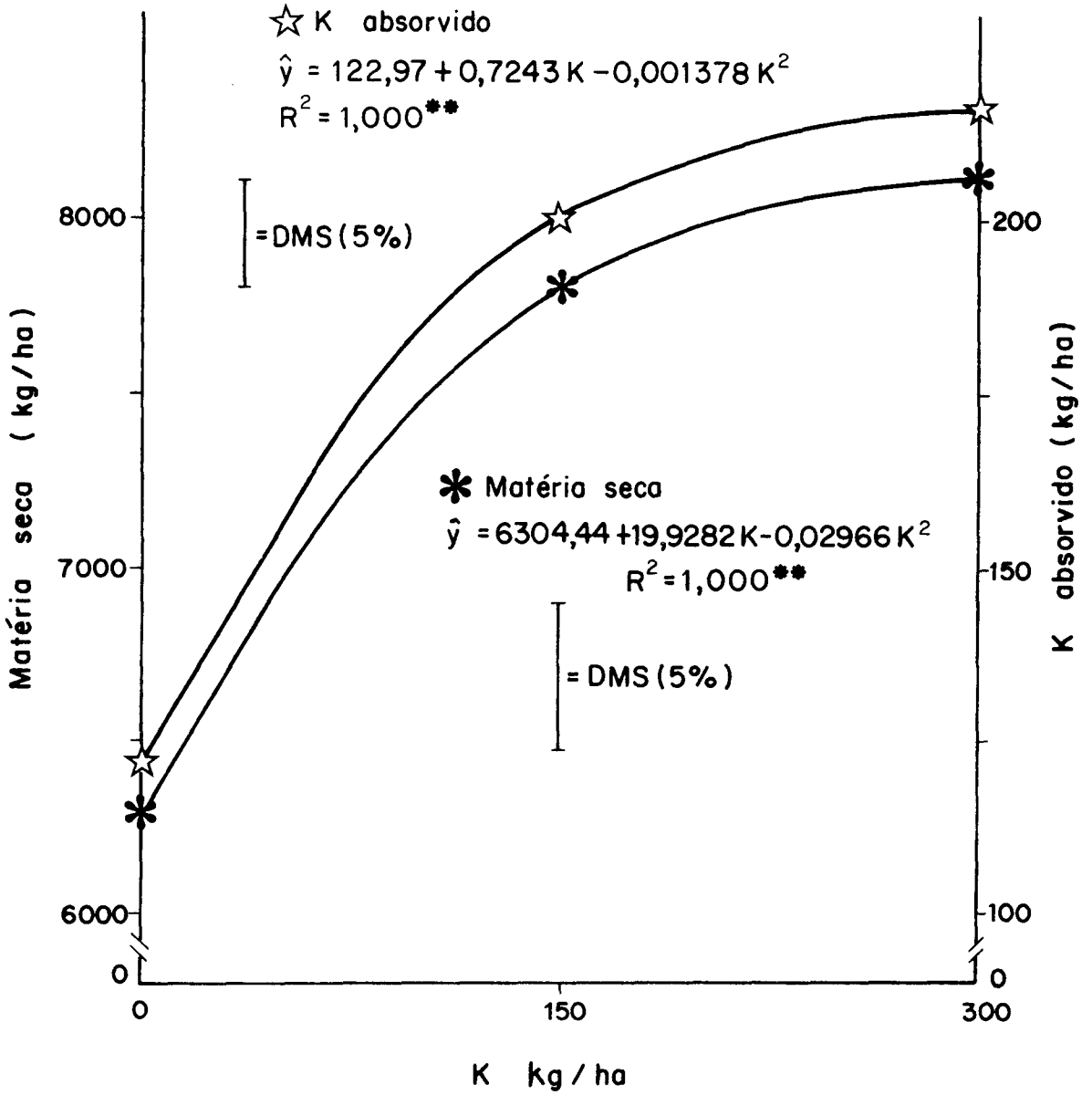


FIGURA 3. Produção de matéria seca (MS) e quantidade total de K absorvido (K abs) pelas plantas de milheto em diferentes doses de potássio. Média de 27 observações, abrangendo 3 fontes, 3 métodos de aplicação e 3 repetições por tratamento.

dose aplicada (150 kg/ha de K), o que representaram um acréscimo aproximado de, respectivamente, 25 e 63 % em relação ao tratamento testemunha. Trabalhos realizados por RITCHEY et alii (1979) e SANZONOWICZ e VARGAS (1980) em solos com K trocável muito abaixo do nível crítico, considerado em torno de 58 ppm (LOPES, 1975), observaram que os maiores incrementos na produção também ocorreram no intervalo entre a testemunha e a dose de 150 kg/ha de potássio. No entanto, RITCHEY et alii (1979), tiveram um aumento na produção de milho na ordem de 75 % em relação à testemunha com a aplicação de apenas 75 kg/ha de K_2O.

Comparando-se a produção total de matéria seca obtida na dose de 150 em relação a de 300 kg/ha de K, verifica-se que houve um aumento em cerca de 4 %, valor este não significativo pelo teste DMS ao nível de 5 % (Apêndice 2). Enquanto que nesta mesma situação, houve um acréscimo de 7,7 % na quantidade total de K absorvido pelo milheto, aumento este que é significativo ao nível de 5 % pelo teste DMS. Isto mostra que a aplicação da dose de 150 kg/ha de K, foi suficiente para o suprimento de K para a cultura, já que as doses maiores não promoveram acréscimos na produção de matéria seca, apesar de apresentar um aumento na quantidade de K absorvido, fenômeno este, chamado de consumo de luxo por ROSOLEM et alii (1979a). Estes mesmos autores também observaram correlações positivas entre as doses de K e os teores foliares de K, independentemente da fonte ou do método utilizado para a aplicação dos adubos potássicos.

A análise de variância indicou que somente no 2º corte houve efeito da interação das fontes com as doses usadas, na quantidade de K absorvido (Apêndice 2).

Conforme mostra a Figura 3, a produção de matéria foi crescente até a dose de 300 kg/ha de potássio. Da mesma forma nos trabalhos realizados por RITCHEY et alii (1979), a campo, a produção máxima de milho correspondeu à aplicação de 300kg/ha de K_2O (KCl). Em outro ensaio, SANZONOWICZ e VARGAS (1980), estimaram a produção máxima de matéria seca do estilosantes em 270 kg/ha de K (K_2SO_4).

4.1.3. Efeito dos métodos de aplicação

Observa-se no Apêndice 2, que a análise devariância mostra que não houve diferença entre os métodos de aplicação a lanço com incorporação, no sulco de semeadura, ou ainda a lanço em cobertura, dos adubos potássicos, na produção total de matéria seca e na quantidade total de K absorvido pelo milheto. Este mesmo comportamento foi observado em todos os cortes realizados, com excessão para a produção de matéria seca no 3º corte. Apesar da aplicação do K no sulco de semeadura, apresentar uma tendência de maior produção de matéria seca e quantidade de K absorvido, no entanto, este efeito não chegou a ser superior em relação aos outros métodos de aplicação. Isto denota que as plantas de milheto foram bem supridas de K, independentemente do método em que este nutriente foi aplicado, refletindo-se este mesmo

*efeito na produção total de matéria seca. Comportamento se*melhante foi observado por ROSOLEM et alii (1979) e ROSOLEM et alii (1979a) na produção e na quantidade de K absorvido pela cultura da soja, quando aplicaram o KCl e o K_2SO_4 a lanço com incorporação, a 10 cm de profundidade em toda a área em um Latossolo Vermelho Escuro, fase arenosa. No entanto, houve redução na produção de grãos quando o KCl foi aplicado no sulco de semeadura, embora os autores acreditem que possa ter influência da seca sobre os rendimentos. MALAVOLTA (1977) afirma que adubos com alta solubilidade como o KCl, podem prejudicar a germinação e o desenvolvimento das plantas como foi observado por FURLANI et alii (1978), na cultura do feijão. No presente ensaio o efeito nefasto da aplicação do KCl, se ocorreu, não chegou a afetar significativamente na produção de matéria seca e nem na quantidade total de K absorvido pelo milheto. Isto se deve provavelmente ao fato de que as sementes não tiveram um contato direto com o adubo, pois após a aplicação do KCl nos sulcos, *este foi coberto por uma pequena camada de solo e por cima* se fez a semeadura com a "Planet Jr.". Estas operações evitaram um contato direto das sementes com os adubos, pois segundo BARBER et alii (1971) o milho não tolera doses maiores que 20 kg/ha de $N + K_2O$ junto às sementes. No entanto, este mesmo autor cita que outras culturas poderão tolerar doses ainda maiores.

Analisando-se separadamente as produções de matéria seca obtidas nos diferentes cortes, nota-se que houve

diferenças significativas pelo teste F ao nível de 5 % , para aplicação do K, somente no terceiro corte (Apêndice 2). Conforme pode-se observar na Tabela 2, a aplicação das doses de K no sulco de semeadura, determinou um maior rendimento de matéria seca, quando comparada a lanço com incorporação e a lanço em cobertura, que por sua vez não diferiram entre si. O método de aplicação do K no sulco de semeadura, apresentou no 3º corte um rendimento superior em 7,6 e 10,6 % respectivamente, para a colocação a lanço com incorporação e a lanço em cobertura. Apesar de ter ocorrido diferenças significativas neste corte, a magnitude destes efeitos não foram suficientemente elevados, de tal forma que não chegaram a afetar a produção total de matéria seca e nem a quantidade total de K absorvido pelo milheto.

Observa-se no Apêndice 2, que no 3º corte, além de terem ocorrido diferenças entre os métodos, houve um efeito da interação entre doses e métodos de aplicação do potássio na produção de matéria seca do milheto.

A Tabela 3, mostra que a maior produção de matéria seca no 3º corte foi obtida quando a dose de 300 kg/ha de K foi aplicada no sulco que por sua vez diferiu da mesma dose quando aplicada em cobertura ou quando 150 kg/ha de K foram aplicados no sulco de semeadura. Os dados mostram que a aplicação da dose de 150 kg/ha de K no sulco de semeadura proporcionou rendimento de matéria seca, equivalente a 300 kg/ha de K aplicado no sulco ou em cobertura. Estes

TABELA 2. Efeito dos métodos de aplicação dos adubos potássicos na produção de matéria seca (MS) e na quantidade de K absorvido (K abs) pelo tecido do milheto. Média de 27 observações, abrangendo 3 fontes, 3 doses e 3 repetições por tratamento.

Método de aplicação	1º corte		2º corte		3º corte		Total	
	MS	K abs	MS	K abs	MS	K abs	MS	K abs
	kg/ha							
Lanço com incorporação	1741,9	60,5	1948,8	39,5	3678,6	77,1	7369,4	177,1
Sulco	1704,5	57,2	1987,3	38,7	3957,4	86,2	7649,3	182,1
Lanço em cobertura	1657,6	58,0	2040,9	40,5	3577,4	82,1	7275,9	180,6
DMS (0,05)	253,9	9,3	189,9	3,6	275,9	10,6	435,9	15,5

TABELA 3. Efeito das doses e dos métodos de aplicação dos adubos potássicos na produção de matéria seca (MS) e na quantidade de K absorvido (K abs) pelo tecido do milheto. Média de 9 observações, abrangendo 3 fontes e 3 repetições por tratamento.

Dose de K	Método de aplicação	1º corte		2º corte		3º corte		Total	
		MS	K abs	MS	K abs	MS	K abs	MS	K abs
kg/ha		kg/ha							
0	Lanço*	1160,3	35,1	1661,0	28,3	3699,0	58,9	6520,3	122,2
0	Sulco	958,3	25,9	1762,0	27,2	3662,0	65,6	6382,0	118,6
0	Cobertura	1165,0	33,0	1924,0	32,3	2921,7	62,8	6010,7	128,1
150	Lanço	1959,2	70,2	2239,0	46,2	3611,8	79,9	7810,0	196,3
150	Sulco	2149,8	73,3	2167,4	46,3	3978,7	96,8	8295,9	216,3
150	Cobertura	1810,3	65,4	2038,8	42,8	3674,1	81,1	7523,2	189,3
300	Lanço	2106,2	76,4	1946,4	44,1	3725,1	92,4	7777,8	212,8
300	Sulco	2005,4	72,3	2032,4	42,6	4231,7	96,4	8269,6	211,3
300	Cobertura	1997,6	75,5	2159,9	46,6	4136,3	102,4	8293,8	224,6
DMS (0,05)		439,8	16,1	328,9	6,3	477,8	18,3	755,1	26,9

* Aplicação a lanço com incorporação superficial (0 a 7 cm).

resultados estão de acordo com as afirmações de FAGERIA (1982) em que cita que a aplicação de K em sulcos, em doses moderadamente baixas, de um modo geral equivale em rendimento a duas vezes, a quantidades similares aplicadas a lanço. Por outro lado RITCHEY et alii (1979), também não observaram diferenças entre métodos de aplicação do K em doses iguais, ou acima de 150 kg/ha de K_2O.

A análise de variância revelou que não houve diferenças entre os tratamentos adicionais, ao nível de 5 % de probabilidade, entre as diferentes formas de parcelamento das doses de K, aplicadas na forma de KCl e Kalsilita na produção total de matéria seca do milheto (Apêndice 3).

Observa-se na Tabela 4, que não houve diferenças entre as fontes de K na produção de matéria seca entre doses semelhantes, independentemente da forma do parcelamento.

Quanto à quantidade de K absorvido, a análise da variância mostrou que houve diferenças entre os tratamentos adicionais, ao nível de 5 % de probabilidade (Apêndice 4). A aplicação parcelada do KCl e da Kalsilita não diferiram entre si quando aplicou-se a dose de 100 kg/ha de K, independentemente da forma como foi feito o parcelamento. No entanto, o efeito das fontes diferiu quando aplicou-se a dose de 150 kg/ha de K (100 kg/ha de K aplicados a lanço na semeadura + 2 doses de 25 kg/ha de K em cobertura), as plantas absorveram maior quantidade de K quando utilizou-se KCl como fonte de potássio (Tabela 4). Estes dados comprovam observações feitas por UFRGS (1981), em que a Kalsilita,

TABELA 4. Produção de matéria seca e quantidade de K absorvido pelo milheto nos tratamentos adicionais (aplicações parceladas de K) em relação a doses, fontes e número de parcelamentos. Média de três repetições, com excessão da testemunha que é a média de nove repetições.

K aplicado na base		K aplicado em cobertura			K total	Matéria seca	K absorvido
Dose	Fonte	Nº de doses	Dose	Fonte			
kg/ha			kg/ha		---------- kg/ha ----------		
100	KCl	1	50	KCl	150	7656,0	194,3
100	KCl	2	25	KCl	150	8774,7	254,3
150	KCl	-	-	-	150	8082,0	215,5
50	KCl	2	25	KCl	100	7974,7	192,8
25	KCl	3	25	KCl	100	7714,7	178,1
100	$KAlSiO_4$	2	25	$KAlSiO_4$	150	7699,3	189,0
150	$KAlSiO_4$	-	-	-	150	8043,0	186,6
50	$KAlSiO_4$	2	25	$KAlSiO_4$	100	6978,0	165,7
Testemunha	-	-	-	-	-	6304,4	123,0
				DMS (5%)		1632,6	53,3
				C.V. (%)		17,8	16,6

embora seja um adubo obtido de material insolúvel, sua solubilidade parece ser suficiente para suprir as necessidades das plantas, pois não afetou a produção de matéria seca do milheto, mesmo quando foi aplicada em cobertura.

4.2. Comportamento do K trocável no perfil do solo

Os teores de K trocável no solo nas diferentes profundidades foram avaliados nas parcelas que receberam a dose de 300 kg/ha de K, das fontes (KCl, K_2SO_4 e Kalsilita) aplicadas a lanço com incorporação e no sulco de semeadura. Avaliou-se também o efeito da planta sobre a distribuição do K, nas diferentes camadas no perfil do solo.

Nos tratamentos em que os adubos foram aplicados em linha, construiu-se um mapa de iso-concentrações de K no solo, onde pode ser visualizado o deslocamento vertical e lateral do K aplicado nas diferentes fontes, bem como, o efeito da planta neste processo (Figuras 4, 5 e 6 e Apêndice 7). Na fase atual da pesquisa, encontrou-se dificuldade em aplicar um teste estatístico para determinar a significância dos resultados obtidos. Em face desta dificuldade, optou-se pela análise estatística por profundidade, utilizando-se o teor médio de K em cada camada no perfil em relação às fontes, métodos e na presença e ausência de plantas.

Identifica-se, com base nas Figuras 4, 5 e 6, diferenças de comportamento do K no perfil, em relação às fontes, destacando-se o maior deslocamento do K aplicado na

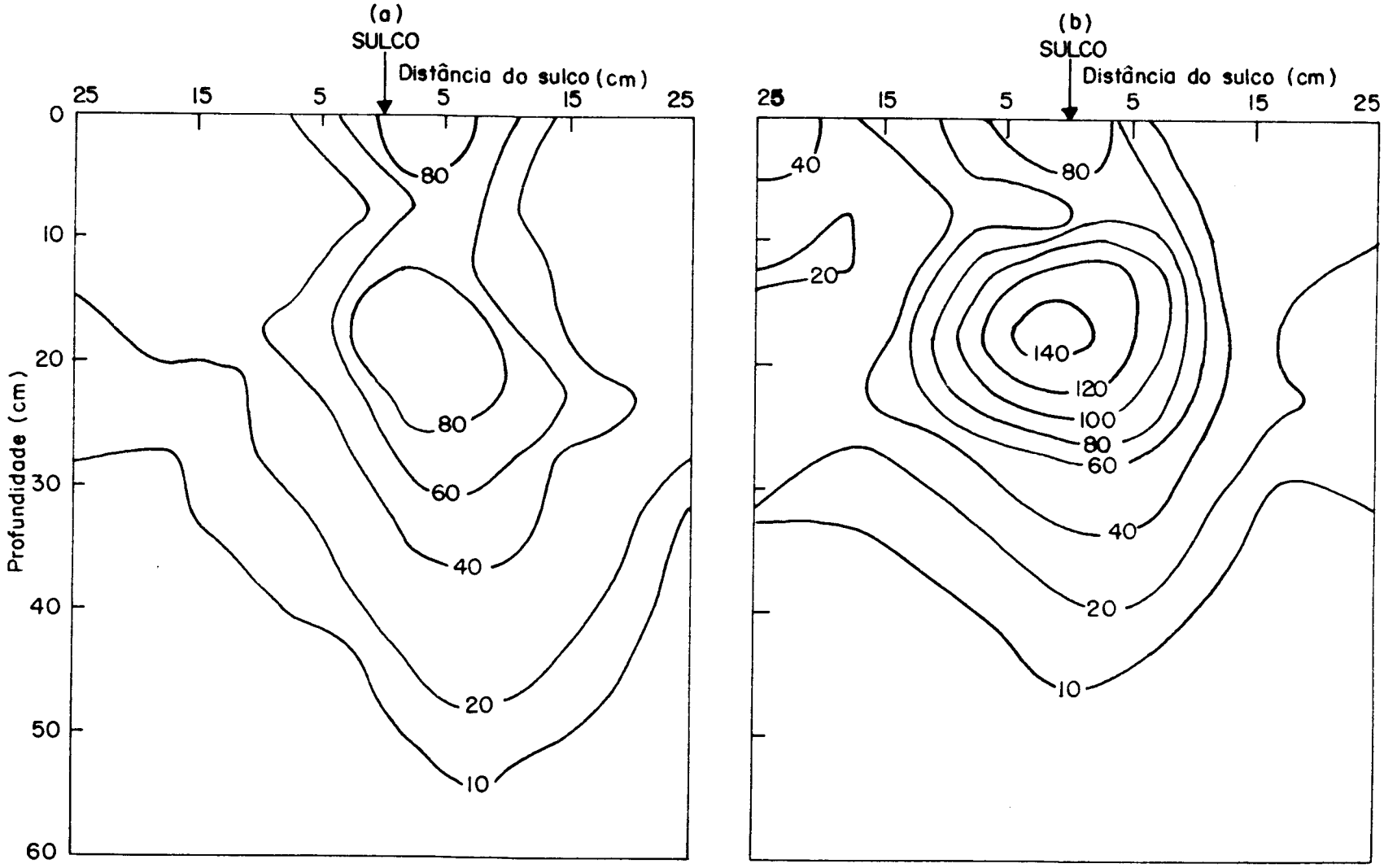


FIGURA 4. Distribuição dos valores de K trocável (ppm) no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam 300 kg/ha de K, na forma de KCl, aplicada no sulco de semeadura: (a) Com plantas; (b) Sem plantas. Média de três repetições.

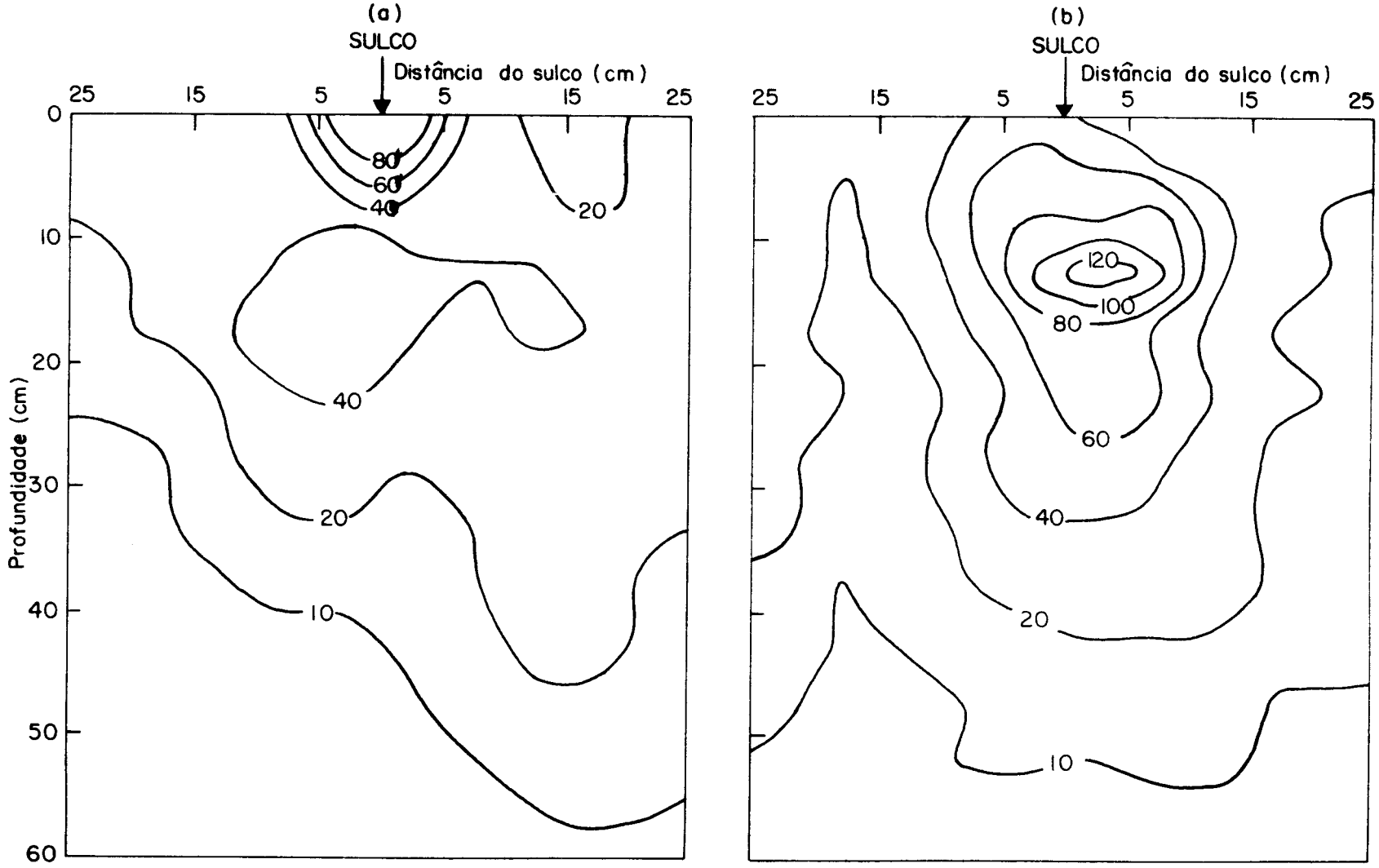


FIGURA 5. Distribuição dos valores de K trocável (ppm) no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam 300 kg/ha de K, na forma de K_2SO_4, aplicada no sulco de semeadura; (a) Com plantas; (b) Sem plantas. Média de três repetições.

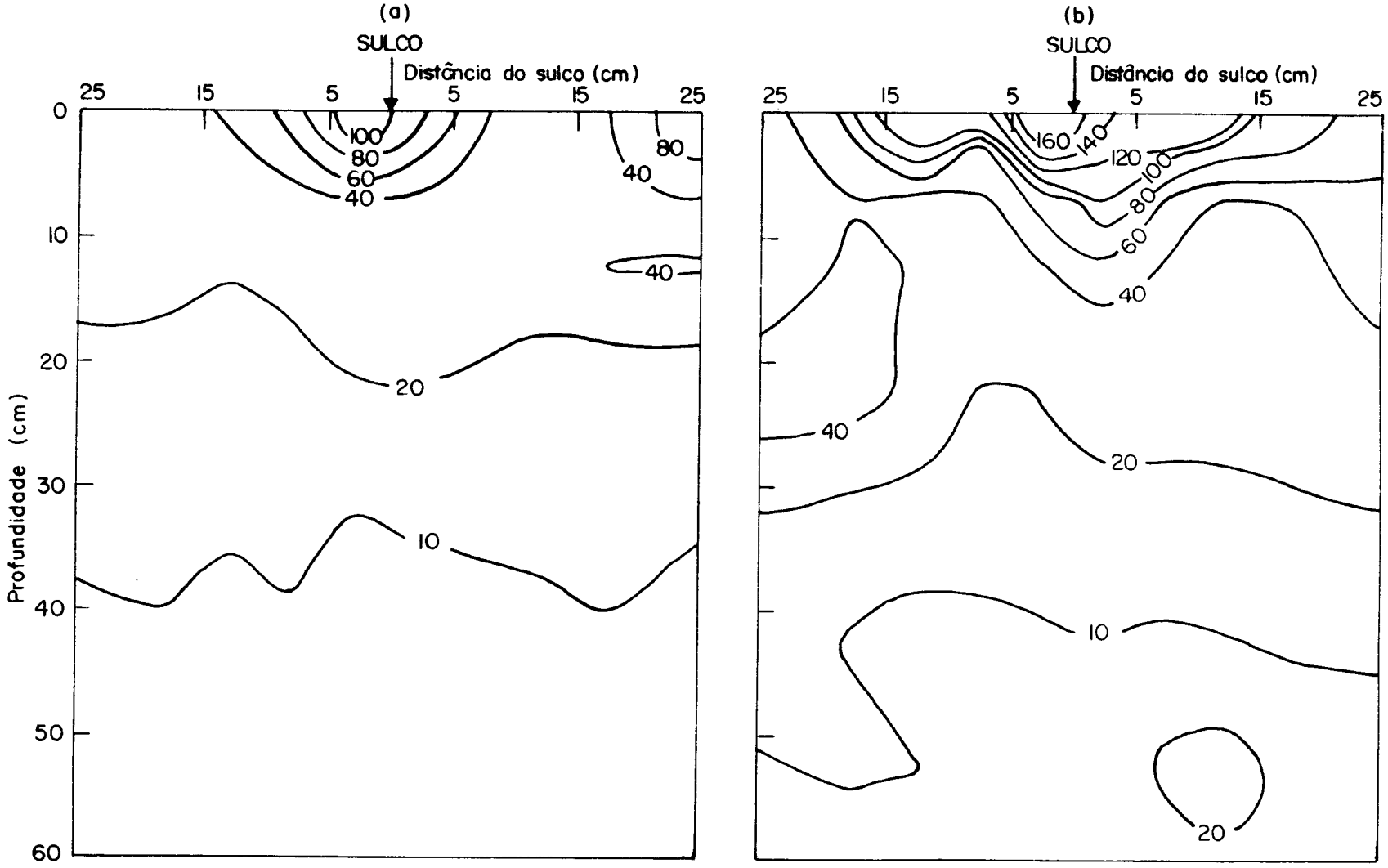


FIGURA 6. Distribuição dos valores de K trocável (ppm) no perfil do solo, amostrado no ensaio, nas parcelas que receberam 300 kg/ha de K, na forma de Kalsilita ($KAlSiO_4$), aplicada no sulco de semeadura: (a) Com plantas; (b) Sem plantas. Média de três repetições.

forma de KCl em relação ao aplicado na forma de K_2SO_4 e Kalsilita.

O efeito da planta manifesta-se, devido à ocorrência de concentrações mais altas, representadas pelas linhas de iso-concentrações, nas parcelas que permaneceram sem plantas.

A significância estatística dos processos observados, será discutida nos parágrafos seguintes.

4.2.1. Efeito de fontes

As análises da variância revelaram que foram significativos os efeitos do KCl, K_2SO_4 e da Kalsilita no aumento do K trocável, nas diferentes camadas do perfil do solo (Apêndice 7).

Na Figura 7, pode-se observar o efeito das fontes na modificação dos teores médios de K trocável nas diferentes profundidades do perfil. Todas as fontes promoveram aumentos significativos no teor de K, na camada superficial do solo (0 a 15 cm) em relação à testemunha, e estas por sua vez não diferiram entre si na camada de 0 a 10 cm de profundidade, pelo teste de DMS, ao nível de 5 % de probabilidade.

Comparando-se os teores de K existentes no perfil, verifica-se que houve uma modificação significativa do K em relação à testemunha, até as profundidades de 15, 25 e 40 cm, respectivamente para a Kalsilita, K_2SO_4 e KCl. Estes resultados mostram que o K quando aplicado na forma de KCl, foi

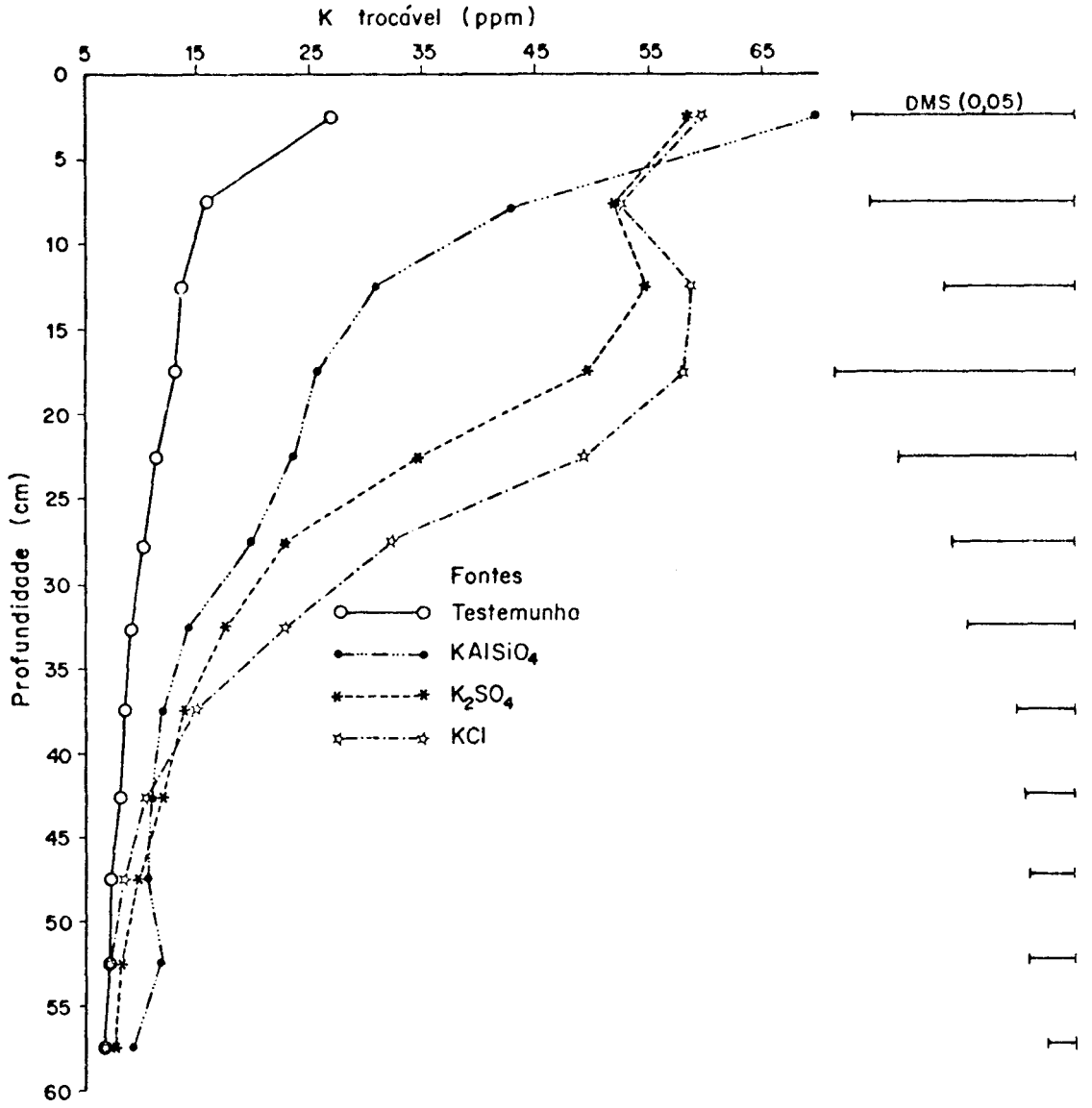


FIGURA 7. Valores de K trocável no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam 0 e 300 kg/ha de K, na forma de KCl, K_2SO_4 e Kalsilita ($KAlSiO_4$). Média de 12 observações, abrangendo 2 métodos de aplicação, com e sem plantas e três repetições por tratamento.

o que promoveu maior lixiviação de K no perfil. No entanto, para que haja este deslocamento, deverá ter um ânion que o acompanhe, conforme foi demonstrado por BOSC e BLANCHET (1975), onde a difusão e a movimentação do íon K^+ no fluxo de massa foi acelerado, quando se aumentou a concentração do ânion Cl^- na solução. Os dados obtidos neste experimento estão de acordo com os da EMBRAPA (1979), onde se observou em condições de laboratório que o íon cloreto (Cl^-) foi o que promoveu maior lixiviação de Ca^{2+}, seguido do íon sulfato ($SO_4^=$) que por ser mais fortemente adsorvido pelo solo, moveu-se mais lentamente no perfil (COUTO et alii, 1979).

A Figura 7 mostra que o K quando aplicado na forma de K_2SO_4, teve uma movimentação menor no perfil do que como KCl. Este fenômeno é atribuído por COUTO et alii, (1979); WERNER e STANDFORD, (1958), a adsorção do radical $SO_4^=$ pelos óxidos de Fe e Al e também pelo argilo minerais do tipo 1:1.

Das fontes de K utilizadas, a que apresentou menor deslocamento de K no perfil foi a Kalsilita. Esta pequena movimentação do K pode ser atribuida ao fato deste material não conter na sua estrutura ânions pouco adsorvidos como $SO_4^=$ ou Cl^- para promover a descida do K no perfil do solo. Além disso, apresenta baixa solubilidade em água que é ao redor de 7,0 % (SILVA e RITCHEY, 1982), e proporciona maior aproveitamento do K pelas plantas por não ser lixiviado pela água da chuva (FUJIMORI, 1979). A freqüência das adubações com esta fonte, portanto, pode ser diminuida

sensivelmente.

Considerando-se que a exploração efetiva das raízes é mais intensa na profundidade do solo de 0 a 30 cm (SOUZA et alii, 1979), o K detectado abaixo dessa camada,teria reduzida a possibilidade de ser aproveitado pelas culturas anuais. Neste caso, somente com a aplicação do K na forma de KCl é que teriam ocorrido perdas significativas pelo teste DMS, ao nível de 5 % de probabilidade em relação à testemunha.

4.2.2. Efeito dos métodos de aplicação

A análise da variância mostra o efeito dos métodos de aplicação do K, na concentração de K trocável, nas diversas camadas no perfil do solo (Apêndice 7).

Nota-se na Figura 8, que a colocação dos adubos potássicos no sulco de semeadura apresentou um valor de K no perfil inferior em relação à aplicação a lanço com incorporação, nas camadas superficiais, situadas entre 0 a 10 cm de profundidade. Isto se deve ao fato, de que a distribuição do K na superfície e incorporado ao solo, mantêm baixa concentração do nutriente por unidade de volume do solo e apresenta um menor risco do K a ser lixiviado. Enquanto que a aplicação no sulco de semeadura, provoca uma maior concentração do elemento numa pequena porção do solo, ficando deste modo, em contato com menor número de sítios de troca, e portanto, mais sujeito a descer com a água de infiltração.

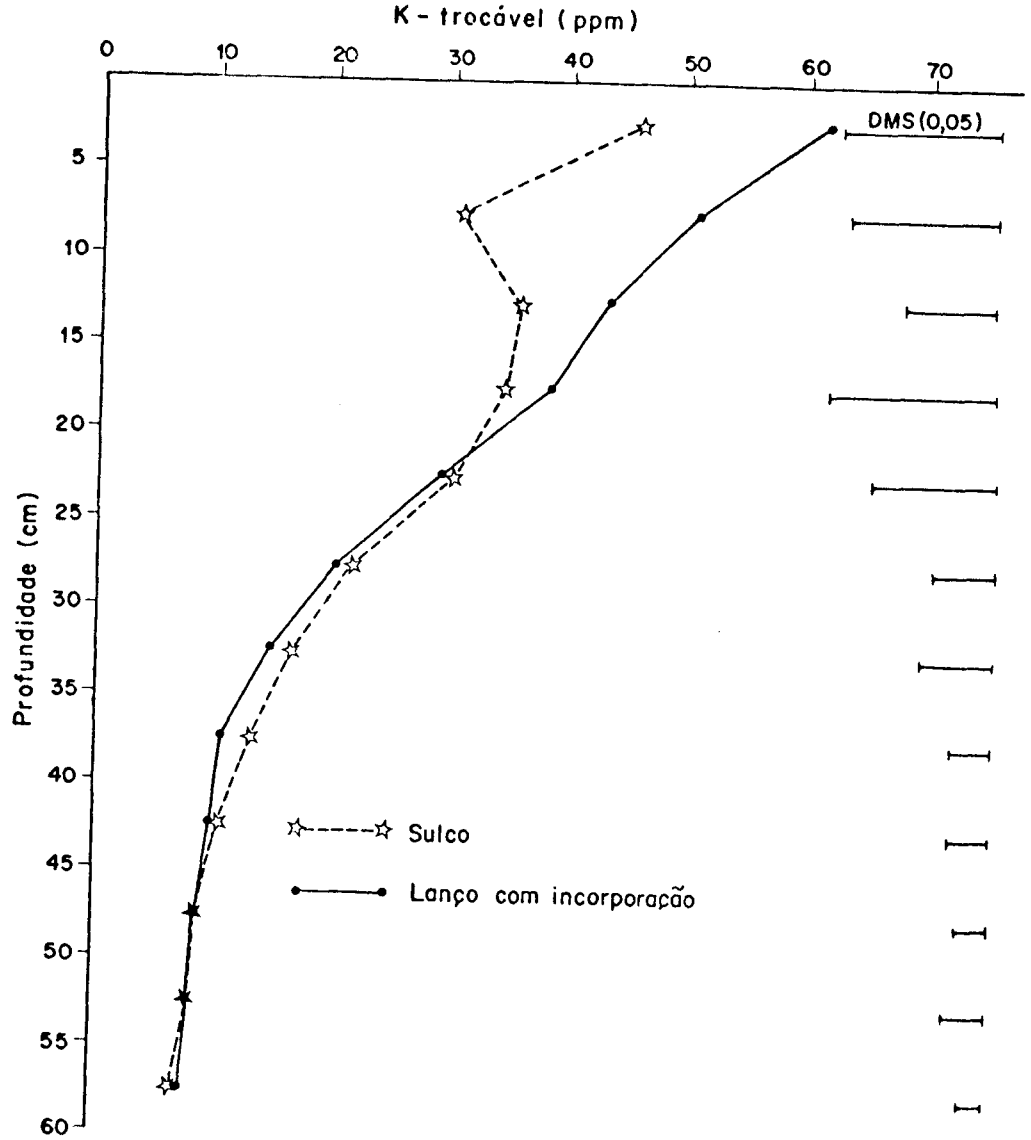


FIGURA 8. Valores de K trocável no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, em função dos métodos de aplicação dos adubos potássicos. Média de 24 observações, abrangendo 4 fontes, com e sem plantas e 3 repetições.

Desta forma, o nutriente se desloca das camadas superficiais para as inferiores, ficando inacessível para as plantas. FAGERIA (1982), cita que a aplicação localizada, proporciona maior disponibilidade de K, do que se a mesma dose fosse aplicada a lanço. Em vista disso, o elemento é mais facilmente absorvido pelas plantas, mesmo em condições de baixa umidade, pois o nutriente está localizado junto às raízes. No entanto, apesar deste fato ocorrer, foi de tal magnitude, que não afetou significativamente a quantidade total de K absorvido pelo milheto, nas condições do presente experimento (Tabela 3).

a análise da variância, indicou que houve efeito da interação de fontes e métodos de aplicação dos adubos potássicos, no teor de K no perfil, somente na profundidade de 0 a 5 cm (Apêndice 7). Analisando-se estes efeitos observa-se (Tabela 5) que não houve diferença sobre o teor de K no perfil entre a aplicação da Kalsilita a lanço com incorporação e no sulco de semeadura. Por sua vez, esta não diferiu em relação a KCl e K_2SO_4, quando aplicadas a lanço. No entanto, as fontes mais solúveis (KCl e K_2SO_4) apresentaram valores mais elevados de K, quando aplicadas a lanço com incorporação. O comportamento diferenciado da Kalsilita em relação às outras fontes, se deve segundo FUJIMORI (1979), à baixa mobilidade dos ânions oriundos da dissolução deste material, que acompanham o K na sua descida na solução do solo; e desta forma, provocam o deslocamento do nutriente do perfil.

TABELA 5. Potássio trocável no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, em função de 0 e 300 kg/ha de K, aplicado nas formas de KCl, K_2SO_4 e $KAlSiO_4$ (Kalsilita), a lanço com incorporação (La) e no sulco de semeadura (Su). Média de 6 observações, abrangendo a presença e ausência de plantas e 3 repetições por tratamento.

Profundidade	Testemunha	KCl		K_2SO_4		$KAlSiO_4$		DMS (0,05)
		La	Su	La	Su	La	Su	
(cm)	----------	----------	ppm	----------	----------	----------	----------	
00-05	26,9	71,7	47,8	81,9	35,1	65,5	73,7	27,8
05-10	15,7	68,5	34,9	70,3	35,2	48,6	36,8	25,5
10-15	13,6	67,6	49,7	64,8	44,7	27,2	34,6	16,1
15-20	12,9	56,6	59,7	62,3	37,0	21,9	29,4	30,0
20-25	11,3	44,8	53,6	37,1	32,6	23,7	23,3	22,2
25-30	10,1	30,5	33,9	18,7	26,6	22,5	17,2	15,5
30-35	9,0	22,0	23,4	13,5	21,7	15,4	13,1	13,0
35-40	8,4	13,0	16,3	9,8	17,9	12,7	11,1	7,1
40-45	8,1	9,7	11,5	9,8	14,0	12,6	8,6	6,3
45-50	7,1	8,3	8,9	8,3	11,1	12,7	8,3	5,6
50-55	7,1	7,6	6,5	6,8	9,6	12,6	10,6	5,7
55-60	6,8	7,3	6,1	6,5	8,3	10,0	8,5	3,7

4.2.3. Influência de plantas

4.2.3.1. Sem aplicação de potássio

Os dados apresentados na Tabela 6, revelam a influência das plantas de milheto no teor de K trocável, nas diferentes camadas do solo.

A influência das plantas na diminuição da concentração de K no tratamento testemunha, foi significativo pelo teste t, ao nível de 5 % de probabilidade. Analisando-se estes resultados nota-se que este efeito é significativo na camada superficial do solo (0 a 5 cm). Mesmo nestes condições em que o solo apresentava valores de K muito abaixo dos níveis críticos (58 ppm) (LOPES, 1975), o milheto reduziu a concentração de K no solo, em cerca de 40 % , em relação ao tratamento sem plantas (descoberto).

Observando-se a Tabela 6, nota-se que as raízes extrairam o K até a profundidade de 35 cm, apesar das quantidades serem pequenas e não alterarem significativamente, o teor de K na camada entre 5 e 35 cm de profundidade.

4.2.3.2. Com aplicação de potássio

A influência das plantas nos teores de potássio no perfil do solo foi avaliada nas parcelas que receberam 300 kg/ha de K, nas formas de KCl, K_2SO_4 e Kalsilita, aplicados a lanço com incorporação e no sulco de semeadura.

TABELA 6. Teor médio de K trocável no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, no tratamento testemunha (sem aplicação de K), na presença e ausência de plantas de milheto (média de três repetições).

Profundidade	Com planta	Sem planta*
	ppm	
0 - 5	20,3 b*	33,5 a
5 - 10	14,3 a	17,2 a
10 - 15	13,3 a	18,3 a
15 - 20	12,7 a	13,2 a
20 - 25	10,3 a	12,2 a
25 - 30	9,2 a	11,0 a
30 - 35	8,2 a	9,8 a
35 - 40	8,9 a	8,0 a
40 - 45	9,0 a	7,2 a
45 - 50	7,9 a	6,3 a
50 - 55	7,5 a	6,7 a
55 - 60	7,7 a	5,7 a

* Médias seguidas por letras iguais, numa mesma profundidade, não diferem significativamente pelo teste t, ao nível de 5% de probabilidade.

A Figura 9 mostra a variação no teor médio de K trocável, nas diferentes camadas do solo, na presença e ausência de plantas de milheto.

As diminuições no teor de K no perfil,provocadas pelas plantas, foi testada estatisticamente, através da análise da variância para cada profundidade (Apêndice 7). Este efeito foi significativo na camada de 10 a 15 cm, onde houve uma redução de 27,0 % no K trocável. Este efeito das plantas foi de menor magnitude e não significativos, mas pode ser percebido até a profundidade de 30 cm. Devendo-se isto, segundo SOUZA et alii (1979), a uma exploração mais efetiva das raízes, até esta camada do perfil. HAYNES (1982) observou que na presença de plantas, houve uma perda de K da ordem de 1,3 % , enquanto que na ausência, este valor variou de 17 a 31 % .

Devido à descida do K nas parcelas sem plantas, ocorreu uma maior concentração de K na camada de 10 a 15 cm, enquanto que nas parcelas com plantas este efeito foi parcialmente reduzido. Isto, provavelmente, se deve ao fato de que nos tratamentos que não havia plantas, o K foi lixiviado em grande parte da camada de 0 a 10 cm (Figura 4 e 5), para as camadas abaixo de 10 cm, sendo que a frente de descida do K localizou-se entre 10 a 15 cm de profundidade. Enquanto que nas parcelas que havia plantas, apesar de também ocorrer lixiviação do K, este efeito foi retardado pela absorção de K pelas mesmas e não ocorreu uma concentração elevada de K, na camada de 10 a 15 cm (Figura 9). Esta não

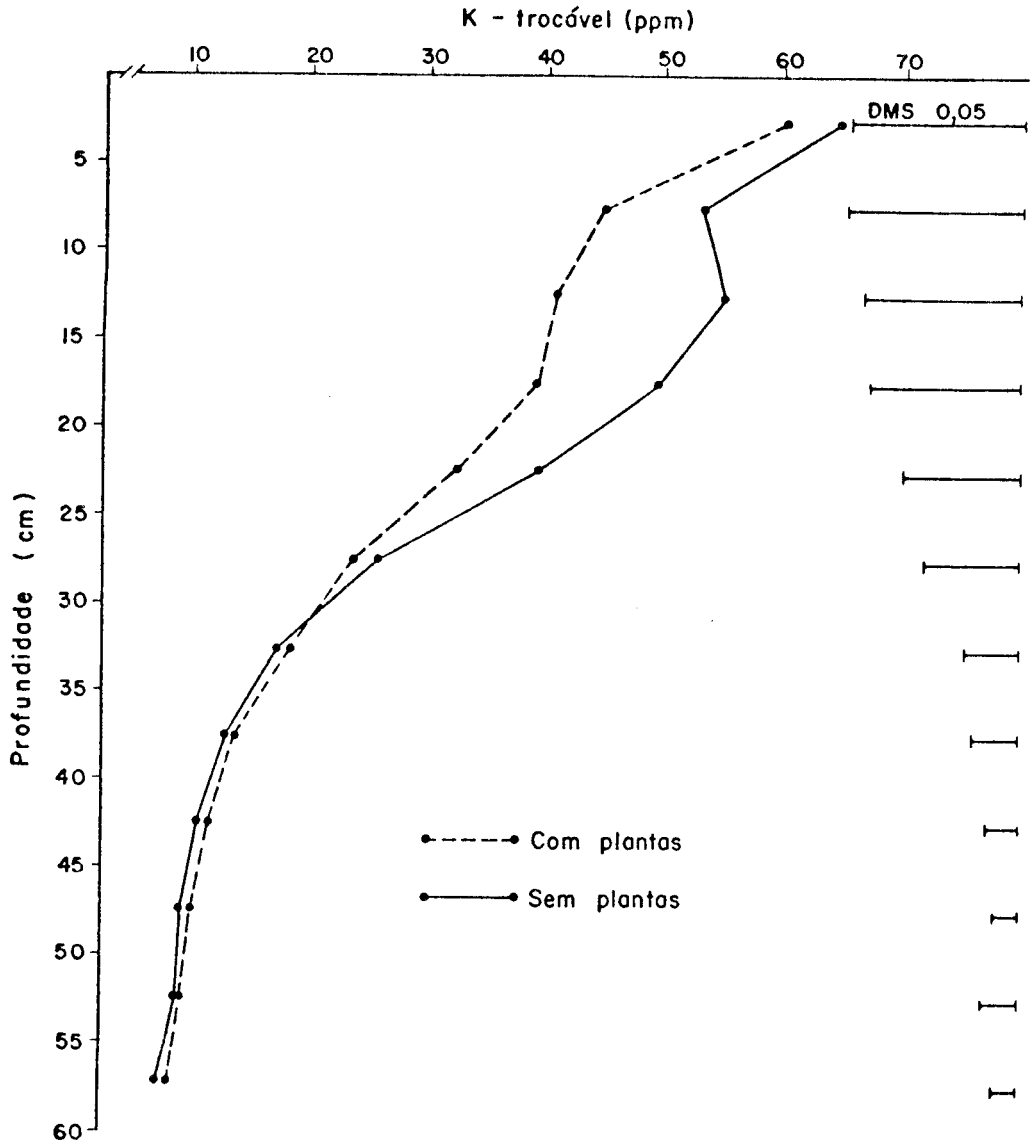


FIGURA 9. Valores de K trocável no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam 300 kg/ha de K, na presença e ausência de plantas de milheto. Média de 18 observações, abrangendo 3 fontes, 2 métodos de aplicação e 3 repetições por tratamento.

significância do efeito das plantas na camada superficial (0 a 15 cm), também foi observada por SOUZA et alii (1979). Este fenômeno foi atribuído pelos autores à ocorrência da lavagem do K, das folhas no fim do ciclo da cultura do milho. Fenômeno este, comprovado nos estudos recentemente realizados por SILVA e RITCHEY (1982a). No entanto, a ocorrência deste fato nas condições deste experimento está em parte rejeitada, pois após cada corte de avaliação, todo o material restante era retirado para fora da área experimental, evitando-se desta forma que houvesse a lavagem do K das folhas no final do ciclo.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho permitem concluir que:

1. As fontes utilizadas (KCl, K_2SO_4 e Kalsilita) não diferiram entre si quanto à produção de matéria seca, porém as mais solúveis (KCl e K_2SO_4) proporcionaram maiores quantidades de K absorvido;

2. Os maiores rendimentos de matéria seca e a quantidade de K absorvido pelo milheto foram obtidos, respectivamente nas doses de 150 e 300 kg/ha de potássio;

3. Os métodos de aplicação (a lanço com incorporação, no sulco de semeadura e a lanço em cobertura) não apresentaram diferenças significativas entre si quanto à produção de matéria seca e a quantidade de K absorvido;

4. As aplicações parceladas das doses de K apresentaram mesma eficiência em relação à dose única aplicada no plantio, quanto à produção de matéria seca, independentemente da fonte de K utilizada;

5. As fontes de K promoveram alterações significativas no teor de K trocável, no perfil do solo em relação à testemunha, até às profundidades de 15, 25 e 40 cm, respectivamente para Kalsilita, K_2SO_4 e KCl;

6. A aplicação dos adubos potássicos a lanço com incorporação, promoveu maior aumento médio de K trocável na camada superficial do solo (0 a 10 cm de profundidade), em relação à aplicação dos mesmos no sulco de semeadura;

7. A influência das plantas de milheto na diminuição do K trocável no perfil do solo, foi significativo nas camadas de 0 a 5 cm e de 10 a 15 cm de profundidade, respectivamente nas parcelas sem e com aplicações dos adubos potássicos.

6. BIBLIOGRAFIA CITADA

BARBER, S.A. 1976. Efficient fertilizer use. In: AGRONOMIC research for food. Madison, American Society of Agronomy. p.13-29 (ASA Special Publication).

BARBER, S.A.; MUNSON, R.D.; DANCY, W.B. 1971. Production marketing and use of potassium fertilizers. In: OLSON, A.S.; ARMY, T.J.; HANWAY, J.J.; KILMER, V.J. *Fertilizer technology and use*. 2.ed., Madison, Soil Science Society of America. p.303-34.

BARLEY, K.P. 1954. Effects of root growth and decay on the permeability of sinthetic sandy loam. *Soil Science*, Baltimore, *78*:205-10.

BELTRAME, L.F. de S.; TAYLOR, J.C.; CAUDURO, F.A. 1979. *Probabilidade de ocorrência de déficits e excessos hídricos em solos do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. 79p.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. 1973. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul*. Recife. p.100-104. (Boletim Técnico, 30).

BOLT, G.H. 1976. Adsorption of anions by soil. In: BOLT, G.H. & BRUGGENWERT, M.G.M., ed. 1976. *Soil chemistry;* basic elements. Amsterdam, Elsevier. p.91-95.

BOOCK, O.J.; CATANI, R.A.; FREIRE, E.S. 1960. Adubação da batatinha; experiências com leucita, sulfato e cloreto de potássio. *Bragantia*, Campinas, *19*(51):811-828.

BORNEMISZA, E. 1960. La solución extractora y la humedad en relación con el potasio intercambiale; Experiencias en un suelo aluvional de Costa Rica. *Turrialba*, San José, *10*:35-9.

BOSC, M. & BLANCHET, R. 1975. The role of anions and exchange reactions in K^+ ion movements involved in potassium nutrition of plants. *Agrochimica*, Pisa, *19*(6): 460-467.

BOSWELL, F.C. & ANDERSON, O.E. 1968. Potassium movement in fallowed soils. *Agronomy Journal*, Madison, *60*:688-691.

CAMARGO, A.P. de. 1962. Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, *21*(12):163-213.

CHAO, T.T.; HAWARD, M.E.; FANG, S.Q. 1962. Soil constituents and properties in the adsorption of sulfate ions. *Soil Science*, Baltimore, *94*(5):276-83.

COUTO, W.; LATHWELL, D.J.; BOULDIN, D.R. 1979. Sulfate sorption by two Oxisols and an Alfisol of the tropics. *Soil Science*, Baltimore, *127*(2):108-116.

DIBB, D.W. 1980. Potassium placement. In: POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE, Atlanta. *Potassium for agriculture;* a situation analysis. Atlanta. p.123-31.

DUTRA, G.L.; BRAGA, J.M.; THIÉBAUT, J.T.L.; FABRIS, J.C. 1982. Minerais potássicos, acidificados ou não, utilizados como fonte de nutriente para o milheto (*Zea mays*, L.) em casa de vegetação: I - Peso da parte aérea, das raízes e total. *Revista Ceres*, Viçosa, *29*(162):176-193.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. 1978. *Relatório Técnico Anual 1976 - 1977*. Planaltina, DF. 183p.

_____. 1979. *Relatório Técnico Anual 1977 - 1978*. Planaltina, DF. p.40-63.

ENGELSTAD, O.P. & RUSSEL, D.A. 1975. Fertilizers for use under tropical conditions. *Advances in Agronomy*, New York, *14*:175-204.

EPSTEIN, E. 1975. Effect of sewage sludge on some soil physical properties. *Journal of Environmental Quality*, Madison, *4*:139-42.

FAGERIA, N.K. 1982. Nutrição e adubação potássica do arroz no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Londrina, 1982. *Anais...* Londrina, IAPAR; Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, Instituto Internacional da Potassa. p.421-36.

FASSBENDER, W.H. 1975. Componentes inorgânicos de la fase solida del suelo. In: _____. *Química de suelos;* con énfasis en suelos de América Latina. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Cap.1, p.3-65.

FRANCO, C.M. & MEDINA, H.P. 1960. Arrastamento de potássio e fósfoto pela água de infiltração do solo. *Bragantia*, Campinas, *19*:73-6.

FUJIMORI, K. 1979. Emprego de kalsilita ($KAlSiO_4$) obtido de rocha potássica como fertilizante. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 17º, Manaus, 1979. *Anais...* Manaus, SBCS. p.48.

_____. 1982. Kalsilita ($KAlSiO_4$) do complexo alcalino de Poços de Caldas, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32º, Salvador, 1982. *Anais...* Salvador, SBG. p.648-51.

FURLANI, A.M.C.; HIROCE, R.; ANGELOCCI, L.R.; VAN RAIJ; B.; FURLANI, P.R.; GROHMANN, F. 1978. Desenvolvimento e nutrição do feijoeiro em função da aplicação de doses de cloreto e de sulfato de potássio. *Ciência e Cultura*, São Paulo, *30*(7):855-63.

GIANELLO, C. 1978. *Estudo de algumas características físicas e químicas que influem na absorção de K pelas plantas*. 95f. Dissert. (Mestr. Agron. - Solos) Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, 1978. Não publicada .

GODEFROY, J.; MULLER, M.; ROOSE, E. 1970. Estimation de pertes par lixiviation des éléments fertilisants dans un sol de bananoraie de Basse Côte d'Ivoire. *Fruits*, Paris, *25*(6):403-23.

GOEDERT, W. 1973. *Cation equilibria in soils of Rio Grande do Sul, Brasil*. Thesis (Ph.D.). Soil Department, University of Wisconsin, Madison, USA, 1973.

HAYNES, R.J. 1982. Leaching losses of nutrients and yield and nutrient uptake by container grown begonia as affected by lime and fertilizer application to a peat medium. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, London, *33*(5):407-413.

HARDY, F. & BAZAN, R. 1966. The maize microplot method of soil testing. *Turrialba*, San José, *16*(3):267-70.

HELLING, C.S.; CHESTERS, G.; COREY, R.B. 1964. Contribution of organic matter and clay to soil cation exchange capacity as affected by the pH of the saturating solution. *Soil Science of America Proceedings*, Madison, *28*:517-20.

HILLEL, D. 1970. *Solo e água;* fenômenos e princípios físicos. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia da UFRGS. p.27-129.

HUMPHREYS, F.R. & PRINCHETT, W.L. 1971. Phosphorus adsorption and movement in some sandy forest soils. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 35:495-500.

KEMPER, B. & DERPSCH, R. 1979. *Estudos sobre susceptibilidade dos solos à erosão e métodos de proteção do solo no Estado do Paraná*. 17f. Trabalho apresentado no 17º Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, Manaus, 1979.

KHOMVILAI, S. & BLUE, W.G. 1977. Effects of lime and potassium sources on the retention of potassium by some Florida mineral soils. *Proceedings Soil and Crop Science Society of Florida*, Gainesville, 36:84-89.

LEPSCH, I.F.; ROTTA, C.L.; VALADARES, J.M.A.S. 1977. Mineralogia e formas de potássio em solos da Estação Experimental de Pindorama, SP. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 2(1):63-68.

LOPES, A.S. 1975. *A survey of the fertility status of soil under "Cerrado" vegetation in Brazil*. 138f. Thesis (M.Sc. - Soil Science) Department of Soil Science, North Caroline State University, Raleigh, USA.

_____. 1982. Mineralogia do potássio em solos do Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Londrina, 1982. *Trabalhos apresentados*. Londrina, IAPAR; Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, Instituto Internacional da Potassa. p.1-17.

LOPES, M.S. 1977. *Relações entre o pH e a adsorção de fósforo e silício em solos*. 45f. Dissert. (Mestr. Agron. - Solos) Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, 1977. [Não publicada].

MALAVOLTA, E. 1977. *O potássio e a planta*. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, Instituto Internacional da Potassa. 60p. (Boletim Técnico, 1).

_____. 1980. *Potássio, magnésio e enxofre nos solos e culturas brasileiras*. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, Instituto Internacional da Potassa. 91p. (Boletim Técnico, 4).

MALUF, J.R.T.; CUNHA, G.R. da; MATZENAUER, R.; WESTPHALEN, S.L.; SUTILI, V.R. 1982. *Agroclimatologia do Estado do Rio Grande do Sul*; II Zoneamento agroclimático da cultura do milho (*Zea mays* L.). Porto Alegre, 30f.

MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. 1980. Potassium in crop production. *Advances in Agronomy*, New York, 33:59-103.

McINTYRE, D.S. 1958. Permeability measurements of soil crusts formed by raindrofs impact. *Soil Science*, Baltimore, *85*:185-9.

McLEAN, E.E. & OWEN, E.J. 1969. Effects of pH on the contribution of organic matter and clay to soil cation exchange capacities. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, *33*:855-858.

McMAHON, M.A. & THOMAS, G.W. 1976. Anion leaching in two Kentucky soils under conventional tillage and Killed-sod mulch. *Agronomy Journal*, Madison, *68*:437-442.

MIELNICZUK, J. 1973. *Potassium, calcium magnesium and manganese equilibria in soils and their uptake by plants*. 149f. Thesis (Ph.D. - Soil Science) Soil Department, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, EUA, 1973.

_____. 1977. Formas de potássio em solos do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, *1*(2-3): 55-61.

_____. 1980. *O potássio no solo*. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, Instituto Internacional da Potassa. 80p. (Boletim Técnico, 2).

MORAES, E.C. 1975. *Aspectos da mineralogia e gênese de solos do complexo cristalino em Encruzilhada do Sul*. 100f. Tese (Mestr. Agron. - Solos) Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, 1975. |Não publicada|.

NEPTUNE, A.M.L.; MURAOKA, T.; FUJIMORI, K.; VIDAL, L. 1979. Disponibilidade de potássio a partir de vários materiais potássicos, utilizando arroz como planta indicadora. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 17º, Manaus, 1979. *Anais*.. Manaus, SBCS. p.48.

NEVES, O.S.; CAVALERI, P.A.; ABRAMIDES, E.; FREIRE, E.S. 1960. Adubação do algodoeiro. X. Ensaios com diversos adubos potássicos. *Bragantia*, Campinas, *19*(12):181-200.

NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY. 1973. *Agronomic-economic research on tropical soils*; Annual progress report to USAID. Raleigh, Soil Science Department. p.21-163.

NYE, P.H. 1961. Organic and nutrient cycles under a moist tropical forest. *Plant and Soil*, The Hague, *13*:333-346.

NYE, P.H. & GREENLAND, D.J. 1964. Changes in the soil after cleaning tropical forest. *Plant and Soil*, The Hague, *21*:101-112.

OLIVEIRA, F.T.T. de. 1979. *Deslocamento de cátions no perfil de solos de diferentes classes texturais sob efeito de calagem e adubação*. 135f. Tese (Mestr. Agron.-Solos). Fac. Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, 1979. |Não publicada|.

OLIVEIRA, L.B. de & OLIVEIRA, H. de F. 1976. Relação entre a precipitação pluviométrica e as perdas de minerais solúveis por lixiviação. I. Lixiviação de potássio em laboratório. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15º, Campinas, 1976. *Anais*... Campinas, IAC/CATI. p.89-94.

PALENCIA, O.J.A. & MARTINI, J.A. 1970. Características morfológicas, físicas y químicas de algunos suelos derivados de cenizas vulcânicas en Centro America. *Turrialba*, San José, *20*(3):325-332.

PARR, J.F. & BERTRAND, A.R. 1960. Water infiltration into soils. *Advances in Agronomy*, New York, *12*:311-363.

PRATT, P.F. & BAIR, F.L. 1962. Cation exchange properties of some acid soils of California. *Hilgardia*, Berkeley, *33*(13):689-705.

RANEY, W.A. 1960. The dominant role of nitrogen in leaching losses from soils in hermid regions. *Agronomy Journal*, Madison, *52*:563-566.

RITCHEY, K.D.; SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. 1979. Potássio em solo de Cerrado. I. Resposta à adubação potássica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, *3*:29-32.

RITCHEY, K.D. 1982. *O potássio nos oxissolos e altissolos dos trópicos úmidos*. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, Instituto Internacional da Potassa. 69p. (Boletim Técnico, 7).

RODRIGUES, T.F. 1977. *Mineralogia e gênese de uma seqüência de solos de Cerrado*. 101f. Tese (Mestr. Agron. - Solos). Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, 1977. |Não publicada|.

ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R.; YAMADA, T.; NAKAGAWA, J. 1979. Efeitos de modos de aplicação, doses e fontes de potássio na composição química foliar da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). *Científica*, Jaboticabal, *7*(3):347-352.

ROSOLEM, C.A.; NAKAGAWA, J.; MACHADO, J.R.; YAMADA, T. 1979a. Efeitos dos modos de aplicação, doses e fontes de potássio na produção da soja. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, *54*(1-2):13-19.

SALMON, R.C. 1964. Cation exchange reactions. *Journal of Soil Science*, Oxford, *16*:263-267.

SANCHEZ, P.A. 1977. Soil management under shifting cultivation. In: _____. *A review of soils research in tropical Latin America*. Raleigh, NCSU/USAID. Cap.3, p.46-67.

SANZONOWICZ, C. & VARGAS, A.A.T. 1980. Efeito do calcário e do potássio, na produção e na composição química do *Stylosanths guyanensis* em um latossolo vermelho-escuro de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, *4*:165-169.

SEUBERT, C.E. 1975. *Effect of land clearing methods on crop performance and changes in soil properties in a Ultisol of The Amazon jungle of Peru*. 152f. Thesis (Master of Science - Soils). Soil Science Department, NCSU, Raleigh, 1975.

SHAIMBERG, I. & KEMPER, W.D. 1966. Hydration status of adsorbed cations. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, *30*:707-713.

SILVA, J.E. & RITCHEY, K.D. 1982. Adubação potássica em solos de cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Londrina, 1982. *Anais...* Londrina, IAPAR; Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, Instituto Internacional da Potassa. p.323-338.

SILVA, J.E. & RITCHEY, K.D. 1982a. Acumulação diferencial de potássio em Oxissolos devido a lavagem do nutriente das plantas de milho para o solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, *6*(3):183-188.

SINGH, B. & SEKHON, G.S. 1978. Leaching of potassium in illitic soil profiles as influenced by long-term application of inorganic fertilizers. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, *91*(1):237-40.

SOUZA, D.M.G.; RITCHEY, K.D.; LOBATO, E.; GOEDERT, W.J. 1979. Potássio em solo de Cerrado. II. Balanço no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, *3*:33-6.

SPENCER, W.F. 1957. Distribution and availability of phosphates added to a Lakeland fine sand. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, *21*:141-144.

STARNAUD, R.J. & SEPHTON, G.A. 1972. Contribution of clay and organic matter to cation exchange capacity of chernozemic soils. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, *52*:124-126.

TÁVORA, J.E.M. 1982. Reservas minerais de potássio e suas explorações. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Londrina, 1982. *Anais...* Londrina, IAPAR, Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, Instituto Internacional da Potassa. p.37-50.

TEDESCO, M.J. 1982. *Extração simultânea de N, P, K, Ca e Mg em tecido de plantas por digestão por H_2O_2 - H_2SO_4.* Porto Alegre, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 23p. (Informativo Interno, 01-82).

TERMAN, G.L. 1977. Quantitative relationships among nutrients leached from soils. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, *41*:935-940.

THOMAS, G.W.; BLEVINS, R.L.; PHILLIPS, R.E.; McMAHON, M.A. 1973. Effect of a killed sod mulch on nitrate movement and corn yield. *Agronomy Journal*, Madison, *65*: 736-739.

UFRGS. FACULDADE DE AGRONOMIA. DEPARTAMENTO DE SOLOS. 1981. Eficiência da Kaliofilita em suprir potássio às plantas. In: _____. Fontes de nutrientes para o aumento da produtividade agrícola; Relatório Final, 1979-1980, Porto Alegre, Contrato FUNDATEC/FINEP B22/79-211/00-00. Anexo 26, p.A26-01-04.

VAN OLPHEN, H. 1963. *An introduction to clay colloid chemistry*. New York. J. Wiley. p.20-260.

VAN RAIJ, B. 1969. A capacidade de troca de cátions das frações orgânicas e mineral em solos do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, *28*:85-112.

_____. 1981. *Avaliação da fertilidade do solo*. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, Instituto Internacional da Potassa. p.6-31.

VOLKWEISS, S.J. 1978. *Troca de cátions*. Porto Alegre, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 16p. (Informativo Interno, 03/78).

VILKWEISS, S.J. & VAN RAIJ, B. 1977. Retenção e disponibilidade de fósforo em solos. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4º, Brasília, 21-25 junho 1976. *Bases para utilização agropecuária*. Belo Horizonte, Itatiaia, p.317-32.

WEIL, R.R. & KROONTJE, W. 1979. Physical conditions to a Davison clay loam after five years of heavy poultry manure applications. *Journal of Environmental Quality*, Madison, *8*:387-391.

WERNER, L.N. & STANFORD, G. 1958. Changing concepts of plant nutrient behavior and fertilizer use. *Advances in Agronomy*, New York, *10*:68-136.

WRIGHT, W.R. & FOSS, J.E. 1972. Contribution of clay and organic matter to the cations exchange capacity of Maryland soils. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, *36*:115-18.

7. APÊNDICES

APÊNDICE 1. Características físicas e químicas do solo Podzólico Vermelho Amarelo Abrúptico (unidade de mapeamento Itapoã).

Horizontes	Profundidade	pH(1:1) água	P	$Ca^{2+} + Mg^{2+}$	K^+	Na^+	S	Al^{3+}	H^+	T	Sat. bases	Sat. Al	C	N	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
	cm		ppm	me/100g							%							
A_1	0- 10	4,9	4	0,9	0,12	0,04	1,1	0,2	0,9	2,2	50	15	0,39	0,05	75	12	5	8
A_{21}	10- 90	5,0	1	0,2	0,02	0,03	0,3	0,3	0,3	0,9	33	50	0,13	0,02	84	9	1	6
A_{22}	90-170	5,2	1	0,4	0,02	0,02	0,4	0,3	0,5	1,2	33	43	0,13	0,03	77	11	5	7
B_2	170-250	5,0	1	1,5	0,04	0,07	1,6	2,6	2,0	6,2	26	62	0,49	0,05	50	9	8	33

Fonte: BRASIL (1973).

APÊNDICE 2. Valores de F das análises da variância para os efeitos de fontes, doses e métodos de aplicação do K, na produção de matéria seca (MS) e na quantidade de K absorvido (K abs) pelo milheto.

Causas de variação	GL	1º corte		2º corte		3º corte		Total	
		MS	K abs	MS	K abs	MS	K abs	MS	K abs
Blocos	2	0,97	0,68	6,26**	62,51**	1,50	3,38*	4,92*	9,73**
Fontes (F)	2	1,12	2,39	0,66	4,19*	0,76	0,37	0,77	3,28*
Doses (D)	2	34,74**	52,66**	8,00**	48,83**	9,69**	22,70**	41,10**	83,79**
F x D	4	0,31	0,66	0,92	3,40*	0,91	0,50	1,05	1,66
Métodos (M)	2	0,22	0,29	0,48	0,54	4,11*	1,53	1,61	0,22
M x F	4	1,33	0,97	0,14	0,31	0,53	0,69	0,76	0,89
M x D	4	0,86	0,53	1,23	1,29	3,31*	0,75	1,37	1,42
M x D x F	8	0,85	1,05	0,69	1,37	0,67	0,38	0,91	1,01
Erro	52								
Total	80								

* Significativo ao nível de 5%
** Significativo ao nível de 1%

APÊNDICE 3. Análise da variância para os efeitos de fontes, doses e métodos de aplicação do potássio na produção total (soma de três cortes) de matéria seca do milheto (média de três repetições).

Causas de variação	GL	SQ	QM	F
Blocos	2	7.994.787,14	3.997.292,57	4,04*
Tratamentos	26	42.792.754,40	1.645.875,17	1,66
Entre tratamentos adicionais	5	5.082.953,78	1.016.590,76	1,03
Entre tratamentos	20	37.709.801,00	1.885.490,00	1.91*
Fontes	2	1.472.633,04	736.316,52	0,74
Doses	2	52.206.275,65	26.103.137,83	26,38**
Métodos de aplicação	2	2.352.816,04	1.176.408,02	1,19
Métodos x doses	4	3.484.576,72	871.144,18	0,88
Métodos x fontes	4	2.905.966,19	726.491,55	0,73
Doses x fontes	4	2.667.339,46	666.834,86	0,67
Fontes x doses x métodos	8	4.596.054,17	574.506,77	0,58
Testemunhas x resto	1	2.448.538,00	2.448,538,00	2,47
Entre testemunhas	2	417.562,00	208.781,00	0,21
Erro	52	51.460.435,53	989.623,76	
Total	80	102.247.977,06		

* Significativo ao nível de 5%
** Significativo ao nível de 1%

APÊNDICE 4. Análise da variância para os efeitos de fontes, doses e métodos de aplicação do potássio na quantidade total de K absorvido pelo milheto (média de três repetições).

Causas da variação	GL	SQ	QM	F
Blocos	2	7.603,50	3.801,75	3,60*
Tratamentos	26	98.357,89	3.782,99	3,58**
Entre tratamentos adicionais	5	14.110,12	2.822,02	2,67*
Entre tratamentos	20	84.247,77	4.212,39	3,99**
Fontes	2	7.910,40	3.955,20	3,75*
Doses	2	134.720,13	67.360,06	63,80**
Métodos	2	830,11	415,05	0,39
Métodos x doses	4	4.550,21	1.137,55	1,08
Métodos x fontes	4	4.299,58	1.074,89	1,02
Doses x fontes	4	5.345,68	1.336,42	1,27
Fontes x doses x métodos	8	6.509,41	813,68	0,77
Testemunhas x resto	1	6.258,39	6.258,39	5,93*
Entre testemunhas	2	136,52	68,26	0,07
Erro	52	54.901,92	1.055,81	
Total	80	160.863,01		

* Significativo ao nível de 5%
** Significativo ao nível de 1%

APÊNDICE 5. Produção de matéria seca (kg/ha) do milheto em função das fontes, doses e métodos de aplicação (La = a lanço com incorporação, Li = no sulco de semeadura e Co = a lanço em cobertura).

Fonte	Nível	Método	1º corte				2º corte				3º corte				Total
			I	II	III	Média	I	II	III	Média	I	II	III	Média	
-	0	La	1041	1254	1186	1160	1449	1285	2249	1661	3793	3883	3421	3699	6520
-	0	Li	824	1179	872	958	1385	1672	2029	1762	3881	3582	3523	3662	6382
-	0	Co	1416	1108	971	1165	2085	1672	2015	1924	2574	2891	3300	2922	6011
KCl	150	La	1972	1901	2363	2079	2716	2027	1890	2211	4402	3253	3722	3792	8082
KCl	150	Li	2040	1582	3298	2307	2417	2007	2587	2337	4607	3675	3941	4074	8718
KCl	150	Co	1311	2583	1800	1698	2244	1985	2496	2242	2975	4601	3967	3854	7994
KCl	300	La	3265	1726	1660	2284	1998	2067	1768	1944	4326	3647	3955	3976	8204
KCl	300	Li	1725	1598	1991	1771	1294	2357	2367	2996	3695	4988	3929	3904	7681
KCl	300	Co	2346	2690	2587	2541	2492	2025	1603	2040	3533	4272	4480	4095	8676
K_2SO_4	150	La	1350	1811	2294	1818	1924	2513	2432	2290	3052	3060	3479	3197	7305
K_2SO_4	150	Li	1595	2343	1996	1978	2156	2571	2024	2250	4316	3493	3478	3762	7991
K_2SO_4	150	Co	2414	2272	1618	2101	1541	2071	1633	1748	3412	2796	3930	3379	7228
K_2SO_4	300	La	2406	1371	2542	2106	1737	2120	2154	2004	3069	4135	4366	3857	7967
K_2SO_4	300	Li	1784	2170	2051	2002	2362	1516	2578	2152	3055	4756	4402	4072	8226
K_2SO_4	300	Co	1348	2756	1966	2023	2600	2305	2896	2500	3368	4855	4488	4220	8743
$KAlSiO_4$	150	La	1462	2205	2275	1981	1540	2337	2772	2216	3023	4546	3969	3846	8043
$KAlSiO_4$	150	Li	1397	3041	2056	2165	1881	1738	2126	1915	4510	3801	3987	4099	8179
$KAlSiO_4$	150	Co	1743	906	1646	1432	1828	2408	2143	2126	3117	4471	3778	3789	7347
$KAlSiO_4$	300	La	1741	2467	1578	1929	1512	1892	2270	1891	2760	3697	3569	3342	7162
$KAlSiO_4$	300	Li	2467	1972	2291	2244	2074	1605	2139	1919	5467	3836	4855	4719	8902
$KAlSiO_4$	300	Co	1013	972	2300	1428	1857	1721	2240	1939	3824	4268	4189	4094	7461
KCl	$100^a(1^b x 50^c)$		2355	2522	2793	2557	2052	2162	2210	2141	2865	3138	2871	2958	7656
KCl	100(2 x 25)		2257	1862	3506	2542	2308	1993	2270	2190	4053	3264	4811	4043	8775
KCl	50(2 x 25)		673	2867	3195	2245	1787	2121	2341	2083	2902	3841	4197	3647	7975
KCl	25(3 x 25)		2303	2394	1750	2149	1331	2132	2326	1930	3309	3788	3811	3636	7715
$KAlSiO_4$	100(2 x 25)		1381	2376	1684	1814	2638	1619	1750	2002	5019	3360	3271	3883	7699
$KAlSiO_4$	50(2 x 25)		1684	1928	1143	1585	2290	1172	2062	1841	3461	3881	3313	3552	6978

a - Dose aplicada a lanço com incorporação.
b - Número de doses.
c - Dose aplicada em cobertura.

APÊNDICE 6. Absorção de K pelo milheto (kg/ha) em função das fontes, doses e métodos de aplicação (La = a lanço com incorporação, Li = no sulco de semeadura e Co = a lanço em cobertura).

Fonte	Nível	Método	1º corte				2º corte				3º corte				Total
			I	II	III	Média	I	II	III	Média	I	II	III	Média	
-	0	La	36,2	44,6	24,3	35,0	34,3	31,2	19,3	28,3	67,5	80,0	29,1	58,9	122,2
-	0	Li	20,4	31,8	25,4	25,9	26,9	35,2	19,5	27,2	75,7	73,8	47,2	65,6	118,6
-	0	Co	42,7	29,9	26,2	33,0	44,8	34,3	17,7	32,3	61,5	68,2	58,7	62,8	128,1
KCl	150	La	77,7	69,8	75,1	74,2	68,7	49,3	27,4	48,4	112,3	85,6	80,8	92,8	215,5
KCl	150	Li	74,9	67,6	121,0	87,8	63,8	57,8	38,8	53,5	98,6	108,8	89,9	99,1	240,4
KCl	150	Co	46,0	97,6	67,0	70,2	53,2	56,8	36,9	49,0	66,0	99,8	97,3	87,7	206,9
KCl	300	La	118,2	65,2	65,3	82,9	62,5	53,5	32,9	49,6	89,1	101,0	99,7	96,6	229,2
KCl	300	Li	69,0	52,6	73,1	64,9	39,1	42,4	36,9	39,5	90,2	57,2	92,7	80,0	184,4
KCl	300	Co	92,4	100,1	92,1	94,9	66,5	43,5	27,6	45,9	90,1	113,6	131,7	111,8	252,6
K_2SO_4	150	La	48,9	66,5	83,0	66,1	47,7	61,1	32,6	47,1	60,4	81,4	78,3	73,4	186,6
K_2SO_4	150	Li	55,0	78,5	55,9	63,1	60,4	40,1	29,3	43,3	148,0	75,8	67,8	97,2	203,6
K_2SO_4	150	Co	85,9	90,9	57,6	78,1	40,7	48,0	24,5	37,7	66,5	77,4	84,1	76,0	191,9
K_2SO_4	300	La	93,1	52,5	96,1	80,6	48,6	53,6	36,0	46,1	62,3	119,1	114,9	98,8	225,4
K_2SO_4	300	Li	70,3	85,5	70,8	75,5	59,8	39,3	38,7	45,9	87,1	122,8	112,3	107,4	228,8
K_2SO_4	300	Co	51,6	101,1	76,5	76,4	67,3	57,3	48,4	57,7	71,1	129,1	95,0	98,4	232,5
$KAlSiO_4$	150	La	51,3	84,5	74,8	70,2	37,4	58,7	32,7	42,9	75,6	75,0	69,9	73,5	186,5
$KAlSiO_4$	150	Li	46,8	100,0	59,8	68,9	47,6	48,7	29,6	42,0	127,6	86,7	67,8	94,0	204,9
$KAlSiO_4$	150	Co	52,6	36,7	54,2	47,8	48,3	47,7	28,7	41,6	75,4	97,0	66,5	79,6	169,0
$KAlSiO_4$	300	La	58,3	85,1	53,7	65,7	39,2	39,7	30,4	36,4	65,1	97,2	83,2	81,8	184,0
$KAlSiO_4$	300	Li	91,8	63,9	74,2	76,6	57,0	38,0	32,1	42,4	120,3	83,2	101,5	101,7	220,7
$KAlSiO_4$	300	Co	35,6	43,5	86,7	55,3	43,1	41,8	24,0	36,3	91,4	114,8	85,0	97,1	188,6
KCl	100[a] (1^bx50[c])		81,2	83,0	85,2	83,1	53,1	33,1	32,0	39,4	65,3	85,4	64,6	71,8	194,3
KCl	100 (2 x 25)		85,3	66,3	138,1	96,6	62,8	49,4	41,5	51,2	122,4	79,6	117,4	106,5	254,3
KCl	50 (2 x 25)		20,3	92,9	75,7	63,0	38,1	46,2	39,3	41,2	70,8	108,7	86,4	88,7	192,8
KCl	25 (3 x 25)		63,8	67,0	64,2	65,0	34,5	29,8	30,0	31,4	73,4	83,3	88,0	81,6	178,1
$KAlSiO_4$	100 (2 x 25)		46,3	80,8	57,3	61,4	67,5	41,0	25,4	44,6	99,4	82,0	67,4	82,9	189,0
$KAlSiO_4$	50 (2 x 25)		57,3	64,6	33,9	51,9	51,8	27,8	22,1	33,9	75,1	91,6	72,9	79,9	165,7

a - Dose aplicada a lanço com incorporação.
b - Número de doses.
c - Dose aplicada em cobertura.

APÊNDICE 7. Valores de F das análises da variância para os efeitos de fontes, métodos de aplicação de K e de plantas de milheto, no nível de K trocável nas diferentes profundidades do solo, na amostragem realizada no final do ensaio.

Causas da variação	GL	Profundidades (cm)											
		0-5	5-10	10-15	12-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60
Blocos	2	3,33	2,54	2,72	4,96*	11,05**	9,26**	4,98*	7,02**	4,70*	6,49*	7,79**	11,71**
Fontes (F)	3	8,17**	8,46**	31,70**	8,98**	9,82**	6,32**	3,62*	2,84	1,16	1,25	2,61	1,93
Métodos (M)	1	5,81*	11,47**	4,12	0,28	0,03	0,17	0,37	2,23	0,12	0,04	0,00	0,76
F x M	3	3,68*	2,08	3,23	1,11	0,29	0,59	0,56	1,71	1,37	1,29	0,60	0,76
Erro (a)	14												
Planta (Pl)	1	1,59	1,78	5,90*	3,21	2,54	0,45	0,07	0,21	1,18	1,40	0,19	2,45
Pl x F	3	0,74	0,48	1,45	0,57	0,46	0,36	0,88	0,49	0,76	0,46	0,26	0,45
Pl x M	1	2,46	0,72	0,13	0,05	1,85	0,97	0,65	0,04	0,01	0,30	1,77	1,57
Pl x F x M	3	1,41	0,08	0,42	3,19	1,31	0,50	0,78	1,21	0,43	0,41	1,33	0,34
Erro (b)	16												
Total	47												

* Significativo ao nível de 5%
** Significativo ao nível de 1%

APÊNDICE 8. Distribuição dos teores de K trocável no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam 300 kg/ha de K, na forma de KCl, nos sulcos de semeadura, na presença e ausência de plantas de milheto (média de três repetições).

Profundidade	Com plantas												Sem plantas											
	Distância do sulco (cm)												Distância do sulco (cm)											
	25	20	15	10	5	0	5	10	15	20	25	Média	25	20	15	10	5	0	5	10	15	20	25	Média
(cm)	ppm																							
00-05	34	32	26	33	58	100	77	39	30	24		45	51	28	48	68	91	84	43	28	29	32		50
05-10	27	25	22	24	32	60	60	30	24	18		32	26	20	24	51	42	72	66	27	21	27		38
10-15	26	24	23	26	59	81	59	43	23	18		38	18	20	38	89	125	135	106	38	22	18		61
15-20	19	22	25	53	93	70	91	50	29	24		48	28	29	64	114	157	137	109	43	19	18		72
20-25	14	18	17	29	55	96	86	71	45	36		47	32	37	52	89	112	117	89	37	22	16		60
25-30	10	9	14	26	40	70	68	55	37	24		35	28	16	21	39	54	64	51	27	11	11		32
30-35	9	9	11	16	27	47	53	51	30	14		27	10	10	12	20	37	44	38	13	7	9		20
35-40	9	8	9	13	22	34	38	36	23	10		20	9	9	9	11	16	24	21	10	7	8		12
40-45	7	8	8	8	10	25	29	25	15	6		14	8	7	7	8	11	13	10	8	7	8		9
45-50	7	7	8	8	7	14	20	18	10	6		11	8	8	7	7	9	8	6	6	6	6		7
50-55	6	7	7	6	6	8	13	8	6	6		7	6	6	6	5	5	5	5	6	6	6		6
55-60	5	7	6	6	6	7	6	8	7	7		6	6	5	5	6	6	5	5	6	6	6		6

APÊNDICE 8a. Distribuição dos teores de K no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam 300 kg/ha de K, na forma de KCl no sulco de semeadura, na presença e ausência de plantas de milheto (primeira repetição).

Profundidade	Com plantas												Sem plantas											
	Distância do sulco (cm)												Distância do sulco (cm)											
	25	20	15	10	5	0	5	10	15	20	25	Média	25	20	15	10	5	0	5	10	15	20	25	Média
(cm)	ppm																							
00-05	29	22	20	29	61	81	73	20	22	22		38	35	31	31	69	72	51	42	35	36	47		45
05-10	25	24	24	26	29	45	58	35	19	17		30	13	16	14	64	47	67	82	20	17	44		38
10-15	34	27	22	21	47	61	40	28	21	15		32	13	12	29	90	110	155	132	40	24	25		63
15-20	21	23	19	21	46	79	96	47	30	30		41	37	18	49	115	160	157	122	56	29	28		77
20-25	18	19	21	27	52	93	107	120	81	70		61	78	55	43	84	125	137	129	66	36	26		78
25-30	11	13	19	31	56	85	98	95	69	45		52	57	19	17	33	52	76	76	50	17	14		41
30-35	13	14	16	15	35	75	89	96	57	22		43	17	13	10	15	43	62	54	16	9	9		25
35-40	11	11	14	13	26	53	69	72	38	13		32	9	9	8	7	15	33	22	10	7	6		13
40-45	11	11	11	11	14	47	56	51	27	7		25	12	9	7	8	12	17	12	10	8	8		10
45-50	10	11	13	11	9	25	43	37	15	7		18	13	9	8	8	16	10	8	7	7	7		9
50-55	9	10	10	8	8	14	25	13	7	7		11	9	9	7	6	7	7	7	7	8	8		8
55-60	8	11	9	10	9	8	7	9	9	12		9	9	8	7	9	8	8	7	9	9	8		8

APÊNDICE 8b. Distribuição dos teores de K no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam 300 kg/ha de K, na forma de KCl, no sulco de semeadura, na presença e ausência de plantas de milheto (segunda repetição).

Profundidade	Com plantas												Sem plantas											
	Distância do sulco (cm)												Distância do sulco (cm)											
	25	20	15	10	5	0	5	10	15	20	25	Média	25	20	15	10	5	0	5	10	15	20	25	Média
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
(cm)	ppm																							
00-05	47	47	36	40	79	137	77	53	30	23	57		90	30	84	98	168	148	69	34	35	27	78	
05-10	34	32	25	23	43	67	69	29	29	22	37		47	30	43	71	57	117	99	40	33	25	56	
10-15	20	24	23	36	87	120	58	29	22	21	44		27	35	67	125	215	233	163	52	28	17	96	
15-20	13	17	34	110	140	18	69	20	22	17	46		33	55	117	160	220	238	183	63	19	19	111	
20-25	10	23	13	25	55	93	60	21	15	15	33		9	44	88	133	153	173	117	35	23	13	79	
25-30	12	9	9	10	13	38	30	14	15	13	16		21	21	29	50	66	86	59	21	10	10	37	
30-35	8	9	8	9	11	12	12	10	13	10	10		8	10	13	23	38	51	38	11	6	9	21	
35-40	10	9	8	8	9	8	7	8	13	11	9		8	10	10	10	17	23	25	9	7	11	13	
40-45	6	8	7	7	7	7	9	8	9	6	7		7	8	10	7	9	12	9	7	7	9	8	
45-50	7	7	7	7	6	7	8	7	10	7	7		8	8	7	5	5	7	6	6	7	7	7	
50-55	6	6	7	7	7	6	7	7	8	6	7		6	5	7	5	5	5	5	7	6	8	6	
55-60	5	6	5	5	7	7	8	7	7	4	6		5	4	6	4	5	4	4	5	6	8	5	

APÊNDICE 8c. Distribuição dos teores de K no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam 300 kg/ha de K, na forma de KCl, no sulco de semeadura, na presença e ausência de plantas de milheto (terceira repetição).

Profundidade	Com plantas												Sem plantas											
	Distância do sulco (cm)												Distância do sulco (cm)											
	25	20	15	10	5	0	5	10	15	20	25	Média	25	20	15	10	5	0	5	10	15	20	25	Média
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
(cm)	ppm																							
00-05	28	22	30	37	33	53	17	14	16	22		27	26	26	23	30	33	88	81	43	38	27		42
05-10	17	14	15	17	21	32	17	20	14	11		18	21	19	18	23	25	69	54	27	24	16		30
10-15	15	14	19	53	51	18	24	21	15	12		24	24	21	23	21	44	62	79	71	27	19		39
15-20	13	14	27	66	91	16	21	9	8	8		27	24	26	22	29	93	112	109	83	35	25		56
20-25	8	11	25	49	59	42	22	9	8	10		24	15	13	16	35	58	103	91	72	39	24		47
25-30	6	7	18	35	45	31	18	11	7	9		19	7	6	15	37	51	88	77	57	27	15		38
30-35	5	7	14	22	29	20	21	13	7	9		15	6	5	8	24	35	55	59	46	21	11		27
35-40	9	8	9	17	17	15	16	11	8	7		12	6	5	6	18	30	40	37	28	19	6		19
40-45	4	5	5	9	12	10	9	7	6	7		7	4	5	5	6	10	21	22	17	10	6		11
45-50	4	7	5	8	5	7	5	5	5	5		6	4	4	5	5	5	9	10	9	6	5		6
50-55	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3		4	4	4	4	4	4	4	6	5	4	4		4
55-60	3	4	3	4	4	3	4	4	4	3		4	3	5	4	3	3	5	3	7	5	4		4

APÊNDICE 9. Distribuição dos teores de K trocável no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam 300 kg/ha de K, na forma de K_2SO_4, nos sulcos de semeadura, na presença e ausência de plantas de milheto (média de três repetições).

Profundidade	Com plantas											Sem plantas										
	Distância do sulco (cm)											Distância do sulco (cm)										
	25	20	15	10	5	0	5	10	15	20	25	Média	25	20	15	10	5	0	5	10	15	20	25	Média
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
(cm)	ppm																							
00-05	23	21	25	28	85	82	24	20	17	24		35	30	22	29	47	62	55	35	25	23	26		35
05-10	22	21	28	32	37	30	25	21	19	23		26	24	19	29	60	78	70	82	43	23	19		45
10-15	18	22	28	44	47	44	41	40	27	26		34	27	17	25	54	100	134	113	42	25	19		56
15-20	19	21	37	61	58	43	36	44	39	30		39	24	14	18	40	64	68	54	35	18	17		35
20-25	11	13	21	39	42	33	30	31	38	31		29	33	20	13	26	52	77	61	38	23	19		36
25-30	9	10	18	28	28	21	23	26	30	25		22	23	13	12	35	58	57	46	28	17	25		31
30-35	9	9	14	20	20	17	20	27	29	23		19	23	11	13	24	40	40	38	28	16	14		25
35-40	8	8	10	13	13	15	19	29	25	17		16	16	10	12	20	25	29	32	29	17	12		20
40-45	10	9	8	7	7	12	15	26	26	15		14	16	9	10	13	16	19	19	18	13	11		14
45-50	9	9	8	8	7	9	13	15	15	12		11	11	7	7	10	14	16	17	14	9	10		12
50-55	8	9	10	8	6	7	9	12	14	13		9	8	8	9	10	10	9	11	11	9	11		10
55-60	8	9	9	9	7	8	7	9	10	9		8	8	7	10	9	7	6	7	8	8	10		8

APÊNDICE 9a. Distribuição dos teores de K trocável no perfil do solo, amostrado no final do experimento, nas parcelas que receberam a dose de 300 kg/ha de K (K_2SO_4) no sulco de semeadura, na presença e ausência de plantas de milheto (primeira repetição).

Profundidade	Com plantas												Sem plantas											
	Distância do sulco (cm)												Distância do sulco (cm)											
	25	20	15	10	5	0	5	10	15	20	25	Média	25	20	15	10	5	0	5	10	15	20	25	Média
(cm)	ppm																							
00-05	18	21	29	33	37	41	18	16	14	24	25		30	16	19	47	55	43	49	24	27	35	35	
05-10	19	21	35	35	29	23	14	17	18	19	23		15	13	11	39	41	55	174	75	29	19	47	
10-15	17	18	26	38	35	22	23	18	14	18	23		15	13	16	25	95	170	251	70	20	13	69	
15-20	25	31	61	97	67	29	23	19	19	21	39		20	17	21	26	34	66	91	70	23	18	39	
20-25	14	19	38	68	64	33	18	16	15	15	30		21	17	19	31	42	84	106	80	42	26	47	
25-30	10	14	31	53	50	23	14	10	10	10	23		14	16	13	24	67	102	110	60	28	52	49	
30-35	11	13	26	34	30	17	10	9	12	11	17		15	12	9	9	33	69	86	65	30	17	35	
35-40	10	10	15	22	22	17	9	11	12	11	14		14	12	9	8	18	53	75	68	36	15	31	
40-45	12	12	10	10	10	12	10	14	16	12	12		10	11	9	8	9	28	41	36	20	10	18	
45-50	13	11	10	11	11	10	10	11	12	12	11		10	9	7	7	9	23	39	29	12	13	16	
50-55	12	13	13	11	9	9	9	10	12	14	11		10	13	11	10	10	13	21	18	10	13	13	
55-60	11	13	12	11	10	10	9	13	16	12	12		12	10	14	15	11	8	9	12	9	15	12	

APÊNDICE 9b. Distribuição dos teores de K trocável no perfil do solo, amostrado no final do experimento, nas parcelas que receberam a dose de 300 kg/ha de K (K_2SO_4) no sulco de semeadura, na presença e ausência de plantas de milheto (segunda repetição).

Profundidade	Com plantas												Sem plantas											
	Distância do sulco (cm)												Distância do sulco (cm)											
	25	20	15	10	5	0	5	10	15	20	25	Média	25	20	15	10	5	0	5	10	15	20	25	Média
(cm)	ppm																							
00-05	28	21	21	26	170	177	29	23	21	26		54	38	31	49	64	88	96	38	26	21	21		47
05-10	22	22	23	23	29	28	32	28	22	27		26	31	19	16	20	41	78	41	25	19	16		31
10-15	18	26	23	23	18	24	67	87	51	39		38	47	21	20	21	50	100	45	33	29	18		38
15-20	10	14	15	18	15	19	52	99	81	47		37	43	17	18	31	63	81	53	24	20	21		37
20-25	7	7	8	10	12	21	42	65	88	60		32	71	35	13	25	61	83	51	24	18	23		40
25-30	6	7	6	8	11	22	37	60	69	52		28	47	16	17	60	65	44	19	11	15	16		31
30-35	8	8	7	8	11	25	44	65	68	49		29	45	14	23	54	60	37	19	11	12	16		29
35-40	7	9	8	8	9	20	42	69	59	34		27	28	11	20	41	49	29	13	11	9	13		22
40-45	7	8	7	6	6	19	31	57	56	28		23	32	9	14	25	34	24	9	10	11	14		18
45-50	6	8	8	6	6	12	23	29	29	13		14	17	7	10	18	28	20	8	8	9	11		14
50-55	6	8	6	6	4	5	14	21	26	19		12	9	6	13	17	16	11	8	10	11	14		12
55-50	7	9	11	11	8	8	8	10	10	11		9	7	6	11	9	7	7	9	8	10	11		9

APÊNDICE 9c. Distribuição dos teores de K trocável no perfil do solo, amostrado no final do experimento, nas parcelas que receberam a dose de 300 kg/ha de K (K_2SO_4) no sulco de semeadura, na presença e ausência de plantas de milheto (terceira repetição).

Profundidade	Com plantas												Sem plantas											
	Distância do sulco (cm)												Distância do sulco (cm)											
	25	20	15	10	5	0	5	10	15	20	25	Média	25	20	15	10	5	0	5	10	15	20	25	Média
(cm)	ppm																							
00-05	23	22	24	24	47	29	25	20	17	21		25	23	18	20	29	43	26	19	25	21	22		25
05-10	25	21	26	38	54	38	30	19	16	23		29	26	24	59	121	151	77	32	28	21	21		56
10-15	18	23	36	70	87	85	33	16	16	21		41	20	16	39	117	155	133	43	24	27	25		60
15-20	21	18	35	67	92	81	32	14	17	22		40	10	8	16	64	94	57	18	11	12	13		30
20-25	11	13	17	39	50	45	31	12	11	17		25	8	8	7	21	54	65	27	9	8	8		22
25-30	11	8	17	24	23	18	17	9	10	13		15	8	6	7	22	41	23	10	13	7	7		15
30-35	7	6	10	17	19	10	7	7	6	8		10	8	7	7	9	26	14	8	7	6	8		10
35-40	7	6	6	10	9	7	6	7	5	6		7	7	7	7	10	8	6	7	7	7	8		7
40-45	10	6	7	6	6	5	5	7	5	5		6	7	6	8	6	6	6	7	7	7	8		7
45-50	7	9	7	7	5	5	6	5	4	11		7	7	5	4	5	5	5	5	6	6	5		5
50-55	6	5	10	8	4	6	5	4	4	5		6	6	4	4	4	5	4	4	5	6	5		5
55-60	6	5	4	4	4	5	4	4	4	4		4	5	4	4	4	4	4	4	4	6	5		4

APÊNDICE 10. Distribuição dos teores de K trocável no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam 300 kg/ha de K, na forma de KAlSiO4 (Kalsilita), no sulco de semeadura, na presença e ausência de plantas de milheto (média de três repetições).

Profundidade	Com plantas												Sem plantas											
	Distância do sulco (cm)												Distância do sulco (cm)											
	25	20	15	10	5	0	5	10	15	20	25	Média	25	20	15	10	5	0	5	10	15	20	25	Média
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
(cm)	ppm																							
00-05	41	26	38	61	108	69	36	31	37	87		53	38	61	104	60	176	129	114	95	84	78		94
05-10	27	20	23	32	34	33	24	20	27	35		27	37	38	27	37	54	95	52	34	40	46		46
10-15	33	24	22	23	35	39	32	27	41	41		32	26	49	37	27	39	52	37	31	33	43		38
15-20	19	19	16	20	28	29	25	21	22	23		22	46	60	31	26	29	31	35	37	34	37		37
20-25	14	13	13	11	18	19	14	13	12	12		14	51	52	32	20	21	21	26	31	37	36		33
25-30	15	12	10	9	11	15	12	10	11	12		12	35	27	22	16	17	20	21	21	24	24		23
30-35	11	11	12	14	10	12	12	10	11	11		11	17	14	14	13	13	14	14	14	14	19		15
35-40	11	13	9	11	8	8	9	10	11	10		10	11	12	11	11	12	13	12	14	13	15		12
40-45	8	7	7	6	8	7	7	8	9	9		8	13	9	8	8	9	10	9	9	11	11		10
45-50	9	7	6	6	7	9	7	6	9	9		8	11	12	8	9	11	7	8	9	8	9		9
50-55	10	7	6	7	7	7	7	7	10	8		7	10	11	10	9	8	8	26	38	8	10		14
55-60	8	7	6	5	7	8	7	8	7	9		7	9	8	8	7	7	6	7	26	9	9		10

APÊNDICE 10a. Distribuição dos teores de K no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam a dose de 300 kg/ha de K, na forma de $KAlSiO_4$ (Kalsilita), no sulco de semeadura, na presença e ausência de plantas de milheto (primeira repetição).

Profundidade	Com plantas												Sem plantas											
	Distância do sulco (cm)												Distância do sulco (cm)											
	25	20	15	10	5	0	5	10	15	20	25	Média	25	20	15	10	5	0	5	10	15	20	25	Média
(cm)	ppm																							
00-05	33	22	27	23	39	57	28	25	33	182		47	57	91	214	49	57	85	93	96	67	113		92
05-10	23	18	16	25	20	16	16	20	42	58		25	62	52	31	43	37	55	61	36	58	85		52
10-15	37	21	17	16	19	16	14	23	70	81		31	32	98	65	24	26	32	29	34	39	64		44
15-20	13	17	15	18	18	16	16	25	33	36		21	87	144	52	25	25	28	31	42	34	37		51
20-25	11	10	10	9	18	20	14	11	10	10		12	118	124	65	26	20	25	36	47	46	39		55
25-30	9	8	8	7	7	12	7	6	9	10		8	82	57	46	25	22	27	30	34	35	28		39
30-35	8	8	6	6	7	6	7	9	7	6		7	32	21	19	18	18	21	21	21	17	24		21
35-40	7	16	7	7	5	5	7	6	8	12		8	14	20	12	13	15	17	15	18	16	13		15
40-45	7	7	4	5	6	5	6	7	8	10		7	14	7	6	6	6	8	7	7	12	10		8
45-50	11	7	7	6	6	8	7	7	12	12		8	18	20	9	8	15	5	7	9	9	7		11
50-55	16	8	6	9	9	8	8	10	14	9		10	14	9	9	10	8	6	61	99	9	10		24
55-60	12	8	5	5	9	13	11	11	9	13		10	13	11	9	4	5	7	9	64	15	13		15

APÊNDICE 10b. Distribuição dos teores de K no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam 300 kg/ha de K na forma de $KAlSiO_4$ (Kalsilita), no sulco de semeadura, na presença e ausência de plantas de milheto (segunda repetição).

Profundidade	Com plantas												Sem plantas											
	Distância do sulco (cm)												Distância do sulco (cm)											
	25	20	15	10	5	0	5	10	15	20	25	Média	35	20	15	10	5	0	5	10	15	20	25	Média
(cm)	ppm																							
00-05	40	29	43	32	44	57	43	36	38	44		41	36	57	61	93	141	185	127	121	59	62		94
05-10	34	25	26	27	31	31	27	21	21	29		27	28	34	33	48	79	94	41	38	31	29		46
10-15	40	31	31	33	47	69	53	35	31	21		39	39	36	31	41	60	67	41	35	31	35		42
15-20	29	23	19	25	49	49	39	23	19	19		29	30	25	30	41	44	36	42	38	41	44		37
20-25	21	20	17	15	22	23	16	13	15	15		18	23	23	18	21	25	22	29	31	42	47		28
25-30	15	14	11	12	14	21	15	11	11	12		14	14	15	12	15	15	18	19	17	19	27		17
30-35	14	14	11	13	12	16	17	9	11	11		13	10	14	15	13	12	13	11	13	16	19		14
35-40	15	11	11	11	9	9	9	11	13	7		11	11	10	11	11	12	11	11	12	12	23		12
40-45	9	6	8	7	9	6	8	10	11	6		8	16	12	10	9	11	11	10	11	9	12		11
45-50	9	6	5	5	9	8	8	6	6	5		7	9	9	9	13	11	9	8	9	7	9		9
50-55	7	5	5	5	5	6	6	6	7	5		6	7	16	15	9	11	7	7	7	9	12		10
55-60	8	7	7	6	6	5	5	8	5	6		6	10	7	9	8	8	5	5	6	5	9		7

APÊNDICE 10c. Distribuição dos teores de K no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam 300 kg/ha de K, na forma $KAlSiO_4$ (Kalsilita), no sulco de semeadura, na presença e ausência de plantas de milheto (terceira repetição).

Profundidade	Com plantas												Sem plantas											
	Distância do sulco (cm)												Distância do sulco (cm)											
	25	20	15	10	5	0	5	10	15	20	25	Média	25	20	15	10	5	0	5	10	15	20	25	Média
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
(cm)	ppm												ppm											
00-05	51	26	44	127	241	94	38	32	39	35	73		22	36	38	38	330	117	121	67	127	60	96	
05-10	24	18	26	43	51	52	29	20	19	18	30		22	27	18	20	45	137	54	29	31	25	41	
10-15	21	19	19	20	39	31	28	23	22	20	24		15	12	15	17	30	57	41	24	30	31	27	
15-20	16	16	13	16	17	22	20	14	15	13	16		22	11	10	13	19	29	33	30	26	29	22	
20-25	11	10	11	9	14	14	13	14	12	11	12		11	9	11	12	17	16	14	16	23	22	15	
25-30	20	14	11	9	12	13	13	13	12	13	13		10	10	9	9	13	16	13	12	17	16	13	
30-35	12	10	18	24	11	13	13	13	14	17	15		9	8	9	8	9	8	9	9	9	14	9	
35-40	10	11	9	15	9	10	11	13	11	10	11		8	7	9	8	8	11	9	13	10	10	9	
40-45	8	8	9	7	10	9	7	7	9	11	9		10	8	7	9	9	10	10	10	11	10	9	
45-50	6	7	7	6	7	10	7	6	9	10	8		6	6	6	7	7	6	8	10	8	11	8	
50-55	6	7	6	6	6	8	6	6	8	9	7		9	9	7	7	6	11	9	8	7	7	8	
55-60	5	7	6	5	6	6	6	6	7	8	6		5	5	7	9	9	7	7	7	6	5	7	

APÊNDICE 11. Distribuição do K trocável no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam 300 kg/ha de K, na forma de KCl, a lanço com incorporação, na presença e ausência de plantas de milheto (média de três repetições).

Profundidade	Com plantas						Sem plantas*		
	Distância da planta (cm)								
	25	20	15	10	5	0	Média		Média
(cm)	ppm								
00-05	77	73	76	86	86	80	98	69	84
05-10	83	70	58	65	65	68	72	76	84
10-15	77	64	54	63	64	64	80	80	80
15-20	78	69	49	54	60	62	76	86	81
20-25	65	61	43	38	45	50	43	46	45
25-30	45	41	31	20	22	32	22	17	20
30-35	31	30	25	19	19	25	12	9	11
35-40	17	16	12	14	10	14	8	7	8
40-45	13	12	9	9	11	11	9	8	9
45-50	12	11	9	8	8	10	8	7	8
50-55	12	10	9	7	7	9	7	6	7
55-60	14	11	9	8	7	10	6	5	6

* As duas amostragens foram realizadas a uma distância de 15 cm.

APÊNDICE 11a. Teores de K no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam 300 kg/ha de K, na forma de KCl, a lanço com incorporação, na presença e ausência de plantas de milheto (primeira repetição).

Profundidade	Com plantas						Sem plantas*		
	Distância da planta (cm)								
	25	20	15	10	5	0	Média		Média
(cm)	ppm								
00-05	39	33	26	35	42	35	44	55	50
05-10	39	27	26	26	34	30	70	51	61
10-15	53	51	46	50	57	51	112	68	90
15-20	115	103	78	117	125	108	116	68	92
20-25	100	72	63	109	109	91	94	76	85
25-30	42	31	36	62	56	45	83	51	67
30-35	36	28	42	52	47	41	54	29	42
35-40	13	11	13	21	22	16	35	13	24
40-45	12	8	8	11	13	10	16	10	13
45-50	9	7	7	7	8	8	10	9	10
50-55	6	7	6	6	7	6	6	7	7
55-60	5	6	6	6	6	6	5	8	7

* As duas amostragens foram realizadas a uma distância de 15 cm.

APÊNDICE 11b. Teores de K no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam 300 kg/ha de K, na forma de KCl, a lanço com incorporação, na presença e ausência de plantas de milheto (segunda repetição).

Profundidade	Com plantas						Sem plantas *		
	Distância da planta (cm)								
	25	20	15	10	5	0	Média		Média
(cm)	ppm								
00-05	53	63	95	120	130	92	60	146	103
05-10	68	59	59	124	49	72	48	128	88
10-15	65	63	55	79	34	59	47	110	79
15-20	45	44	47	45	30	42	36	50	43
20-25	49	42	47	33	27	40	18	25	22
25-30	43	39	39	22	19	32	11	14	13
30-35	23	27	21	11	17	20	9	8	9
35-40	19	18	15	10	12	15	8	7	8
40-45	18	17	14	8	17	15	7	6	7
45-50	17	20	14	6	12	14	5	6	6
50-55	19	19	14	6	11	14	5	6	6
55-60	25	21	13	6	12	15	5	5	5

* As duas amostragens foram realizadas a uma distância de 15 cm.

APÊNDICE 11c. Teores de K no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam 300 kg/ha de K, na forma de KCl, a lanço com incorporação, na presença e ausência de plantas de milheto (terceira repetição).

Profundidade	Com plantas						Sem plantas*		
	Distância da planta (cm)					Média			Média
	25	20	15	10	5	0			
(cm)	ppm								
00-05	90	79	106	120	136	106	47	42	45
05-10	108	108	90	124	142	114	45	47	46
10-15	106	86	61	79	108	88	28	49	39
15-20	35	21	23	45	63	37	9	26	18
20-25	7	5	17	33	36	20	6	19	13
25-30	5	5	17	22	35	17	7	11	9
30-35	5	6	11	11	22	11	9	11	10
35-40	4	5	9	10	10	8	7	9	8
40-45	5	5	6	8	8	6	6	8	7
45-50	4	5	7	6	7	6	6	9	8
50-55	4	4	7	6	7	6	6	9	8
55-60	4	3	8	6	5	5	5	7	6

* As duas amostragens foram realizadas a uma distância de 15 cm.

APÊNDICE 12. Potássio trocável no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam 300 kg/ha de K, na forma de K_2SO_4, a lanço (com incorporação), na presença e ausência de plantas de milheto (média de três repetições).

Profundidade	Com plantas						Sem plantas*		
	Distância da planta (cm)								
	25	20	15	10	5	0	Média			Média
(cm)	ppm									
00-05	54	67	73	88	120		80	98	69	84
05-10	72	69	64	61	67		67	72	76	74
10-15	70	46	40	43	50		50	80	80	80
15-20	70	26	39	36	49		44	76	86	81
20-25	44	26	16	32	30		29	43	46	45
25-30	16	16	14	17	24		18	22	17	20
30-35	11	11	15	21	24		17	19	9	11
35-40	9	10	12	15	17		12	8	7	8
40-45	8	9	11	12	15		11	9	8	9
45-50	9	10	8	9	11		9	8	7	7
50-55	7	8	7	7	6		7	7	6	7
55-60	7	8	7	8	6		7	6	5	6

* As duas amostragens em solo desnudo foram coletadas no perfil a uma distância de 15 cm.

APÊNDICE 12a. Teores de K no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam 300 kg/ha de K, na forma de K_2SO_4, a lanço com incorporação, na presença e ausência de plantas de milheto (primeira repetição).

Profundidade	Com plantas						Sem plantas*		
	Distância da planta (cm)								
	25	20	15	10	5	0	Média			Média
(cm)	ppm									
00-05	33	41	42	63	136		63	43	44	44
05-10	33	26	27	29	27		28	45	37	41
10-15	88	53	43	45	42		54	106	87	97
15-20	134	31	73	55	53		69	134	144	139
20-25	82	47	21	25	24		40	83	78	81
25-30	23	25	19	15	13		19	27	20	24
30-35	13	11	9	9	10		10	13	8	11
35-40	9	9	7	7	6		8	10	8	9
40-45	7	6	7	6	5		6	11	7	9
45-50	5	6	5	4	5		5	9	7	8
50-55	5	6	8	6	4		6	9	6	8
55-60	5	8	8	7	6		7	7	5	6

* As duas amostragens em solo desnudo foram coletados no perfil a uma distância de 15 cm.

APÊNDICE 12b. Teores de K no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam 300 kg/ha de K, na forma K_2SO_4 a lanço com incorporação, na presença e ausência de plantas de milheto (segunda repetição).

Profundidade	Com plantas						Sem plantas*		
	Distância da planta (cm)								
	25	20	15	10	5	0	Média			Média
(cm)	ppm									
00-05	63	95	85	120	124		97	94	82	88
05-10	150	130	106	94	114		119	84	84	84
10-15	97	53	45	47	63		61	91	87	89
15-20	50	27	18	33	65		39	67	79	73
20-25	37	19	17	60	41		35	39	35	37
25-30	16	15	16	28	37		22	24	25	25
30-35	10	13	24	39	44		26	17	11	14
35-40	10	14	18	24	27		19	10	9	9
40-45	11	15	15	12	18		14	12	11	12
45-50	15	19	13	10	10		13	9	11	10
50-55	8	13	7	8	8		9	7	9	8
55-60	12	12	7	8	5		9	8	8	8

* As duas amostragens em solo desnudo foram coletados no perfil a uma distância de 15 cm.

APÊNDICE 12c. Teores de K no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam 300 kg/ha de K, na forma de K_2SO_4, a lanço com incorporação, na presença e ausência de plantas de milheto (terceira repetição).

Profundidade	Com plantas							Sem plantas*		
	Distância da planta (cm)									
	25	20	15	10	5	0	Média			Média
(cm)	ppm									
00-05	100	81	91	65	66		81	156	82	119
05-10	61	61	58	51	32		53	86	108	97
10-15	44	38	31	32	25		34	43	65	54
15-20	28	19	27	21	26		24	26	34	30
20-25	24	10	9	12	12		13	8	26	17
25-30	21	9	8	9	10		11	16	7	12
30-35	18	15	11	10	11		13	7	7	7
35-40	17	13	10	6	8		11	5	4	5
40-45	21	18	12	6	6		13	5	5	5
45-50	18	12	7	5	6		10	5	3	4
50-55	7	8	6	5	7		7	4	4	4
55-60	8	8	5	5	5		6	3	3	3

* As duas amostragens em solo desnudo foram coletados no perfil a uma distância de 15 cm.

APÊNDICE 13. Teores de K no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam 300 kg/ha de K, na forma de $KalSiO_4$ (Kalsilita), a lanço com incorporação, na presença e ausência de plantas de milheto (média de três repetições).

Profundidade	Com plantas						Sem plantas *		
	Distância da planta (cm)								
	25	20	15	10	5	0	Média			Média
(cm)	ppm									
00-05	56	56	107	56	77		70	64	56	60
05-10	42	36	60	40	47		45	58	47	52
10-15	27	25	27	22	23		25	30	29	30
15-20	26	27	20	15	16		21	23	23	23
20-25	29	37	29	19	13		26	20	24	22
25-30	37	25	31	21	13		25	16	24	20
30-35	17	14	13	17	15		15	12	19	16
35-40	14	11	13	11	11		12	10	16	13
40-45	13	13	12	12	11		12	10	15	13
45-50	17	16	11	11	11		13	10	15	13
50-55	15	15	15	14	16		15	12	9	11
55-60	11	11	12	9	12		11	10	8	8

* As duas amostras foram coletadas no perfil a uma distância de 15 cm uma da outra.

APÊNDICE 13a. Distribuição do K trocável no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam 300 kg/ha de K, na forma de $KAlSiO_4$ (Kalsilita), a lanço com incorporação, na presença e ausência de plantas de milheto (primeira repetição).

Profundidade	Com plantas						Sem plantas*		
	Distância da planta (cm)								
	25	20	15	10	5	0	Média		Média
(cm)	ppm								
00-05	32	35	31	41	49	38	60	28	44
05-10	24	20	20	23	27	23	39	44	42
10-15	23	21	17	15	20	19	33	31	32
15-20	28	40	26	17	20	26	42	38	40
20-25	59	89	68	38	20	55	36	47	42
25-30	87	55	71	42	23	56	29	46	38
30-35	31	26	24	31	27	28	19	38	29
35-40	22	18	16	18	15	18	13	29	21
40-45	23	16	19	18	16	18	13	27	20
45-50	31	32	20	20	18	24	12	28	20
50-55	31	33	32	29	34	32	17	12	15
55-60	20	22	20	16	22	20	13	10	12

* As duas amostras foram coletadas no perfil a uma distância de 15 cm uma da outra.

APÊNDICE 13b. Teores de K trocável no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam 300 kg/ha de K, na forma $KAlSiO_4$ (Kalsilita), a lanço com incorporação, na presença e ausência de plantas de milheto (segunda repetição).

Profundidade	Com plantas							Sem plantas *		
	Distância da planta (cm)									
	25	20	15	10	5	0	Média			Média
(cm)	ppm									
00-05	48	56	61	51	81		59	68	81	75
05-10	37	38	36	44	63		44	65	37	51
10-15	24	24	25	25	34		26	24	28	26
15-20	14	16	16	22	28		19	15	20	18
20-25	10	10	11	16	18		13	13	16	15
25-30	9	9	8	10	12		10	11	14	13
30-35	10	11	9	8	11		9	10	14	12
35-40	12	10	17	10	11		12	11	13	12
40-45	11	13	12	17	9		12	11	13	12
45-50	8	8	8	9	15		10	9	10	10
50-55	7	8	7	8	7		7	8	8	8
55-60	7	7	6	7	7		7	7	7	7

* As duas amostras foram coletadas no perfil a uma distância de 15 cm uma da outra.

APÊNDICE 13c. Teores de K trocável no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que receberam 300 kg/ha de K, na forma de $KAlSiO_4$ (Kalsilita), a lanço com incorporação, na presença e ausência de plantas de milheto (terceira repetição).

Profundidade	Com plantas							Sem plantas*		
	Distância da planta (cm)									
	25	20	15	10	5	0	Média			Média
(cm)	ppm									
00-05	55	83	228	70	140		115	64	60	62
05-10	39	43	125	58	78		69	69	59	64
10-15	25	28	39	28	24		29	33	28	31
15-20	21	18	18	13	15		17	12	11	12
20-25	10	7	8	9	10		9	10	9	10
25-30	11	11	13	11	8		11	7	11	9
30-35	9	7	6	9	7		8	7	6	7
35-40	8	6	6	6	6		6	7	7	7
40-45	8	7	5	5	6		6	7	6	7
45-50	6	6	6	5	6		6	8	6	7
50-55	6	5	5	5	7		6	10	7	9
55-60	5	5	9	5	6		6	9	8	9

* As duas amostras foram coletadas no perfil a uma distância de 15 cm uma da outra.

APÊNDICE 14. Distribuição do K trocável no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que não receberam adubação potássica (testemunha), na presença e ausência de plantas de milheto (média de três repetições).

Profundidade	Com plantas						Sem plantas*		
	Distância da planta (cm)								
	25	20	15	10	5	0	Média		Média
(cm)	ppm								
00-05	26	19	18	17	22	20	31	36	34
05-10	16	15	13	13	14	14	14	20	17
10-15	16	13	13	13	12	13	13	14	14
15-20	15	11	11	11	15	13	13	13	13
20-25	12	10	10	10	9	10	12	12	12
25-30	10	8	10	9	9	9	12	10	11
30-35	9	9	7	8	8	8	11	9	10
35-40	10	10	10	7	8	9	9	7	8
40-45	10	9	11	7	8	9	8	6	7
45-50	9	9	8	8	6	8	7	6	6
50-55	8	8	8	7	7	8	7	6	7
55-60	10	7	7	8	6	8	6	6	6

* As duas amostragens foram realizadas a uma distância de 15 cm.

APÊNDICE 14a. Distribuição do K trocável no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que não receberam adubação potássica (testemunha), na presença e ausência de plantas de milheto (primeira repetição).

Profundidade	Com plantas						Sem plantas*		
	Distância da planta (cm)								
	25	20	15	10	5	0	Média			Média
(cm)	ppm									
00-05	44	18	25	22	17		25	41	33	37
05-10	21	21	17	15	15		18	15	12	14
10-15	23	15	16	14	15		17	13	10	12
15-20	21	16	14	15	17		17	11	13	12
20-25	18	16	15	14	12		15	11	11	11
25-30	18	10	18	16	12		15	9	8	9
30-35	14	15	13	14	9		13	8	8	8
35-40	17	21	23	11	10		16	7	6	7
40-45	16	20	24	13	9		16	7	6	7
45-50	16	16	17	16	8		15	7	7	7
50-55	15	16	16	12	11		14	7	8	8
55-60	16	13	14	12	10		13	7	7	7

* As duas amostragens foram realizadas a uma distância de 15 cm.

APÊNDICE 14b. Distribuição de K trocável no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que não receberam adubação potássica (testemunha), na presença e ausência de plantas de milheto (segunda repetição).

Profundidade	Com plantas						Sem plantas*		
	Distância da planta (cm)								
	25	20	15	10	5	0	Média			Média
(cm)	ppm									
00-05	15	12	11	12	20		14	33	51	42
05-10	13	13	12	11	10		12	15	34	25
10-15	12	15	11	16	11		13	14	21	18
15-20	13	11	11	11	19		13	18	16	17
20-25	10	9	10	10	10		10	17	17	17
25-30	6	8	7	7	9		7	19	15	17
30-35	6	5	5	6	9		6	17	14	16
35-40	4	4	4	5	7		5	12	11	12
40-45	4	4	4	5	9		5	10	7	9
45-50	4	5	4	3	5		4	8	6	7
50-55	3	5	4	4	6		4	8	7	8
55-60	11	3	4	7	5		6	6	7	7

* As duas amostragens foram realizadas a uma distância de 15 cm.

APÊNDICE 14c. Distribuição do K trocável no perfil do solo, amostrado no final do ensaio, nas parcelas que não receberam adubação potássica (testemunha), na presença e ausência de plantas de milheto (terceira repetição).

Profundidade	Com plantas						Sem plantas*		
	Distância da planta (cm)								
	25	20	15	10	5	0	Média		Média
(cm)	ppm								
00-05	18	28	17	18	28		22	20 23	22
05-10	15	12	10	12	17		13	13 14	14
10-15	13	8	11	8	11		10	13 12	13
15-20	11	6	9	8	8		8	11 10	11
20-25	7	6	5	7	6		6	8 9	9
25-30	6	5	5	5	6		5	9 6	8
30-35	7	6	4	4	6		5	7 5	6
35-40	8	5	4	4	6		5	7 5	6
40-45	9	4	5	4	5		5	7 6	7
45-50	6	5	4	5	5		5	6 4	5
50-55	5	4	4	4	4		4	6 4	5
55-60	4	4	4	4	4		4	4 3	4

* As duas amostragens foram realizadas a uma distância de 15 cm.