



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**TERMOPOTÁSSIO: FERTILIZANTE ALTERNATIVO PARA A
AGRICULTURA BRASILEIRA**

IVANIELE NAHAS DUARTE

IVANIELE NAHAS DUARTE

**TERMOPOTÁSSIO: FERTILIZANTE ALTERNATIVO PARA A
AGRICULTURA BRASILEIRA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Solos, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Gaspar Henrique Korndörfer

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2012

IVANIELE NAHAS DUARTE

**TERMOPOTÁSSIO: FERTILIZANTE ALTERNATIVO PARA A
AGRICULTURA BRASILEIRA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Solos, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 06 de Fevereiro de 2012.

Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira

UFU

Dr. Eduardo Scarpari Spolidorio

ESALQ

Dra. Lilian Aparecida de Oliveira

UFU/CNPq

Prof. Dr. Gaspar Henrique Korndörfer
ICIAG-UFU
(Orientador)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

D812t Duarte, Ivaniele Nahas, 1982-
2012 Termopotássio : fertilizante alternativo para a agricultura brasileira / Ivaniele Nahas Duarte. -- 2012.
84 f. : il.

Orientador: Gaspar Henrique Korndörfer.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
Inclui bibliografia.

1. Agronomia - Teses. 2. Fertilizantes potássicos - Teses.
3.
Plantas - Nutrição - Teses. I. Korndörfer, Gaspar Henrique,
1953- . II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de
Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU: 631

DEDICATÓRIA

A minha mãe,
Ivana Maria Nahas Duarte, a minha vó Lidia de Oliveira, ao meu padrinho
André Alan Nahas, aos meus irmãos, Ivamário e Ilana, ao meu namorado, Luciano
Ferreira, aos meus tios e tias e a todos aqueles que de uma forma ou de outra fazem
parte da minha vida.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me dado saúde e força para concluir mais uma etapa tão importante em minha vida, e a todas as pessoas que de alguma forma me ajudaram na realização deste trabalho, em especial:

Ao meu orientador, Gaspar Henrique Korndörfer, pela oportunidade de realizar este trabalho, pelos ensinamentos e pelo exemplo profissional.

Ao Dr Hamilton Seron Pereira e ao Dr. Eduardo Scarpari Spolidorio, membros da Banca Examinadora, pela valiosa colaboração na leitura e sugestões.

À Dra. Lilian Aparecida de Oliveira, membro da Banca Examinadora, pela atenção e ajuda, durante a confecção da dissertação, que foi fundamental para o aprimoramento deste trabalho.

Aos meus amigos, Robson, Heliomar, Douglas, Gustavo, Reinaldo, Adílio, Marco Aurélio e aos professores Lísias, Elias, Gilberto, e Carlos Machado pelo apoio moral e pela ajuda no decorrer desse trabalho.

Às minhas amigas Lílian, Lucélia, Adriane, Camilla, Carol Vasconcelos, Welldy e Letícia que sempre estiveram ao meu lado quando precisei delas.

À todos funcionários e estagiários do LAFER, Valéria, Giovana, Adriano, Valdjames, Artur, Murilo, Laerte, Filipe, Mariana, Aline e Karine pela colaboração na realização desta pesquisa e pela amizade proporcionada.

À todos funcionários e técnicos do LABAS, Andrea, Manuel, Eduardo, Marinho e Gilda, pela paciência e pelos conhecimentos transmitidos e a professora Regina.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudo e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, pelo apoio financeiro.

À empresa Verde Fertilizantes pela parceria.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, pelo conhecimento compartilhado, principalmente à professora de estatística, Denise Santana.

Ao pessoal da Secretaria da Pós-Graduação, Cida e Eduardo, pelo bom atendimento.

Muito obrigada!

EPÍGRAFE

“Para realizar grandes conquistas, devemos não apenas agir, mas também sonhar, não apenas planejar, mas também acreditar.”

Anatole France

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT.....	ii
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	01
2.1 Reservas e Produção de Potássio no Mundo e no Brasil.....	01
2.2 Potássio no solo.....	03
2.3 Extratores utilizados para determinar o potássio disponível para as plantas.....	04
2.4 Fontes de Potássio para Agricultura.....	04
2.5 Fontes minerais de potássio alternativas.....	06
2.5.1 Verdete.....	06
2.5.2 Termopotássio.....	06
2.5.3 Vantagens do termopotássio em relação ao KCl.....	07
2.5.3.1 Efeito residual no solo.....	07
2.5.3.2 Efeito alcalino no solo.....	07
2.5.3.3 Fonte de vários nutrientes.....	07
2.5.3.4 Ausência de cloro.....	08
2.5.3.5 Presença de baixo índice salino.....	08
2.6 Potássio na planta.....	08
2.7 A cultura do milho.....	09
2.8 Adubação potássica no milho.....	10
REFERÊNCIAS.....	12
CAPÍTULO 1 Reatividade de fontes alternativas de potássio em dois solos (Teste de Incubação)	
RESUMO.....	16

ABSTRACT.....	17
1 INTRODUÇÃO.....	18
2 MATERIAL E MÉTODOS	18
2.1 Solos utilizados para montar os experimentos.....	18
2.2 Caracterização química das fontes de potássio.....	19
2.3 Condução do experimento.....	20
2.4 Avaliações do experimento.....	21
2.5 Análise estatística.....	21
3 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	22
3.1 Teor de potássio no solo.....	22
3.2 Teor de cálcio e magnésio no solo.....	24
3.3 Teor de silício no solo.....	25
3.3 Valor corretivo das fontes de potássio.....	26
4 CONCLUSÕES.....	29
REFERÊNCIAS.....	30

CAPÍTULO 2 Lixiviação em dois tipos de solo do potássio proveniente de fertilizantes solúveis e insolúveis em água (Teste de Lixiviação)

RESUMO.....	32
ABSTRACT.....	33
1 INTRODUÇÃO.....	34
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
2.1 Caracterização química das fontes de potássio.....	34
2.2 Condução do experimento.....	35
2.3 Avaliações do experimento.....	37
2.4 Análise estatística.....	37
3 RESULTADO E DISCUSSÃO	38
3.1 Teor de potássio na solução do solo.....	38

3.2 Teor de potássio no solo.....	40
4 CONCLUSÕES	42
REFERÊNCIAS.....	43

CAPÍTULO 3 Eficiência agronômica de diferentes fontes de potássio na cultura do milho (Teste Biológico)

RESUMO.....	45
ABSTRACT.....	46
1 INTRODUÇÃO.....	47
2 MATERIAL E MÉTODOS	47
2.1 Caracterização química das fontes de potássio.....	48
2.2 Condução do experimento.....	48
2.3 Cultivos.....	48
2.4 Análise da parte aérea do milho.....	50
2.5 Análise de solo.....	50
2.6 Cálculo do Índice de eficiência agronômica (IEA).....	50
2.7 Percentual de potássio recuperado.....	51
2.8 Análise estatística.....	51
3 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	51
3.1 Latossolo Vermelho distrófico (LVd).....	51
3.1.1 Produção de matéria seca da parte aérea do milho(PA).....	51
3.1.2 Concentração de potássio na parte aérea do milho.....	53
3.1.3 Quantidade de potássio acumulada da parte aérea do milho.....	54
3.1.4 Teor de potássio extraído do solo após o cultivo do milho.....	56
3.1.5 Índice de eficiência agronômica (IEA).....	58
3.1.6 Percentual de potássio recuperado.....	58
3.1.7 Concentração e quantidade de cálcio acumulado na PA.....	59
3.1.8 Concentração e quantidade de magnésio acumulado na PA.....	61
3.1.9 Concentração e quantidade de silício acumulado na PA.....	64
3.2 Neossolo Quartzarênico ortico (RQo).....	66
3.2.1 Produção de matéria seca da parte aérea do milho(PA).....	66
3.2.2 Concentração de potássio na parte aérea do milho.....	68
3.2.3 Quantidade de potássio acumulada da parte aérea do milho.....	69
3.2.4 Teor de potássio extraído do solo após o cultivo do milho.....	71

3.2.5 Índice de eficiência agronômica (IEA).....	72
3.2.6 Percentual de potássio recuperado.....	73
3.2.7 Concentração e quantidade de cálcio acumulado na PA.....	73
3.2.8 Concentração e quantidade de magnésio acumulado na PA.....	76
3.2.9 Concentração e quantidade de silício acumulado na PA.....	78
3.3 Eficiência de extratores para análise do potássio disponível no solo.....	80
4 CONCLUSÕES.....	81
REFERÊNCIAS.....	82
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84

RESUMO

DUARTE, IVANIELE NAHAS. **Termopotássio: fertilizante alternativo para a agricultura brasileira**. 2012. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia¹.

Com o objetivo de avaliar o uso do termopotássio como fonte alternativa de potássio e outros nutrientes para as plantas, foram montados três ensaios: teste de incubação, de lixiviação e o biológico. Todos os testes foram conduzidos em casa de vegetação, utilizando amostras de dois tipos de solos, Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e o Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo). No primeiro ensaio, o objetivo foi avaliar a capacidade de liberação de cálcio, magnésio, silício e principalmente do potássio, assim como o poder de correção do pH do solo, do termopotássio e do verdete em relação ao KCl. Foram utilizadas três fontes de potássio (KCl, termopotássio e Verdete) e duas doses de potássio (200 e 400 kg ha⁻¹ K₂O). Após 60 dias, foram determinados: Si solúvel, pH em CaCl₂, cálcio, magnésio e potássio. Observou-se que o termopotássio pode atuar como fonte de vários nutrientes e também pode atuar como corretivo de solo, já o verdete não. O segundo ensaio teve como objetivo avaliar as perdas por lixiviação do potássio proveniente do cloreto de potássio granulado e do termopotássio farelado fino e granulado aplicados em amostras de LVd e RQo. Os tratamentos foram, distribuídos em colunas de lixiviação, com 20 cm de diâmetro e 80 cm de altura. Ao final do experimento foram determinados os teores de potássio presentes no lixiviado e em cada anel da coluna. Nos dois tipos de solos, o termopotássio farelado disponibilizou mais potássio na camada superficial (0 a 20 cm) enquanto que o KCl disponibilizou mais potássio nas camadas da subsuperfície, demonstrando maior mobilidade no perfil. A mobilidade do termopotássio farelado e granulado foram semelhantes. No teste biológico, instalado em vasos, foram realizados dois cultivos consecutivos, e teve como objetivo avaliar o termopotássio e o verdete como fontes de potássio e outros nutrientes para a cultura do milho e comparar os extratores Mehlich1 e Resina na determinação do potássio trocável. Nesse teste foram utilizados os mesmos tratamentos do teste de incubação. As variáveis analisadas ao final do experimento foram: potássio extraído do solo após cada cultivo, matéria seca da parte aérea do milho, concentração de potássio, de cálcio, de magnésio e de silício, além do acúmulo desses nutrientes no tecido foliar. Concluiu-se com os dois cultivos consecutivos, que o índice de eficiência agrônômica do termopotássio foi superior ao KCl nas amostras de um LVd e inferior nas amostras de um RQo. Em ambas as amostras de solo, o Verdete apresentou índice de eficiência agrônômica inferior ao KCl e ao termopotássio. Tanto nas amostras de um LVd quanto nas amostras de um RQo o termopotássio liberou parte do potássio, cálcio, magnésio e silício no primeiro cultivo e mostrou efeito residual no segundo cultivo. Além disso, em solos adubados com o termopotássio o método que melhor determina o potássio trocável é a resina trocadora de íons. Com os três experimentos, pode concluir que o termopotássio pode ser utilizado como fonte de potássio, cálcio, magnésio e silício para o milho e pode corrigir o pH do solo.

Palavras-chaves: termopotássio, verdete, disponibilidade, nutrientes, lisímetros, *Pennisetum glaucum* L.

¹Comitê Orientador: Gaspar Henrique Korndörfer - UFU (Orientador)

ABSTRACT

DUARTE, IVANIELE NAHAS. **Thermopotash: alternative source for Brazilian agriculture** 2012. 84 f. Dissertation (Master degree in Agriculture/Soils) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia¹.

In order to evaluate the use of the thermopotash as a source of potassium and other nutrients for plants, three studies were conducted: one incubation study, one leaching study and a biological study. In all studies the soils used were Ustoxic Quartzipsamment (RQo) and Oxysol Red (LVd). The first study, evaluated the release of silicon, calcium, magnesium and, mainly, potassium to the soil, as well as the corrective action, by thermopotash, Verdete and KCl. Three potassium sources (KCl, thermopotash, Verdete) and two doses of potassium (200 and 400 kg ha⁻¹) were used in this study. The experiment lasted 60 days, and at its end, soluble Si, pH CaCl₂, Ca²⁺ and Mg²⁺, and K⁺ were determined. It was observed that the thermopotash is a source of several nutrients and can also act as a soil corrective, unlike of Verdete. The second test evaluated leaching losses of potassium from KCl, granulated thermopotash, powder thermopotash, in samples of LVd and RQo. The three sources of potassium were distributed in 20-cm diameter and 80-cm high leaching columns. Potassium content was determined at the end of the experiment in each column ring. In both soil types, powder thermopotash supplied more potassium, in the top soil layer (0 - 20cm), while KCl supplied more potassium to lower layers. Therefore, potassium from the KCl is more prone to leaching than that from thermopotash. Soil mobility of granulated and powder thermopotash was similar. In the biological study, done in pots, millet was grown two consecutive times to determine the absorption of potassium and other nutrients, present in thermopotash and Verdete and compare it to Mehlich-1 and resin extraction to compare the results with potassium available to plants. In this test, the same treatments of the incubation study were used. At the end of experiment, dry matter, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Si contents in above ground millet matter, and accumulated in millet above ground matter, and potassium in soil were analyzed. For two consecutive crops, the agronomic efficiency of thermopotash was greater than KCl in samples of LVd and lower in samples of RQo. In both soil samples, millet absorbed potassium, calcium, magnesium and silicon supplied by thermopotash in the first and the second crops. The agronomic efficiency of verdete, was lower than that of KCl and thermopotash, both in LVd and RQo. Moreover, in soils fertilized with thermopotash, the best method used to determine available potassium for plants was ion exchange resin. In conclusion, thermopotash can be used as potassium, calcium, magnesium and silicon sources in millet, and can correct the pH of soils.

Key words: Thermopotash, Verdete, Availability, Nutrients, lysimeters, *Pennisetum glaucum* L.

¹Supervisor: Gaspar Henrique Korndörfer - UFU (Advisor)

1 INTRODUÇÃO

Os solos do território brasileiro, na sua maioria, são ácidos e pobres em nutrientes como o potássio que é um dos três nutrientes mais importantes e essenciais para o desenvolvimento das plantas. Então, a agricultura brasileira se caracteriza com a 3º maior consumidora mundial de fertilizantes potássicos (IBRAM, 2010).

Dentre os fertilizantes potássicos existentes, o mais produzido e o mais consumido pela agricultura mundial é o cloreto de potássio. Esse fertilizante é produzido com minerais potássicos extraídos de jazidas que são encontradas apenas em 12 países, sendo que o maior produtor é o Canadá onde se encontra as maiores reservas do mundo. No Brasil, essas reservas são pequenas, por isso, a produção brasileira de fertilizantes potássicos supre apenas 9 % da demanda interna, sendo necessária a importação de 91 % do fertilizante potássico consumido no país (IBRAM, 2010). Portanto, para diminuir a dependência brasileira por potássio, o país busca fontes alternativas de potássio para uso na agricultura brasileira, que podem ser extraídas e produzidas, em abundância, no território brasileiro.

Em Minas Gerais, por exemplo, existem reservas de rochas silicatadas, como o verdete, encontrado na região do Alto Paranaíba. Essa rocha apresenta na sua composição química minerais potássicos de baixa solubilidade em água e que contém de 7 a 14 % K_2O . Além do potássio, essa rocha apresenta outros nutrientes como o cálcio, o magnésio e o silício (PIZA et al., 2009). Para aumentar a solubilidade dos minerais contido no verdete, o mesmo passa por um processo industrial, originando assim a fonte denominada termopotássio.

Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar o uso do termopotássio e do verdete como fonte de potássio e outros nutrientes para as plantas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Reservas e Produção de Potássio no Mundo e no Brasil

A maioria dos minerais apresenta, significativamente, potássio na sua rede cristalina, porém apenas os minerais constituídos por cloretos ou sulfatos são considerados de interesse econômico, devido ao seu conteúdo de potássio e à sua fácil solubilização. São exemplos desses minerais a silvita (KCl), silvinita (KCl + NaCl) e a

carnalita ($\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), além dos sulfatos que são menos explorados como a langbeinita ($\text{KMg}_2(\text{SO}_4)_3$), polihalita ($\text{K}_2\text{MgCa}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e kainita ($4\text{KCl} \cdot 4\text{MgSO}_4 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$) (NASCIMENTO et al., 2008).

No mundo apenas 12 países contêm jazidas com minerais potássicos de interesse econômico, sendo que 52 % das reservas mundiais ocorrem no Canadá e apenas 3,6 % ocorrem no Brasil que, portanto, ocupa a 5ª posição das reservas mundiais de potássio (IBRAM, 2010). A descoberta do depósito de sais de potássio mais importante do mundo foi durante a 2ª Guerra Mundial, em Saskatchewan, no Canadá, sendo que várias minas entraram em operação em 1960 (NASCIMENTO et al, 2008).

A demanda mundial por potássio é suprida principalmente pelo Canadá, juntamente com a Rússia, a Bielorrússia e a Alemanha já que esses quatro países detêm 74 % da produção mundial de potássio (KULAIF, 2009). Em 2010, 25 milhões de toneladas de potássio foram produzidas. O líder foi o Canadá com uma produção 7 milhões de toneladas, já o Brasil produziu apenas 650 mil toneladas sendo o décimo maior produtor (IBRAM, 2010).

No hemisfério sul, os depósitos de potássio são bastante escassos. No Brasil, as reservas existentes são de carnalita e silvinita que é uma mistura de silvita (KCl) e halita (NaCl). Os principais depósitos explorados encontram-se nas sub-bacias evaporíticas de Taquari-Vassouras e Santa Rosa de Lima, no estado de Sergipe e totalizam cerca de 490 milhões de toneladas de silvinita e 12,9 bilhões de toneladas de carnalita, com teores médios de 9,7 e 8,3 % de K_2O , respectivamente (OLIVEIRA, 2010).

A exploração das reservas de Sergipe teve início em 1979 devido à implantação da mina de Taquari-Vassouras pela Petrobras Mineração S/A – PETROMISA e em 1985 iniciou-se a produção brasileira de potássio. A partir de 1993, a produção cresceu e em 2008 essa mina chegou a produzir 607 mil toneladas de cloreto de potássio (KCl) (KULAIF, 2009). Em 1955 foram descobertos os depósitos de potássio (silvinita) da Amazônia, na região de Nova Olinda do Norte a 135 Km de Manaus e depois em Itacoatiara, a 176 Km de Manaus (NASCIMENTO et al., 2008).

A produção de potássio no Brasil, iniciada em 1985, é pequena e se concentra em uma só mina que é o Complexo Mina/Usina Taquari/Vassouras, no Estado de Sergipe, operado pela Companhia Vale do Rio Doce/VALE. As demais jazidas, no Estado de Sergipe e no Estado do Amazonas, ainda não entraram em produção. Assim, o Brasil produz apenas 9 % do fertilizante potássico consumido no país (IBRAM, 2010).

2.2 Potássio no solo

A capacidade dos solos em suprir potássio para as plantas, variam em função das formas em que este nutriente se encontra, da quantidade e do grau de disponibilidade de cada forma (MIELNICZUK, 1982). A maioria dos solos contém concentrações significativas de potássio, mas somente uma pequena quantidade (2%) está na forma de potássio trocável (NASCIMENTO et al., 2008).

O Potássio trocável refere-se ao elemento prontamente disponível para as plantas, pois está fracamente ligado às cargas negativas nas superfícies orgânicas e inorgânicas do solo (YAMADA; ROBERTS, 2005).

A outra forma como o potássio pode ser encontrado no solo é como potássio não trocável que é aquele retido na estrutura de minerais primários e/ou secundários denominado potássio estrutural, tais como os feldspatos potássicos e as micas, bem como o potássio fixado que é aquele que se encontra neutralizando as cargas negativas no interior das entrecamadas dos argilo-minerais expansivos como a vermiculita e a esmectita (minerais do tipo 2:1). O Potássio também pode estar na solução do solo, ou seja, dissolvido na água do solo e disponível para as plantas. A somatória dessas formas é representada pelo potássio total do solo (NOVAIS et al., 2007).

Estas formas estão em equilíbrio entre si, através da solução do solo, afetando, assim, a disponibilidade de potássio para as plantas. Quando este nutriente é retirado da solução do solo, conseqüentemente, uma fração dele, que estava ligada à fase sólida do solo, é liberada para manter o equilíbrio. Todas as formas de potássio podem ser liberadas para a solução do solo, porém a liberação do potássio trocável é rápida, enquanto que a do potássio não trocável é lenta (YAMADA; ROBERTS, 2005).

O potássio, quando presente na solução do solo, movimenta-se verticalmente, principalmente por fluxo de massa (SANZONOWICZ; MIELNICZUK, 1985). Porém, quando o potássio percola para abaixo da camada do solo ocupada pelas raízes, ocorre perdas desse nutriente por lixiviação. A quantidade dessa perda depende da fonte de potássio utilizada, do volume de água percolada e da concentração do potássio na solução do solo (NOVAIS et al., 2007).

A aplicação de sais de potássio de alta solubilidade, como o cloreto de potássio, facilita a lixiviação desse nutriente, especialmente, em solos arenosos e de baixa CTC (capacidade de troca de cátions) (KINPARA, 2003).

2.3 Extratores utilizados para determinar o potássio extraído do solo

A análise de solo é praticada em quase todas as regiões do mundo com graus de sucesso que dependem da quantidade e qualidade de pesquisa. Em meados da década de 60, a maioria dos laboratórios adotava praticamente os mesmos métodos de análise. O fósforo e o potássio eram extraídos com a solução conhecida por Mehlich1, que contém $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ de HCl e $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$, H_2SO_4 sendo determinados respectivamente por colorimetria e fotometria de chama. Em 1983, foi introduzida a extração de fósforo, de potássio, de cálcio e de magnésio do solo com a resina de troca iônica (RAIJ et al., 2001).

O potássio trocável comumente tem sido extraído com Mehlich1 ou resina. O Mehlich1 é uma solução de ácidos que tem a capacidade de extrair o potássio não trocável, superestimando a disponibilidade do nutriente no solo. Esse efeito é reduzido com o método da resina, pois, o bicarbonato adsorvido na resina, por gradiente de concentração, vai para a solução do solo, e o nutriente ocupa o sítio de adsorção na resina para manter o equilíbrio químico. Portanto, a resina trocadora de íons permite obter um diagnóstico melhor da disponibilidade instantânea do potássio no solo se comparado com o extrator Mehlich1 (YAMADA; ROBERTS, 2005).

Segundo Raij et al. (2001) em solos tratados com fosfatos naturais o extrator Mehlich1 indica teores de fósforo mais alto do que a realidade, assim, a recomendação desse nutriente mediante os resultados utilizando esse extrator, ocasionará aplicações insuficientes de fósforo e conseqüentemente trará prejuízos para os agricultores.

Na maioria dos países, o potássio trocável é o índice mais usado para avaliar a disponibilidade do nutriente para as plantas, já que as plantas absorvem o K^+ da solução do solo, em equilíbrio com o potássio trocável. Porém, em certas situações, há interesse de determinar as formas não trocáveis de potássio que, eventualmente, poderiam tornar-se disponíveis para o solo, como é o caso do potássio presente em alguns minerais potássicos (RAIJ, 2011).

2.4 Fontes de potássio para Agricultura

A complementação do potássio em solos deficientes produz uma melhora no rendimento das colheitas e torna o vegetal mais resistente a pragas e doenças. O potássio é usado como fertilizantes desde o século III a.C., na forma de cinzas ou

resíduos vegetais. Na América do Norte, os índios já utilizavam cinzas de árvores, quando chegaram os primeiros colonizadores europeus (NASCIMENTO; LAPIDO-LOUREIRO, 2004).

Atualmente, as principais fontes potássicas minerais utilizadas na agricultura são o cloreto de potássio (KCl), o sulfato de potássio (K_2SO_4), o sulfato duplo de potássio e magnésio ($K_2SO_4.MgSO_4$) e o nitrato de potássio. Dos fertilizantes potássicos produzidos no mundo, 90% são na forma de cloreto de potássio (KCl) que é o fertilizante mais utilizado na agricultura (IBRAM, 2010), por causa da alta concentração de K_2O , 58 a 62 % de K_2O , e devido ao menor custo por unidade de potássio (YAMADA; ROBERTS, 2005), no entanto, 91 % desse fertilizante, é importado (IBRAM, 2010). Outra desvantagem é que ele apresenta alto índice salino, logo o risco de causar dano às plantas ou à semente, é maior em períodos de seca ou com aplicação localizada. O índice salino é uma medida da tendência do adubo em aumentar a pressão osmótica da solução do solo comparada à de igual peso de nitrato de sódio, cujo valor é igual a 100 e o do cloreto de potássio é de 116,3 (KORNDORFER, 2006).

Além disso, o cloreto de potássio, por ser fonte de cloro, deve ser evitado no cultivo de algumas culturas, sensíveis ao excesso desse elemento, pois pode ocasionar clorose e necrose das folhas, além de queda na produção (SILVA et al., 2001). No abacaxi (*Ananas comosus*), 15 g K_2O planta⁻¹ provenientes do cloreto de potássio diminuiu o tamanho do fruto, o teor de açúcar e de amido e aumentou a acidez do fruto pelo fato do cloro impedir a absorção de potássio pela planta. Já o fumo (*Nicotiana tabacum*) pode perder suas propriedades de queima e incandescência assim, folhas com mais de 1 % de cloro são rejeitadas para fabricação de charutos. Nutrientes que levam cloreto em sua composição afetam a vida no solo, já que o mesmo é um poderoso bactericida, assim, a utilização do cloreto de potássio foi proibida na agricultura orgânica, pois o mesmo contém 45 % de cloro na sua composição (SANTOS et al., 2006).

Outros fertilizantes potássicos, utilizados na agricultura, são os sulfatos e os nitratos. O Sulfato de potássio é composto de 50 a 52 % de K_2O e cerca de 18 % de enxofre, os quais são solúveis em água. O sulfato duplo de potássio e magnésio é composto de 22 % de K_2O , 11 % de magnésio, cerca de 22 a 23 % enxofre, solúveis em água. O nitrato de potássio apresenta 44 % de K_2O e 13 % de nitrogênio e é ideal para ser usado em sistemas de fertirrigação. As fontes de potássio, como o nitrato e o sulfato, além de potássio, contêm outros nutrientes como o enxofre, magnésio ou o nitrogênio e

apresentam menores índices salinos, assim, o efeito deletério é menor nas culturas, porém, mesmo assim, são pouco usados por serem mais caros que o cloreto de potássio (YAMADA; ROBERTS, 2005).

2.5 Fontes minerais de potássio alternativas para agricultura

Na crosta terrestre, a presença de silicatos potássicos, ricos em potássio, como o feldspato potássico, a muscovita e a leucita, é abundante. Porém, esses minerais não constituem importantes fontes de potássio para a agricultura, pois não são solúveis em água e suas estruturas não são rompidas com facilidade (YAMADA; ROBERTS, 2005). No território brasileiro, são encontrados esses minerais silicáticos que podem conter até 17 % de K_2O . Eles são fontes potenciais de potássio para agricultura brasileira, através da produção de sais de potássio podendo utilizar a rocha “in natura” (LAPIDO-LOUREIRO et al., 2008) ou o produto oriundo de um tratamento industrial, denominados termofertilizantes.

2.5.1 Verdete

O Verdete é encontrado predominantemente na região do Alto-Paranaíba (Estado de Minas Gerais), nas imediações dos municípios de Abaeté, Carmo do Paranaíba, Cedro do Abaeté, Dolores do Indaiá, Estrela do Indaiá, Matutina, Papagaios, Rio Paranaíba, São Gotardo, Serra da Saudade e Tiros. O Verdete é uma rocha de coloração verde cuja mineralogia é composta por 13 % quartzo, 29 % feldspato potássico, 57 % mica (representada por 9 % de muscovita e 49 % de biotita) e menos que 1 % de outros minerais (KAHN et al., 2011). A porcentagem de K_2O dessa rocha varia entre 7 e 14 % (PIZA et al., 2009).

2.5.2 Termopotássio

Termofertilizantes são produtos derivados de processos industriais de rochas que apresentam minerais de baixa solubilidade. Nas décadas de 80 e 90, foram feitos alguns estudos no Brasil sobre processos que poderiam ser usados para produzir esses fertilizantes. Os processos subdividem-se em térmicos, que se baseiam na fusão dos minerais, iniciados por Valarelli no fim da década de 70; químicos, nos quais o

beneficiamento é feito a partir do ataque ácido (SANTOS, 1984); e os hidrotermais, com a simulação da alteração natural das rochas por fluidos salinos a altas temperaturas, promovendo enriquecimento de potássio (VILELA; SOUSA, 1986). Os termofertilizantes, como termofosfato magnésiano fundido, são empregados com grande sucesso agrônômico no Brasil desde 1968 (FIGUEIRA, 1994).

O termopotássio é um material oriundo da calcinação do verdete, rocha “in natura”, sendo uma fonte mais solúvel que a sua matéria prima. A calcinação é a adição de CaCO_3 ao silicato e posterior aquecimento feito para acarretar a desagregação dos minerais do silicato e liberação do potássio presente nele (FRAYHA, 1950; HOROWITZ et al., 1978).

2.5.3 Vantagens do Termopotássio em relação ao Cloreto de Potássio

2.5.3.1 Efeito residual no solo

A característica do termopotássio em liberar gradativamente o potássio para o solo gera maior efeito residual desse nutriente no solo. Dessa forma o potássio fica menos sujeito às perdas por lixiviação ou escoamento superficial, como é o caso das formas solúveis (cloreto de potássio). Segundo Sanzonowicz e Mielniczuk (1985), as perdas de potássio por lixiviação podem ser reduzidas com emprego de fontes menos solúveis ou portadoras de ânions pouco móveis no solo.

2.5.3.2 Efeito alcalino

A adição de calcário durante processo de produção do termopotássio faz com que essa fonte, ao ser aplicada no solo, seja capaz de neutralizar a acidez dos solos, em particular a mistura do verdete de Abaeté com o fosfato de Araxá em partes iguais com adição de 30 e 40 % de calcário magnésiano e submetida ao tratamento térmico de fusão, apresentou poder corretivo do solo (LEITE, 1985).

2.5.3.3 Fonte de vários nutrientes

Além do potássio, outros nutrientes estão presentes no termopotássio, dentre eles cálcio, magnésio e silício. A presença de quantidades consideráveis de cálcio e de

magnésio no termopotássio advém da combinação de verdete com calcário no processo de obtenção do mesmo. Devido ao fato do verdete ser uma rocha silicatada, ela contém na sua composição química o silício. Este nutriente proporciona melhoria no estado nutricional das plantas, sendo observada uma redução na toxidez de ferro, manganês, alumínio e sódio, e na redução na taxa de transpiração, além do controle de doenças na planta (LIMA FILHO et al., 1999). Em solos pobres nesses elementos, a utilização do termopotássio torna-se mais interessante do que o cloreto de potássio.

2.5.3.4 Ausência de cloro

Ao contrário do cloreto de potássio, o termopotássio não apresenta o elemento cloro na sua composição química. O cloreto apresenta uma mobilidade no solo muito maior que o potássio (SANTOS et al., 2006). Lavouras adubadas com altas doses de potássio, na forma de KCl, levam a forte acúmulo de cloro nas folhas das plantas, afetando processos fisiológicos importantes (ECHER et al., 2009). Bernstein e Francois (1975), cultivando pimentão em solução nutritiva por 12 semanas, submetido a altos níveis de sais com cloreto, observaram queima nas folhas devido aos altos níveis de sais cloreto em solução.

2.5.3.5 Presença de baixo índice salino

O uso de altas doses de potássio com fertilizante que apresenta alto índice salino como é o caso do KCl, ocasiona o aumento da salinidade no sulco de semeadura ou na região da rizosfera, dificultando a absorção de água e nutrientes pelas plantas (ECHER et al., 2009). A utilização de fertilizantes oriundos do tratamento térmico de rochas potássicas, pode reduzir problemas devido ao efeito salino, que pode prejudicar a germinação e o bom desenvolvimento de algumas culturas (NEPTUNE et al., 1980).

2.6 Potássio na planta

O potássio é absorvido pelas plantas na solução do solo na forma iônica K^+ e no interior delas possui muitas funções, dentre elas é responsável pela ativação de cerca de 60 sistemas enzimáticos (MALAVOLTA et al., 1997). Além disso, proporciona a alongação celular, a resistência estomática e influencia na taxa fotossintética. Esse

elemento também propicia síntese de carboidratos, proteínas, lipídios, maior resistência a pragas, doenças e ao acamamento e melhora a qualidade do produto colhido (CALMAK, 2005).

No tecido foliar, o potássio tem alta redistribuição, portanto, os sintomas de carência surgem nas folhas mais velhas (MALAVOLTA et al., 1997). No estágio inicial da deficiência, aparecem manchas cloróticas nos espaços entre as nervuras e espalhadas irregularmente por toda a superfície foliar. Com a evolução dos sintomas, as manchas se unem formando faixas cloróticas ou avermelhadas nas margens das folhas velhas, com posterior necrose dos tecidos (DELL et al., 1995; SILVEIRA et al., 1999).

2.7 A cultura do milheto

O milheto (*Pennisetum glaucum* L.) é uma gramínea anual de verão originária da África que foi introduzida no Brasil em 1970 (NETO, 1988). É uma planta de dia curto e quando plantada na safrinha (outono-inverno) floresce precocemente, aproximadamente aos 50 dias. Em comparação com milho e o sorgo, requer mais calor para germinar e desenvolver, exigindo temperaturas médias noturnas de 15 a 28°C (SANTOS et al., 2009).

Outra característica do milheto é sua boa adaptação aos solos ácidos e de baixa fertilidade, tolerância à seca e possui alta relação C/N, garantindo uma decomposição mais lenta do seu resíduo. Apresenta características favoráveis à reciclagem de nutrientes, com raízes vigorosas e abundantes, permitindo a recuperação de nutrientes que se encontram até a profundidade de 2 m (NETO, 1988). Resultados experimentais e práticos caracterizam o milheto como uma verdadeira “bomba” recicladora de nutrientes, por apresentar elevada capacidade de extrair nutrientes do solo, quando comparado a várias outras culturas agrícolas (PEREIRA FILHO et al., 2005).

Essa cultura é importante para suplementar o gado no período seco, podendo ser usada para pastoreio, feno, produção de grão para ração ou silagem (BRAZ et al., 2004). Além disso, o milheto tem enorme potencial de cobertura do solo, o que o torna uma boa opção para produção de palhada no sistema de plantio direto, ocasionando, assim, aumento da área plantada, sobretudo, nas regiões de Cerrado (PEREIRA FILHO et al., 2003).

A produção de matéria seca do milheto depende da época de plantio do seu estágio fenológico. Nas diversas regiões produtoras de grãos, o milheto é cultivado na

safrinha e na primavera (pré-safra) (SALTON, 2000). Na primeira época, geralmente, é semeado até 20 de março, após a colheita da soja ou milho. Na primavera, o milho é semeado no final de setembro ou início de outubro, geralmente antecedendo à cultura da soja, quando as chuvas ocorrem mais cedo. Dentre os estádios fenológicos do milho existem o pré-emborrachamento, o pré-florescimento, início do florescimento e florescimento pleno, que aproximadamente, é obtido respectivamente, aos 36, 45, 52 e 59 dias após a semeadura, a produção de fitomassa é superior no pleno florescimento (PIRES et al., 2007).

2.8 Adubação potássica no milho

A área plantada com milho tem aumentado, sobretudo, no Cerrado devido, à sua utilização como planta de cobertura do solo no sistema de plantio direto (SANTOS et al., 2009). Nessa região, a adubação potássica é muito importante devido os solos serem bastante intemperizados e a reserva de potássio não ser suficiente para suprir a quantidade extraída pelas culturas, por longos períodos de tempo (TANAKA et al., 1993).

Para o desenvolvimento adequado do milho, o potássio e o nitrogênio são os nutrientes mais exigidos, seguindo-se o cálcio, o magnésio, o fósforo e o enxofre, uma vez que a quantidade desses nutrientes, extraída pelo milho, depende da idade da planta, do potencial de produtividade e da finalidade de uso (SANTOS et al., 2009).

Braz et al. (2004) avaliaram a acumulação dos nutrientes nas folhas de três gramíneas, em função dos dias após a emergência, em um Latossolo Vermelho distrófico e usaram 400 kg ha⁻¹ da fórmula 5 - 30 - 15 (60 kg ha⁻¹ K₂O). Dentre as gramíneas avaliadas, o milho cultivar BN-2 foi semeado em dezembro, foi a que mais acumulou nutrientes na sua parte aérea em menor período de tempo, em 34 dias, após a semeadura, acumulou 174,98 kg ha⁻¹ de potássio.

Cazetta et al. (2005) estudaram a utilização de algumas espécies vegetais como cobertura vegetal que foram semeadas em setembro e colhidas após 60 dias de emergência verificaram que o milho possibilitou a maior produção de matéria seca (10673 kg ha⁻¹), e teores de nutrientes na matéria seca da parte aérea foram: 26,5 g kg⁻¹ de nitrogênio; 14,2 g kg⁻¹ de potássio; 3,0 g kg⁻¹ de fósforo; 5,9 g kg⁻¹ de cálcio; 3,5 g kg⁻¹ de magnésio; 1,6 g kg⁻¹ enxofre e 31,4 mg kg⁻¹ de zinco.

Segundo Santos et al. (2009) a extração de potássio na matéria seca do milho cultivar ADR 500, semeada na safrinha e colhida com 51 dias após a semeadura (DAS) e com 50 % das plantas em florescimento, foi de 417 kg ha⁻¹ de potássio e uma produção de matéria seca de 10,8 t ha⁻¹. Porém, essa mesma cultivar de milho cultivada na primavera (setembro a dezembro) e colhida após 50 DAS, ou seja, no início do florescimento produziu 15,4 t ha⁻¹ de matéria seca e extraiu 180 kg ha⁻¹ de potássio. Para Amberger (2006), plantas bem supridas com potássio são aquelas que apresentam mais de 1 % de potássio na sua matéria seca.

REFERÊNCIAS

- AMBERGER, A. **Soil Fertility and Plant Nutrition in the Tropics and Subtropics**, IFA and IPI, Paris France Horgen, Switzerland, 2006,96p.
- BERNSTEIN, L.; FRANCOIS, E. Effects of frequency of sprinkling with saline waters compared with daily driirrigation. **Agron. J.**, Madison, v.67, p. 185-190, 1975.
- BRAZ, A.J.B.P.; et al. Acumulação de nutrientes em folhas de milho e dos capins braquiária e mombaça. **Pesq. Agr. Tropical**, Goiânia, v.34 , n. 2, p. 83-87, 2004.
- CALMAK, I. Protection of plants from detrimental effects of environmental stress factors. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA. **Anais ...** Piracicaba, Associação brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato, 2005. cap. 10, p. 261-279.
- CAZETTA, D. A.; FORNASIERI FILHO, D.; GIROTTO, F. Composição, produção de matéria seca e cobertura do solo em cultivo exclusivo e consorciado de milho e crotalária. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, p. 575-580, 2005.
- DELL, B.; MALAJACZUK, N.; GROVE, T.S. **Nutrient disorders in plantation eucalypts**. Camberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1995. 104p.
- ECHER, F. R.; et al. Fontes de potássio na adubação de cobertura do algodoeiro. I: atributos biométricos e componentes de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7., 2009, Foz do Iguaçu. Sustentabilidade da cotonicultura Brasileira e Expansão dos Mercados: **Anais...**Campina grande: Embrapa Algodão, 2009. p. 1938-1943.
- FIGUEIRA, J. L. G.. **Eficiência agrônômica do termofosfato potássico fundido: estudo experimental em casa de vegetação, campo e colunas de lixiviação**. 1994. 80f. Dissertação (Mestrado em mineralogia e petrologia) – Universidade de São Paulo, Instituto de geociências, São Paulo, 1994.
- FRAYHA,R. **Rochas potássica**: mineração e metalurgia, Rio de Janeiro, v.15, n.87, p.85-96, 1950.
- HOROWITZ, A.; PINTO, F.G.; DUARTE,P.J; CANNEIRO,M.OM. Produção de adubos de solubilidade controlada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.2 n.2, p.144-157, 1978.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Informações e Análises da Economia Mineral Brasileira**, 5. ed., 2010. Disponível: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00001150.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2011.
- KAHN, H; TASSINARI, M.N; ANTONIASSI, J. L. **Estudo de caracterização mineralógica em amostra de verdete**, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, Laboratório de Caracterização

Tecnológica.. 11 de maio de 2011 (Relatório interno –Verde Fertilizantes Ltda, maio de 2011).

KINPARA, D. I. **A importância estratégica do potássio para o Brasil**. Planaltina – DF: Embrapa Cerrados. 2003, 27 p. (Documentos 100).

KORNDÖRFER, G. H. **Apostila Potássio**, 2006. Disponível em :
<<http://www.dpv24.iciag.ufu.br/new/dpv24/Apostilas/Transp.%20POTASSIO%20-%20Apostila%2006.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2011.

KULAIF, Y. Perfil do potássio. Produto 29 Agrominerais. **Ministério de Minas e Energia – MME**, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral-SGM. Relatório Técnico 52,40p., 2009.

LAPIDO-LOUREIRO, F. E.; MONTE, M. B. de M.; NASCIMENTO, M. .Capítulo 7 – agrominerais. In: LUZ, Adão B. & LINS, Fernando A. F. (Eds.). **Rochas e minerais industriais**. 2. ed. Centro de Tecnologia Mineral - CETEM. Rio de Janeiro, 2008.

LEITE, P. da C. **Efeito de tratamentos térmicos em misturas de verdete de Abaeté, fosfato de Araxá e calcário magnesiano, na disponibilidade de potássio e fósforo**. 1985. 160f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Pós-graduação em Agronomia, Escola superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1985.

LIMA FILHO, O. F.; LIMA, M. T. G; TSAI, M. **Silício pode aumentar a resistênciade plantas a doenças**. Boletim informativo do Grupo de Estudos “Luiz de Queiroz”, n. 87, p. 8-12, 1999. (Encarte técnico).

MALAVOLTA, E. e VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFÓS, 1997.319p.

MIELNICZUK, J. Avaliação da resposta das culturas ao potássio em ensaios de longa duração - experiências brasileiras. In: YAMADA, T.; et al. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, 1982.556p.

NASCIMENTO, M.; LAPIDO-LOUREIRO, F.E. (2004). **Fertilizantes e sustentabilidade: o potássio na agricultura brasileira fontes e rotas alternativas**. Rio de Janeiro, CETEM/MCT. 66p. (Série Estudos e Documentos,61).

NASCIMENTO, M; MONTE, M. B. de M.; LAPIDO-LOUREIRO, F. E. Capítulo 8 – Agrominerais - Potássio, In: LUZ, Adão B. ; LINS, Fernando A. F. (Eds.). **Rochas e minerais industriais**. 2. ed. Centro de Tecnologia Mineral – CETEM. Rio de Janeiro, 2008.

NEPTUNE, A.M.L.; et al. Disponibilidade do potássio a partir de vários materiais potássicos, utilizando o arroz como planta indicadora. In: ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”, **Anais ...**, Piracicaba, v.27, p.979-989, 1980.

- NETTO, D. A. M. **A cultura do milheto**. EMBRAPA-CNPMS, 1998. 6p.(Com. Técnico, 11).
- NOVAIS, R.F; et al. **Fertilidade do solo**, Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de ciência do solo,2007.101p.
- OLIVEIRA, L.A.M. Potássio In: Sumário Mineral-2009. **Departamento Nacional de Produção Mineral(DNPM)**, Brasília, DF,v.29, 104 p.,2010.
- PEREIRA FILHO, I.A. et al. **Manejo da cultura do milheto**. Embrapa Circular Técnica 29, Embrapa Sete Lagoas-MG Dezembro, 2003.65p.
- PEREIRA FILHO, I.A.; et al. Manejo da cultura do milheto. In: NETTO, D.A.M.; DURÕES, F.O.M., eds. **Milheto: tecnologias de produção e agronegócio**. Brasília, Embrapa/Informações Tecnológicas, 2005. p.59-87.
- PIRES, F.R; et al. Desempenho agrônômico de variedades de milheto em razão da fenologia em pré-safra. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p.41-49, July./Sept. 2007.
- PIZA, P. A. DE T.; FRANÇA, S. C. A.; BERTOLINO, L. C. **Termopotássio do Cedro de Abaeté (MG) como fonte alternativa para potássio**. XVII Jornada de Iniciação Científica – CETEM, 2009.
- RAIJ B .van. et al. **Análise Química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas-SP, Instituto Agrônômico de Campinas, 2001.285p.
- RAIJ ,B .van. . **Fertilidade do solo e manejo dos nutrientes**. Piracicba-SP, International Plant Nutrition Institute, 2011,420p.
- SALTON, J.C. Opções de safrinha para agregação de renda nos cerrados. In: ENCONTRO REGIONAL DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 4., 1999, Uberlândia: **Plantio direto na integração lavoura-pecuária**.Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2000, p. 189-200.
- SANTOS, E. A. **Efeito da acidificação do verdete de Abaeté na disponibilidade do potássio para o milho (*Zea mays L.*) em casa-de-vegetação**. 1984. 126f. Dissertação (Mestrado em Solos e nutrição de plantas)- Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1984.
- SANTOS, F.C.; COELHO, A.M., RESENDE, A.V. **Cultivo do milheto**. In: Embrapa Milho e Sorgo, versão eletrônica, 2009. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milheto/CultivodoMilheto>.>Acesso em: 20 set. de 2011.
- SANTOS, L. V.; et al. **Adsorção de Cloreto e Potássio em Solos Tropicais**. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v. 29, n.2, p.101-121, 2006.
- SANZONOWICKZ, C.; MIELNICZUK, J. Distribuição do potássio no perfil de um solo, influenciado pela planta, fonte e métodos de aplicação de adubos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v.9 p. 45-50, 1985.

SILVA, M. A. G.; et al. Efeito do cloreto de potássio na salinidade de um solo cultivado com pimentão, *Capsicum annuum* L., em ambiente protegido. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1085-1089, 2001.

SILVEIRA, R.L.V.A.; et al. Avaliação do estado nutricional do *Eucalyptus*: Diagnose visual, foliar e suas interpretações (compact disc). In: Simpósio Sobre Fertilização e Nutrição Florestal: Piracicaba, 1999. **Simpósio Sobre Fertilização e Nutrição Florestal 99**: trabalhos. Piracicaba: IPEF/ESALQ/USP.

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; BULISANI, E.A. Manganese deficiency in soybeans induced by excess lime. In: ARMSTRONG, D.L. (ed.). **Better Crops International, Potash & Phosphate Institute**, Norcross, v. 9, n. 2, p. 7, 1993.

VILELA, L; SOUSA, D.M.G. de. Avaliação agronômica de fontes de potássio para solos do Cerrado In; GOEDERT, W.J; DIAS FILHO, F.A. (ed). **Relatório bienal** (1984/1985). Brasília: Embrapa: PETROFÉRTIL, 1986p.131-134.

YAMADA, T.; ROBERTS, T.L. **Potássio na Agricultura Brasileira**. Associação Brasileira da Potassa e do Fosfato, Piracicaba-SP, 2005.841p.

CAPÍTULO 1

RESUMO

Reatividade de fontes alternativas de potássio em dois tipos de solos (Teste de Incubação)

O Brasil busca fertilizantes alternativos para diminuir sua dependência externa dos mesmos. Nesse sentido, este trabalho, teve como objetivo analisar a capacidade de liberação de cálcio, magnésio, silício e principalmente do potássio assim como o poder de correção do pH do solo, do termopotássio e do verdete em relação ao KCl. Para isso foi conduzido um experimento em casa de vegetação, no qual foram utilizados potes contendo 300 g de amostra de dois diferentes tipos de solo, um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e de um Neossolo Quartzarênio órtico típico (RQo). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições, em esquema fatorial $3 \times 2 + 1$, sendo três fontes de potássio (KCl, termopotássio, verdete), duas doses de potássio (200 e 400 kg ha⁻¹ de K₂O) e um tratamento testemunha que não recebeu adubação potássica. Para determinar o valor corretivo das fontes de potássio, foram utilizados tratamentos adicionais que consistiram em doses crescentes de carbonato de cálcio (300, 600, 1200 e 2400 kg ha⁻¹ CaCO₃) em 4 repetição. Após 60 dias de incubação foi determinado silício solúvel, pH em CaCl₂, cálcio, magnésio e potássio. O termopotássio foi capaz de fornecer, para as amostras dos dois tipos de solo, quantidade de potássio semelhante ao KCl, quando utilizou como extrator Mehlich1, e menos potássio, quando utilizou como extrator a Resina. Os teores de cálcio, magnésio, silício, potássio e os valores de pH aumentaram com a aplicação do termopotássio. O verdete não diferiu da testemunha quanto à disponibilização de nutrientes para o solo e nem da capacidade de correção de pH do solo. Quando o solo for adubado com o termopotássio a disponibilidade do potássio trocável varia de acordo com o extrator utilizado. Além do potássio, o termopotássio, diferentemente do KCl e do verdete, disponibiliza para as amostras de um LVd e de um RQo, cálcio, magnésio, silício e também, pode atuar como corretivo de solo.

Palavras-chave: termopotássio, verdete, disponibilidade, nutrientes.

ABSTRACT

Reactivity of potassium alternative sources in two soils (incubation study)

Brazil searches for alternative potassium sources to reduce its external dependence of this nutrient. This study evaluated the release of silicon, calcium, magnesium and, mainly, potassium in the soil, and the corrective action of thermopotash, verdete and KCl. The experiment was done in 300-g plastic containers where the samples of two types of soil were incubated. The experimental design was completely randomized, with 4 repetitions as $3 \times 2 + 1$ factorial. The factorial consisted of 3 potassium sources (KCl, Thermopotash, Verdete), 2 doses of each source (200 and 400 kg ha⁻¹ K₂O) and an additional treatment (control), which received no potassium fertilization. In order to study the alternative sources of potassium and their corrective action, increasing doses of CaCO₃ p.a. (300, 600, 1200 and 2400 kg ha⁻¹ CaCO₃) in two soils and 4 repetitions were used for comparison. After 60 days of incubation, Si soluble, pH CaCl₂, Ca²⁺ e Mg²⁺ and K⁺ were determined. Thermopotash was able to supply potassium to the soil similarly to KCl, when extracted with Mehlich-1, and less than KCl, when extracted with resin. Calcium, magnesium, silicon and potassium in the soil, and pH of soil increased with the application of thermopotash. Verdete was not different from the control, in the availability of nutrients for the soil or in the soil pH correction. Therefore, when the soil is fertilized with thermopotash, exchangeable potassium varies according to extractor used. Thermopotash supplied potassium for the soil and, unlike KCl, also supplied calcium, magnesium, silicon and potassium, and can also act as a soil corrective, unlike verdete.

Keywords: thermopotash, verdete, availability, nutrients.

1 INTRODUÇÃO

O Verdete é uma rocha silicatada de coloração verde composta por quartzo, feldspato potássio e micas. A porcentagem de K_2O dessa rocha varia entre 7 e 14 % (Piza et al., 2009), podendo ser utilizada como fonte alternativa de potássio, já que a busca por novos fertilizantes potássicos é um desafio para a agricultura brasileira. Porém, o potássio presente nessa rocha é pouco solúvel em água, mas acredita-se que pode ser liberado ao longo do tempo.

Uma forma de acelerar essa liberação é por meio do tratamento térmico e químico dado ao verdete, o que dá origem ao termopotássio que é uma fonte de potássio resultante da mistura do verdete com $CaCO_3$ e/ou $CaSiO_3$. Por isso, apresenta um caráter alcalino ao reagir com o solo ácido, atuando, portanto, na correção do pH do solo. A capacidade de substituição do calcário pelo termopotássio pode ser avaliada através do equivalente em $CaCO_3$ que indica a quantidade de carbonato de cálcio necessária para neutralizar os ácidos formados pela aplicação de um fertilizante ao solo.

Além do potássio, outros nutrientes estão presentes no verdete e no termopotássio, como o cálcio, o magnésio e o silício. Em solos pobres nesses elementos, a aplicação dessas fontes pode representar uma diferença significativa de eficiência em relação ao cloreto de potássio, já que uma única aplicação é capaz de adicionar ao solo, no mínimo, quatro nutrientes essenciais e sem o risco de segregação ou distribuição irregular.

Considerando os benefícios que o verdete e o termopotássio podem trazer para o solo, este trabalho teve como objetivo analisar a capacidade dessas fontes, em relação ao KCl, na liberação cálcio, magnésio, silício e principalmente do potássio assim como o seu poder de correção do pH em dois diferentes tipos de amostras de solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Solos utilizados nos experimentos

Todos os tratamentos foram aplicados em amostras de dois diferentes tipos de solo, as quais foram extraídas dos primeiros 20 cm superficiais da camada de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) situado no município de Uberlândia-MG e de um

Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo), situado no município de Santa Vitória-MG. Estes solos foram caracterizados quimica e fisicamente segundo a metodologia descrita pela EMBRAPA, 1999 (Tabelas 01 e 02).

TABELA 01. Caracterização química das amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e de um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo) solos utilizados nos experimentos de incubação, lixiviação e no teste biológico.

Solo	pH H ₂ O	P	Si	K	Ca	Mg	H+Al	V
		---mg dm ⁻³ --		-----cmol _c dm ⁻³ -----				%
LVd	5,3	0,7	6,0	0,07	0,1	0,0	3,3	5,0
RQo	4,6	2,4	3,1	0,04	0,1	0,0	2,7	5,0

Ca, Mg = (KCl 1 N); P, = (HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,0125 N); Si = (CaCl₂ 0,01mol L⁻¹)

H+Al = acidez potencial (Acetato de cálcio); V= Saturação por bases.

TABELA 02. Caracterização textural da amostra de 0-20 cm de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e de um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo) utilizados nos experimentos de incubação, lixiviação e no teste biológico.

Solo	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila
	----- g kg ⁻¹ -----			
LVd	297	250	54	400
RQo	626	228	1	145

Análise textural pelo Método da Pipeta (Embrapa, 1999).

2.2 Caracterização química das fontes de potássio

Uma amostra de cada fonte utilizada no experimento foi levada para o laboratório a fim de fazer sua caracterização química (Tabela 03).

TABELA 03. Caracterização química das fontes de potássio utilizadas no experimento de incubação.

FONTE	K ₂ O Total*	Si Total**	CaO Total***	MgO Total***
	----- g kg ⁻¹ -----			
KCl	600,0	–	–	–
Verdete	110,0	292,9	6,0	4,0
Termopotássio	50,0	196,8	255,0	56,0

*Determinado segundo a metodologia do EPA,1996.** Determinado segundo metodologia descrita por Korndorfer et al., 2004 ***Segundo a metodologia da Embrapa,1999.

2.3 Condução do experimento

O experimento foi conduzido na casa-de-vegetação do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia-MG, e foi constituído de sete tratamentos, sendo três fontes de potássio (KCl, Termopotássio, Verdete), duas doses de potássio (200 e 400 kg ha⁻¹ de K₂O) e um tratamento testemunha que não recebeu adubação potássica. Com o objetivo de determinar o equivalente em CaCO₃ ou o valor corretivo das fontes de potássio, foram utilizados quatro tratamentos adicionais que consistiram em doses crescentes de carbonato de cálcio (300, 600, 1200 e 2400 kg ha⁻¹ CaCO₃ - p.a.). O delineamento utilizado no experimento foi inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições.

Cada parcela experimental consistiu de um recipiente plástico, com capacidade para 500 ml, preenchido com 300g da amostra de cada tipo de solo, as quais foram aplicadas os tratamentos. As fontes de potássio utilizadas, antes de serem aplicadas nas amostras de solo, foram moídas até passar totalmente em uma peneira de 50 mesh (abertura de 0,3 mm). A quantidade de cada fonte de potássio adicionada às amostras de solo foi calculada com base nos teores totais de K₂O (Tabela 04). O cloreto de potássio foi utilizado como fonte padrão de potássio e o CaCO₃ p.a. de corretivo de solo.

TABELA 04. Doses das diferentes fontes de potássio utilizadas para incubar as amostras dois tipos de solo em um volume de 300g.

Tratamentos	Teor de K ₂ O Total	Dose de K ₂ O Aplicada	Dose de CaCO ₃ Aplicada	Dose da fonte	Dose da fonte
	%	----- kg ha ⁻¹ -----		g 300g ⁻¹ solo	
Testemunha	0	0	0	0	0
KCl	60,0	200	---	333,33	0,050
KCl	60,0	400	---	666,67	0,100
Termopotássio	5,0	200	---	4000,00	0,600
Termopotássio	5,0	400	---	8000,00	1,200
Verdete	11,0	200	---	1818,18	0,270
Verdete	11,0	400	---	3636,36	0,550
CaCO ₃ p.a.	---	---	300	300,00	0,045
CaCO ₃ p.a.	---	---	600	600,00	0,090
CaCO ₃ p.a.	---	---	1200	1200,00	0,180
CaCO ₃ p.a.	---	---	2400	2400,00	0,360

As amostras de solo foram secas ao ar e peneiradas numa peneira de 2 mm (TFSA). As fontes de potássio foram adicionadas e posteriormente misturadas, com o auxílio de um saco plástico, ao volume de 300 g das amostras de TFSA. Após isto, foi adicionada água destilada em quantidades iguais em cada recipiente de acordo com 80 % da capacidade de retenção de água de cada tipo de solo e essa umidade do solo foi mantida durante todo período do experimento. O solo permaneceu por 60 dias, período de incubação, nos potes de plásticos tampados, sendo que cada tampa apresentava cinco furos para permitir a evaporação de água e a respiração do solo.

2.5 Avaliações do experimento

Depois de 60 dias que as amostras de solo foram misturadas com as fontes de potássio, estas foram secas e peneiradas. Parte dessas amostras foi utilizada para determinar o Si solúvel pelo método de extração em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, conforme metodologia descrita por Korndörfer et al. (2004). Outra parte foi utilizada para análises de pH em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, Ca^{2+} e Mg^{2+} em KCl 1N e K^+ em Mehlich1 (EMBRAPA, 1999) e em Resina (RAIJ et al., 2001). Estas metodologias permitem estimar quanto dos nutrientes contido nas fontes foi liberado para o solo ou ainda quanto está disponível para as plantas.

As amostras de solo, onde foram aplicadas doses crescentes de carbonato de cálcio (0, 300, 600, 1200 e 2400 kg ha^{-1} de CaCO_3) foram utilizadas para determinar o equivalente em CaCO_3 ou o valor corretivo da fonte de potássio, por meio da equação de regressão, que mostra o incremento no valor de pH com a utilização do corretivo (CaCO_3). Os resultados de pH, que foram observados com a aplicação das fontes de potássio, foram substituídos na equação do carbonato de cálcio e assim pôde estimar qual dose de CaCO_3 era necessária para se obter o mesmo valor de pH alcançado pelas fontes alternativas de potássio.

2.6 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância através do programa estatístico denominado ASSISTAT e quando o teste F foi significativo (< 0,05 %) as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de

significância. Além disso, a média de cada tratamento foi comparada com a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância (SILVA; AZEVEDO, 2009).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Teor de potássio no solo

Analisando os resultados dos teores de potássio disponíveis no Latossolo Vermelho distrófico (LVd), obtidos pelo extrator Mehlich1 (Figura 01), verificou-se que na dose de 200 kg ha⁻¹ de K₂O, o termopotássio foi semelhante ao cloreto de potássio (KCl), já na dose de 400 kg ha⁻¹ de K₂O o termopotássio foi inferior ao KCl.

Na amostra do Neossolo quartzarênico órtico (RQo), no extrator Mehlich1, verificou-se que independente da dose utilizada, o termopotássio e o KCl disponibilizaram quantidades semelhantes de potássio para o solo (Figura 01).

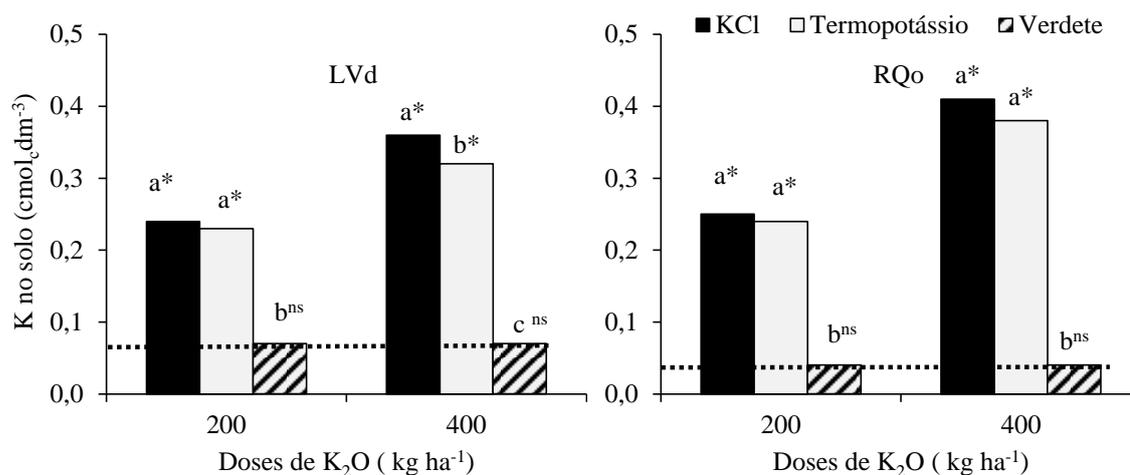


FIGURA 01. Teores de potássio no solo extraído por Mehlich1 das amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e do Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo) aos 60 dias após a aplicação de diferentes doses e fontes de potássio. Médias seguidas por letras distintas para dose de K₂O diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; * e ^{ns}: Diferença em relação à testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância. *: significativo, ^{ns}: não significativo. A reta representa a testemunha.

Quando se utilizou a resina como extrator, verificou-se que independente da dose utilizada o KCl forneceu mais potássio para o solo do que o termopotássio (Figura 02). Isso ocorre devido à alta solubilidade do KCl em relação às outras fontes de potássio.

Em relação aos extratores utilizados para avaliar o potássio trocável, ou seja, o potássio extraído do solo e que está disponível para as plantas, verifica-se, nas figuras 01 e 02, que para ambos os solos a solução de Mehlich1 ($\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 0,0125 \text{ mol L}^{-1}$) extraiu mais potássio em relação ao método da resina nas amostras de solo adubadas com o termopotássio e menos, nas amostras de solo adubadas com KCl. Isso ocorre porque o extrator Mehlich1 é uma solução de ácidos que tem a capacidade de extrair o potássio não trocável, superestimando a disponibilidade do nutriente no solo (YAMADA; ROBERTS, 2005).

Segundo Nakayama et al. (1998) quando se utiliza uma fonte fosfatada insolúvel em água, a resina trocadora de íons expressa melhor o fósforo disponível no solo do que o extrator Mehlich1, o mesmo pode estar acontecendo com as fontes insolúveis de potássio.

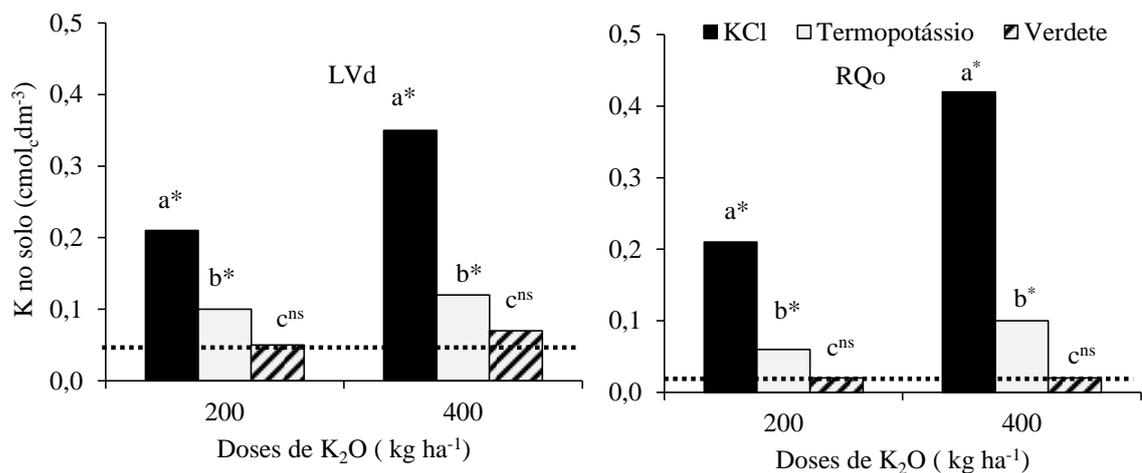


FIGURA 02. Teores de potássio no solo extraído por Resina das amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e do Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo) aos 60 dias após a aplicação de diferentes doses e fontes de potássio. Médias seguidas por letras distintas para dose de K_2O diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; * e ^{ns}: Diferença em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. *: significativo, ^{ns}: não significativo. A reta representa a testemunha.

O termopotássio tanto em amostras de um LVd quanto de um RQo foi capaz de disponibilizar para o solo mais potássio que o verdete (rocha "in natura") e a testemunha, independente do extrator de solo utilizado (Mehlich1 e resina), demonstrando ser uma fonte capaz de liberar potássio para o solo, mesmo a curto prazo. Entre as fontes utilizadas o verdete foi a pior, além disso, não diferiu nem da

testemunha e isso mostrou que essa fonte não é capaz de liberar potássio para o solo (Figuras 01 e 02).

Este resultado mostra que o tratamento térmico aplicado ao verdete é necessário para tornar a fonte mais eficiente na liberação de potássio no solo. Estes resultados estão de acordo com Siqueira et al. (1985), pois demonstraram que a rocha potássica “in natura”, apenas moída, não é serve como fonte de potássio para as plantas devido à dificuldade de liberação desse nutriente para o solo.

3.2 Teor de Cálcio e Magnésio no solo

Os teores de cálcio e magnésio, trocáveis no solo após 60 dias de incubação, foram incrementados com a aplicação do termopotássio (Figura 03 e 04). Esse fato foi observado tanto em amostras de um LVd quanto em amostras de um RQo, indicando que a fonte é reativa e disponibiliza esses nutrientes, mesmo a curto prazo.

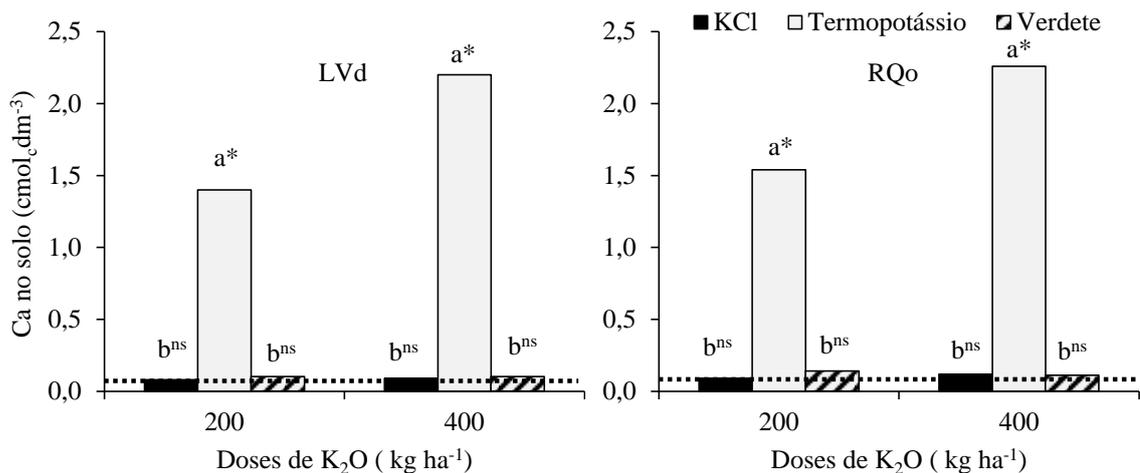


FIGURA 03. Teores de cálcio extraído das amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e do Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo) aos 60 dias após a aplicação de diferentes doses e fontes de potássio. Médias seguidas por letras distintas para dose de K₂O diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; * e ^{ns}: Diferença em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. *: significativo, ^{ns}: não significativo. A reta representa a testemunha.

O cloreto de potássio não afetou os teores de cálcio e magnésio no solo, pois não apresenta estes elementos na sua composição química. Por sua vez, o verdete, apesar de apresentar o cálcio e magnésio na sua composição, não aumentou os teores desses nutrientes no solo (Figura 03 e 04), confirmando sua baixa reatividade. Segundo Resende et al. (2006), a possibilidade de utilização direta da maioria das rochas que contém na sua composição o potássio, foi descartada devido à baixa disponibilidade dos

seus nutrientes às plantas, sendo necessários tratamentos químicos ou térmicos para aumentar a solubilidade dos minerais presentes nessas rochas.

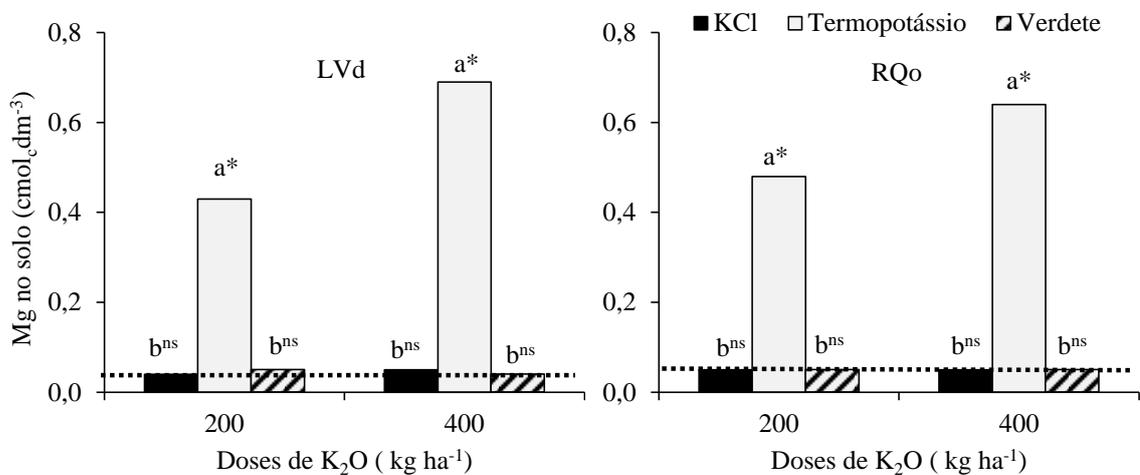


FIGURA 04. Teores de magnésio extraído das amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e do Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo) aos 60 dias após a aplicação de diferentes doses e fontes de potássio. Médias seguidas por letras distintas para dose de K₂O diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; * e ^{ns}: Diferença em relação à testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância. *: significativo, ^{ns}: não significativo. A reta representa a testemunha.

3.3 Teor de silício no solo

A fonte que mais liberou silício para o solo, tanto nas amostras de LVd como nas amostras de RQo foi o termopotássio e a pior fonte foi o KCl. Isso já era esperado, pois o termopotássio contém silício na sua composição química já o KCl não.

Tanto o verdete quanto o termopotássio possuem respectivamente 29,29 e 19,68 % Si total na sua composição química. Porém, o termopotássio, apesar de apresentar menor quantidade de silício total, forneceu esse nutriente de forma mais eficiente para solo comparando com o verdete que inclusive não diferiu nem da testemunha (Figura 05). Portanto, para aumentar à liberação dos nutrientes contidos nas rochas silicatadas, as mesmas têm que passar por um processo industrial que transformam os seus minerais e aumentam a solubilidade dessas fontes (NASCIMENTO; LAPIDO-LOUREIRO, 2004).

A reatividade do termopotássio foi maior no LVd, solo argiloso, sendo capaz de disponibilizar, em média, 11,0 mg dm⁻³ de silício (17 mg dm⁻³ Si com o termopotássio

menos 6 mg dm^{-3} Si com a testemunha). Já no RQo, solo arenoso, disponibilizou, em média, apenas $6,8 \text{ mg dm}^{-3}$ (Figura 25). Isso mostra que a liberação de nutrientes do termopotássio que é uma fonte de baixa solubilidade em água é melhor no solo mais argiloso (Figura 5), pois esses solos apresentam partículas menores e maior superfície específica e, conseqüentemente, maior contato da fonte com o solo e maior reatividade. Além disso, no solo argiloso a CTC, capacidade de troca catiônica, é maior do que no solo arenoso.

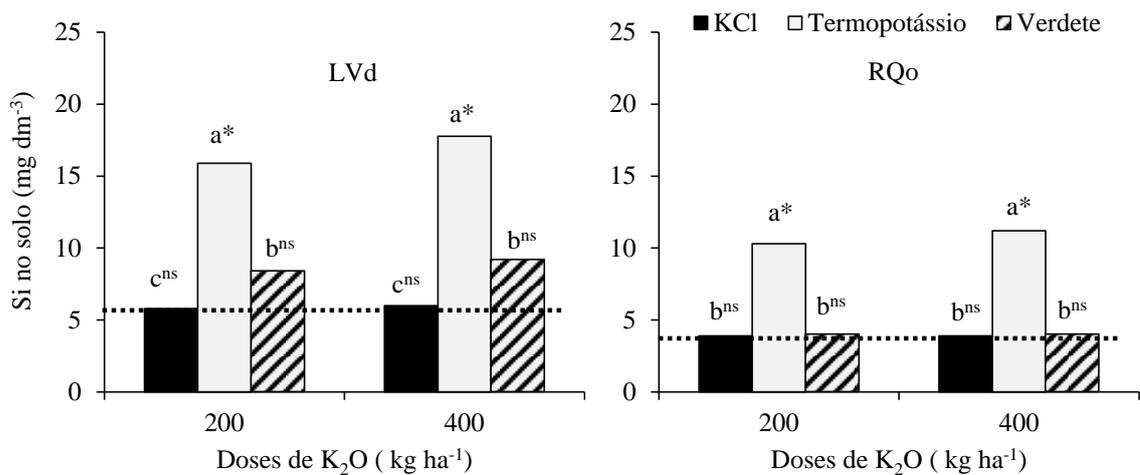


FIGURA 05. Teores de silício extraído das amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e do Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo) aos 60 dias após a aplicação de diferentes doses e fontes de potássio. Médias seguidas por letras distintas para dose de K_2O diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância,* e ^{ns}: Diferença em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. *: significativo, ^{ns}: não significativo. A reta representa a testemunha.

3.4 Valor corretivo das fontes de potássio

O termopotássio, promoveu o aumento do valor de pH do solo (Figura 06). Isso ocorreu, pois, essa fonte foi produzida a partir da adição do carbonato de cálcio e apresenta caráter alcalino. Essa capacidade de elevar o pH se deve à presença de óxidos de Ca (25,5 % CaO) e Mg (5,6% MgO) em sua composição química, pois corretivo de acidez são, basicamente, os óxidos, hidróxidos, escórias e carbonatos de Ca e Mg (MALAVOLTA,1981).

Nas amostras, onde foi aplicado doses crescentes de carbonato de cálcio puro, foi verificado um aumento nos valores de pH no solo, ajustando uma equação linear $y=$

$0,0012X + 3,6438$ e $R^2=94,59$ para o RQo e $y = 0,0004X + 3,8691$, $R^2=94,91$ para o LVd (Figura 07).

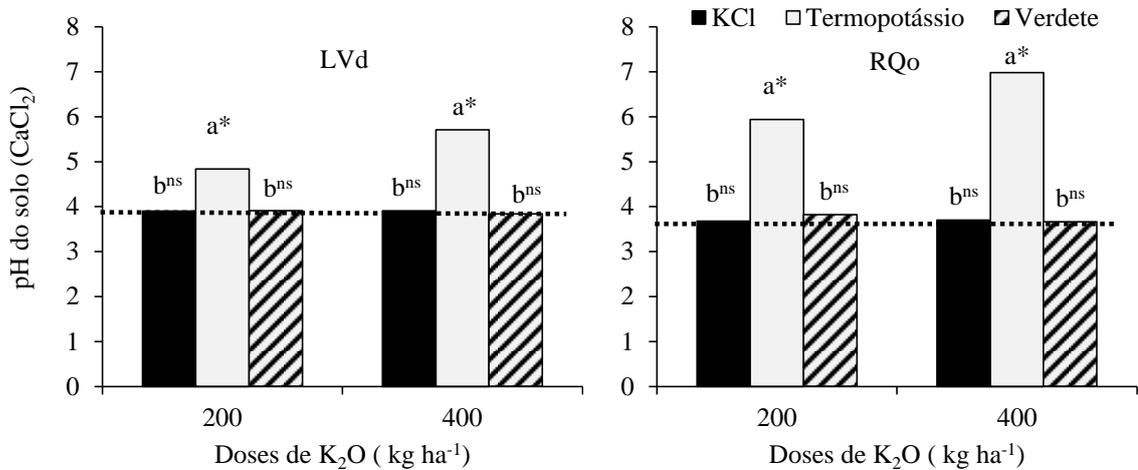


FIGURA 06. pH em CaCl₂ das amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e do Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo) aos 60 dias após a aplicação de diferentes doses e fontes de potássio. Médias seguidas por letras distintas para dose de K₂O diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; * e ^{ns}: Diferença em relação à testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância. *: significativo, ^{ns}: não significativo. A reta representa a testemunha.

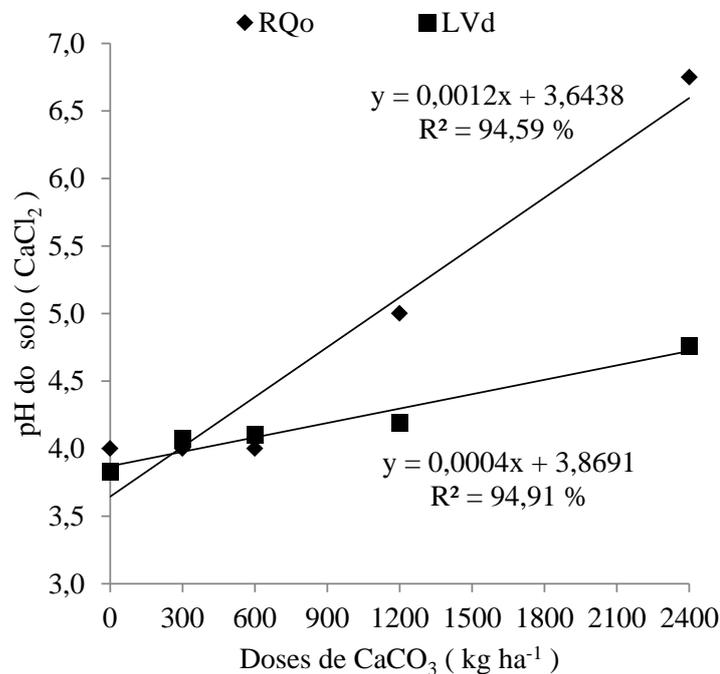


FIGURA 07. pH do solo de amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e de um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo) aos 60 dias após a aplicação do carbonato de cálcio puro.

Para cada amostra dos dois tipos de solo analisado foi calculado o equivalente CaCO_3 ou valor corretivo do termopotássio, substituindo na coordenada y da equação da figura 07 os valores de pH do solo encontrados com a aplicação do termopotássio na figura 06. Por exemplo, a aplicação de 4.000 kg ha^{-1} do termopotássio (200 kg ha^{-1} de K_2O) elevou o pH do solo para 5,94 (Figura 06) ao substituir esse valor na coordenada y da equação linear do RQo (Figura 07), verificou-se que para obter esse pH, seria necessário a aplicação de 1.913 kg ha^{-1} de CaCO_3 puro.

Assim, a utilização 4.000 kg ha^{-1} do termopotássio substitui o CaCO_3 puro nesse solo em 47,8% conforme apresentado na tabela 05. Portanto, para o fornecimento de 200 e 400 kg ha^{-1} de K_2O é necessária a aplicação respectivamente de 4.000 e 8.000 kg ha^{-1} de termopotássio (Tabela 05). Essa quantidade de fertilizante pode substituir, aproximadamente, 41% e 60% da aplicação de carbonato de cálcio puro no RQo e no LVd, respectivamente.

TABELA 05. pH em amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e de um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo) em função da aplicação do termopotássio e valor do equivalente em CaCO_3 calculado com base no pH CaCl_2 .

Tipo de solo	Dose	pH CaCl_2	Equivalente CaCO_3 do	
	Termopotássio		Termopotássio	
	----- kg ha^{-1} -----		----- (%) -----	
LVd	0	3,87		Média
	4000	4,84	61	60
	8000	5,71	58	
RQo	0	3,64		Média
	4000	5,94	48	
	8000	6,98	35	41

Estes resultados estão de acordo com estudos em casa de vegetação utilizando as rochas brecha alcalinas, biotita, xisto e ultramáfica alcalina como fontes de potássio para a soja e o milho em sucessão, evidenciando que a rocha ultramáfica alcalina reduziu a acidez do solo (RESENDE et al., 2006a).

A eficiência do termopotássio em aumentar o pH do solo ou substituir o carbonato de cálcio foi maior no LVd, que é um solo argiloso, isso ocorre porque o contato da fonte com o solo é maior neste tipo de solo aumentando com isso sua reatividade. Prado e Fernandes (2000), estudando a reatividade das escórias de

siderurgias e do calcário em dois tipos de solo (40 g kg^{-1} e 470 g kg^{-1} de argila), também constataram que a reatividade de ambos os corretivos foi maior no solo argiloso.

4 CONCLUSÕES

A disponibilidade do potássio trocável varia de acordo com o extrator utilizado para o termopotássio. Além do potássio, o termopotássio diferentemente do KCl e do verdete, disponibiliza para amostras de um LVd e de um RQo, cálcio, magnésio, silício e também, pode atuar como corretivo de solo.

REFERÊNCIAS

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de pesquisa de solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, Rio de Janeiro, 1999, 212p.

EPA- Environmental Protection Agency, USA. **Microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices (METHOD 3052)**. U.S. EPA, 20p, December, 1996. Disponível em: <<http://www.epa.gov/wastes/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3052.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2011.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: GPSi/ICIAG/UFU, 2004. 34 p. (Boletim técnico, 2).

MALAVOLTA, E. Corretivos cálcicos, magnesianos e cálcio-magnesianos. In: MALAVOLTA, E. (Ed.) **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. cap.5, p.232-245.

NAKAYAMA L.H.I; et al. Eficiência relativa de fontes de fósforo de diferentes solubilidades na cultura do arroz. **Sicientia Agricola**, Piracicaba, v.55, n.2, 1998. Disponível em : http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010390161998000200003&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt Acesso em: 10 out 2011.

NASCIMENTO, M.; LAPIDO-LOUREIRO, F.E. **Fertilizantes e sustentabilidade: o potássio na agricultura brasileira fontes e rotas alternativas**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT. 66p., 2004 (Série Estudos e Documentos,61).

PIZA, P. A. DE T.; FRANÇA, S. C. A.; BERTOLINO, L. C. **Termopotássio do Cedro de Abaeté (MG) como fonte alternativa para potássio**. XVII Jornada de Iniciação Científica – CETEM, 2009.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F.M. Escória de Siderurgia e Calcário na Correção da Acidez do solo cultivado com cana-de-açúcar em vaso. **Sicientia Agricola**, Piracicaba v.57, n.4, p.739-744, 2000.

RAIJ B .van.; et al. **Análise Química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas-SP, Instituto Agronômico de Campinas, 2001.285p.

RESENDE, A.V.; et al. Rochas como fontes de potássio e outros nutrientes para culturas anuais. **Espaço e Geografia**, Brasília, v.9,n.1, p.135-161, 2006a.

RESENDE, A.V.; et al. O Suprimento de potássio e pesquisa de uso de rochas “in natura” na Agricultura Brasileira. **Espaço e Geografia**, Brasília, v. 9, n.1, p. 19- 42, 2006.

SILVA, F. DE A. S. E. e AZEVEDO, C. A. V. de. **Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance.** In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SIQUEIRA, J.O.; GUEDES, G.A.A.; RIBEIRO, M.A.V. Disponibilidade do potássio do sienito nefelínico de poços de caldas, avaliada em cultivos sucessivos com milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, p.299-307, 1985.

YAMADA, T.; ROBERTS, T.L. **Potássio na Agricultura Brasileira.** Associação Brasileira da Potassa e do Fosfato, Piracicaba-SP, 2005.841p.

CAPÍTULO 2

RESUMO

Lixiviação de potássio em dois tipos de solo pela aplicação de termopotássio e KCl (Teste de Lixiviação)

No solo, o potássio quando presente na solução do solo, pode ser perdido por lixiviação de acordo com a quantidade de água, da dose do elemento aplicado e, até mesmo, da textura do solo. As perdas de potássio, por percolação ou lixiviação, podem ser reduzidas com emprego de fontes menos solúveis como termopotássio. Esse experimento teve como objetivo avaliar as perdas por lixiviação do potássio proveniente do cloreto de potássio granulado e do termopotássio farelado fino e granulado aplicados em amostras de dois tipos de solos, um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo) e um Latossolo Vermelho distrófico (LVd). O experimento foi realizado na casa-de-vegetação e foram utilizados quatro tratamentos (testemunha, KCl, termopotássio farelado fino e granulado), em colunas de lixiviação, com 20 cm de diâmetro e 80 cm de altura. O delineamento usado foi inteiramente casualizado (DIC), com três repetições. As amostras de solo foram adicionadas nos lisímetros, depois foram colocadas em sua capacidade de campo e os tratamentos aplicados e incorporados a 5 cm. A partir daí essas colunas foram irrigadas por 18 dias, com uma quantidade de água equivalente a uma chuva de 344 mm. A solução do solo era recolhida de dois em dois dias e armazenada em galões de 50 L. Ao final do experimento foram determinados os teores de potássio presentes no lixiviado e em cada anel da coluna. Nas amostras dois tipos de solos, o termopotássio farelado disponibilizou mais potássio na camada superficial (0 a 20 cm) enquanto que o KCl disponibilizou mais potássio nas camadas da subsuperfície demonstrando maior mobilidade no perfil. O termopotássio granulado disponibilizou menos potássio que o farelado na camada superficial e nas outras camadas não houve diferença estatística.

Palavras-chave: solo; percolação; lisímetros.

ABSTRACT

Potassium leaching from thermopotash and KCl in two soil types (leaching study)

Potassium has good mobility in soils and can be lost from the soil after it enters the soil solution, depending on the amount of water, application rate and even soil texture. Potassium losses by percolation, or leaching, can be reduced by using less soluble sources, such as thermopotash. This test determined leaching losses of potassium from KCl, granulated thermopotash, powder thermopotash, in samples of LVd and RQo. The experiment was done in the greenhouse. The soils used were Ustoxic Quartzipsamment with 15% clay (RQo) and Oxysol Red with 40% clay (LVd). Three sources of potassium (KCl, granulated or powder thermopotash), and a control were placed in leaching columns (20 x 80 cm). The experimental design was completely randomized, with three repetitions. The columns were filled with the soils and moistened to field capacity, and the potassium sources were incorporated into the top 5 cm layer. Subsequently, the soils were incubated for 18 days, irrigated with water equivalent to a total of 344 mm rainfall. Soil solution was collected every other day and stored in 50 L containers. Potassium content was determined at the end of the experiment in the leachate and in each ring of the column. In both soil types, thermopotash supplied more potassium to the top soil layer (0 - 20cm), than KCl, which supplied more potassium to lower layers. Therefore, the potassium from the KCl is more leachable than that from thermopotash.

Keywords: Soil, percolation, lysimeters.

1 INTRODUÇÃO

O potássio, quando presente na solução do solo, movimenta-se verticalmente, principalmente, por fluxo de massa e pode ser perdido por lixiviação, ou seja, transportado para profundidades além daquelas ocupadas pelas raízes (SANZONOWICZ; MIELNICZUK, 1985). A perda por lixiviação depende de condições como a quantidade de água, da dose do elemento aplicado, da textura do solo e CTC (capacidade de troca catiônica) do solo, mostrando a importância da escolha da fonte e do manejo a ser aplicado no solo (ROSOLEM et al., 2006).

Sais de potássio de alta solubilidade são facilmente lixiviados, especialmente em solos arenosos, já que apresentam baixa CTC (capacidade de troca de cátions). O cloreto de potássio (KCl), principal fonte de potássio utilizada na agricultura brasileira, é um sal altamente solúvel em água, sendo que, em média, dos 60 % do K_2O presentes no KCl, 58 % são solúveis em água, portanto a principal perda desse nutriente é por lixiviação (YAMADA; ROBERTS, 2005). Essa perda pode ser reduzida com emprego de fontes menos solúveis (SANZONOWICZ; MIELNICZUK, 1985), como, por exemplo, o termopotássio.

O termopotássio é uma fonte alternativa de potássio derivado do verdete que é uma rocha silicatada potássica composta por minerais com baixa solubilidade como o quartzo, o feldspato potássico, a muscovita e a biotita (PIZA et al., 2009). Para forçar a desagregação desses minerais e promover a liberação do potássio presente neles o verdete passa por um tratamento térmico onde é adicionado o $CaCO_3$ (FRAYHA, 1950; HOROWITZ et al., 1978), o produto originário dessa reação é denominado termopotássio.

Objetivou-se avaliar, nesse experimento, as perdas por lixiviação do potássio proveniente do cloreto de potássio granulado e do termopotássio (farelado fino e granulado) aplicados em amostras de dois solos com texturas diferentes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização das fontes de potássio

Para este estudo foram utilizadas três fontes de potássio, o cloreto de potássio granulado, o termopotássio farelado fino (0,5 a 3,34 mm) e o termopotássio granulado

(4 a 6 mm). A caracterização química das fontes de potássio utilizadas neste estudo encontra-se na tabela 06.

TABELA 06. Caracterização química das fontes de potássio utilizadas no experimento.

FONTE	K ₂ O	Si	CaO	MgO
	Total*	Total**	Total***	Total***
	----- g kg ⁻¹ -----			
KCl granulado	600,0	---	---	---
Termopotássio granulado	65,0	113,3	325,1	70,0
Termopotássio farelado fino	68,0	110,1	311,0	69,0

*Determinado segundo a metodologia do EPA,1996.** Determinado segundo metodologia descrita por Korndorfer et al.2004 ***Segundo a metodologia da Embrapa,1999 .

2.2 Condução do experimento

O experimento foi instalado na casa-de-vegetação do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três repetições. Os tratamentos foram aplicados em amostras de um LVd e de um RQo (Tabelas 07 e 08).

TABELA 07. Caracterização química das amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e de um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo) solos utilizados nos experimentos de incubação, lixiviação e no teste biológico.

Solo	pH H ₂ O	P	Si	K	Ca	Mg	H+Al	CTC	CTC com K	V
		---mg dm ⁻³ --				-----cmol _c dm ⁻³ -----			-----%-----	
LVd	5,3	0,7	6,0	0,07	0,1	0,0	3,3	3,47	2	5
RQo	4,6	2,4	3,1	0,04	0,1	0,0	2,7	2,84	1,4	5

Ca, Mg = (KCl 1 N); P, = (HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N); Si = (CaCl₂ 0,01mol L⁻¹)H+Al = acidez potencial (Acetato de cálcio); V= Saturação por bases.

TABELA 08. Caracterização textural da amostra de 0-20 cm de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e de um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo) utilizados nos experimentos de incubação, lixiviação e no teste biológico.

Solo	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila
	----- g kg ⁻¹ -----			
LVd	297	250	54	400
RQo	626	228	1	145

Análise textural pelo Método da Pipeta (Embrapa, 1999).

A parcela experimental foi composta por uma coluna de lixiviação de 80 cm de altura e 20 cm de diâmetro, dividida em 6 anéis de 5 cm de altura e 5 anéis de 10 cm de altura, que foram acoplados e fixados com o auxílio de uma fita adesiva. Essa fita foi passada em cada junção do anel por quatro vezes para evitar o escorrimento de água pelas paredes da coluna. Na parte inferior de cada coluna, foi adaptada uma tela de aço e uma manta acrílica, para evitar a perda de solo, e um funil de aço galvanizado e uma garrafa "PET", para fazer a coleta do lixiviado (Figuras 08 e 09).



FIGURA08. Coluna de lixiviação

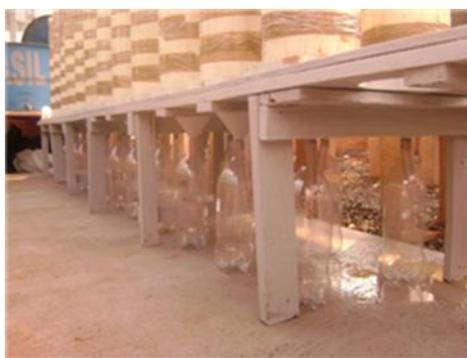


FIGURA 09. Garrafas "PET" para a coleta da solução do solo (lixiviado).

Os lisímetros foram preenchidos com as amostras de solo que foram secas ao ar e passadas em peneira com malha de 2 mm de diâmetro (TFSA). As fontes de potássio foram aplicadas na dose de 3000 kg ha^{-1} de K_2O na parte superior da coluna de lixiviação e incorporadas no primeiro anel da coluna (5cm). A quantidade de cada fonte adicionada em cada lisímetro foi calculada com base nos teores totais de K_2O de cada fonte de potássio (Tabela 09).

As amostras de solo, depois de acondicionadas nas colunas, foram umedecidas até atingirem a capacidade de campo. Durante 18 dias, uma irrigação equivalente a uma chuva de 344 mm ($10,8 \text{ L } 0,0314 \text{ m}^{-2}$), passou pelos lisímetros. Diariamente, foram adicionados em cada coluna, cuja área era de $0,0314 \text{ m}^2$, 600 ml de água com auxílio de um becker. Para cada parcela havia um galão de 50 L onde foi armazenada a solução do

solo que percolou das colunas. A cada dois dias o lixiviado era retirado das garrafas “PET” que ficavam embaixo das colunas e colocado nos galões de 50L.

TABELA 09. Dose de 3000 kg ha⁻¹ K₂O das diferentes fontes de potássio adicionadas e incorporadas superficialmente no primeiro anel da coluna de lixiviação com dois deiferentes tipos de solo.

Fontes	Teor de K ₂ O	Dose de	Dose da	Dose da
	Total	K ₂ O	fonte	Fonte
	%	----- kg ha ⁻¹ -----		--g coluna ⁻¹ *--
Latossolo Vermelho distrófico (LVd)				
Testemunha	0	0	0	0
KCl granulado	60,0	3000	5000	15,71
Termopotássio granulado	6,5	3000	46154	145,00
Termopotássio farelado	6,8	3000	44118	139,00
Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo)				
Testemunha	0	0	0	0
KCl granulado	60,0	3000	5000	15,71
Termopotássio granulado	6,5	3000	46154	145,00
Termopotássio farelado	6,8	3000	44118	139,00

*Calculado com base na área da circunferência ($\pi \cdot R^2 = 3,14 \cdot 0,10^2 = 0,0314m^2$).

2.3 Avaliações do experimento

Ao final do experimento, ou seja, depois de dezoito dias, procedeu-se à leitura do potássio presente no lixiviado e em cada anel da coluna. A quantidade de potássio (K⁺) lixiviada foi calculada com base no volume de líquido lixiviado vezes o teor de potássio na da solução do solo. Os lisímetros foram desmontados, separando-se as amostras de solo de cada anel, que foi seca ao ar, moída e passada em peneiras com malha de 2 mm de diâmetro e depois foi determinado o potássio extraível do solo com a resina trocadora de íons, segundo a metodologia de Rajj et al. (2001).

2.5 Análise estatística

Os dados coletados foram submetidos a análises de variância utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008). Quando o Teste F foi significativo (< 0,05%), as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 0,0 5 de significância.

O potássio presente no lixiviado foi analisado em esquema fatorial 4 x 2, sendo o primeiro fator, KCl, termopotássio farelado fino, termopotássio granulado e a testemunha, o segundo fator foi o tipo de solo (LVd e RQo).

O potássio presente em cada anel da coluna foi analisado estatisticamente como parcela subdividida, ou seja, as 7 camadas de solo analisadas de cada coluna (parcela) consistiam nas 7 subparcelas. Então para cada tipo de solo foi feito a análise em esquema fatorial 4 x 7 sendo o primeiro fator, (KCl, termopotássio farelado fino, termopotássio granulado e a testemunha), o segundo as camadas de solo (0-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-60, 60-70 e 70-80cm).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Teor de potássio no lixiviado

O potássio lixiviado proveniente do cloreto de potássio é significativamente maior do que o proveniente do termopotássio farelado e granulado. Além disso, não existe diferença entre o potássio lixiviado do tratamento testemunha e do termopotássio (Tabela 10).

TABELA 10. Quantidade de potássio coletada no lixiviado depois de uma irrigação de 344 mm durante um período de 18 dias, em um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo) e no Latossolo Vermelho distrófico (LVd) para diferentes fontes de potássio aplicadas superficialmente.

Solo	Fontes de Potássio			Média	
	KCl	Termopotássio			
		Farelado	Granulado	Testemunha	
	----- K lixiviado (g coluna ⁻¹) -----				
RQo	2,31 (26)**	0,28 (0,3)	0,26 (0,0)	0,26	0,78 b
LVd	2,09 (26)	0,08 (0,3)	0,07 (0,1)	0,06	0,58 a
Média	2,20 B	0,18 A	0,17 A	0,16 A	
CV% = 3,8; DMS solo = 0,02; DMS fonte = 0,04					

*Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

**Valores entre parênteses representam a porcentagem do K aplicado proveniente da fonte que foi perdida por lixiviação e calculada segundo a seguinte equação: % K perdido por lixiviação = [(K lixiviado da fonte (g) – K lixiviado da testemunha (g)) / K total aplicado na adubação (g)] x 100.

A porcentagem do potássio total aplicado no solo, recolhida na coluna de lixiviação proveniente do termopotássio farelado foi de apenas 0,3 % enquanto que do

KCl foi de 26,0 %, portanto as perdas de potássio por lixiviação além de 80 cm profundidade, provenientes dessa fonte foram 87 vezes maior do que quando se aplicou o termopotássio (Tabela 10), mas considerando a cultura e a profundidade de suas raízes estas perdas podem ser ainda maior.

Estes dados estão de acordo com Neptune et al. (1980) os quais mostraram que a utilização de fertilizantes oriundos do tratamento térmico de rochas potássicas pode reduzir perdas de potássio por lixiviação. Ainda com relação à lixiviação do potássio no solo, Gabos et al. (2006) observaram que o fornecimento de potássio, via termofosfato magnésiano potássico fundido reduziu, significativamente, as perdas desse elemento por lixiviação, quando comparada com o KCl, independentemente do tipo de solo ou das doses utilizadas.

O KCl é uma fonte muito solúvel no solo, já que é constituído por minerais que contêm a silvita (KCl) e a silvinita (KCl + NaCl) que são de fácil solubilização (NASCIMENTO et al., 2008). Já a rocha utilizada na produção do termopotássio é rica em feldspato potássico e em muscovita que apresentam cinética de dissolução muito baixa e moderada para a biotita (MARTINS et al., 2010).

Processos térmicos de fusão ou hidrotermais sobre esses minerais aumentam a solubilidade dos produtos pela transformação mineralógica e formação de novas fases mais solúveis (MARTINS et al., 2010). Portanto, o termopotássio é uma fonte menos solúvel que o KCl, além disso, a liberação do potássio para a solução do solo é gradual com isso o potássio oriundo dessa fonte fica menos sujeito a perdas por lixiviação.

Nesse trabalho, também foi verificado que o potássio presente no lixiviado das amostras de um RQo foi maior do que nas amostras de um LVd, o que mostra que a textura do solo influencia, significativamente, nas perdas do potássio por lixiviação (Tabela 10).

Segundo Mielniczuk (1982), para uma mesma quantidade de potássio total haverá menos potássio (K^+) na solução em solos com alta capacidade de troca catiônica (solos argilosos), o que refletirá em menores perdas de potássio por lixiviação, já que este nutriente se movimenta, com facilidade, verticalmente.

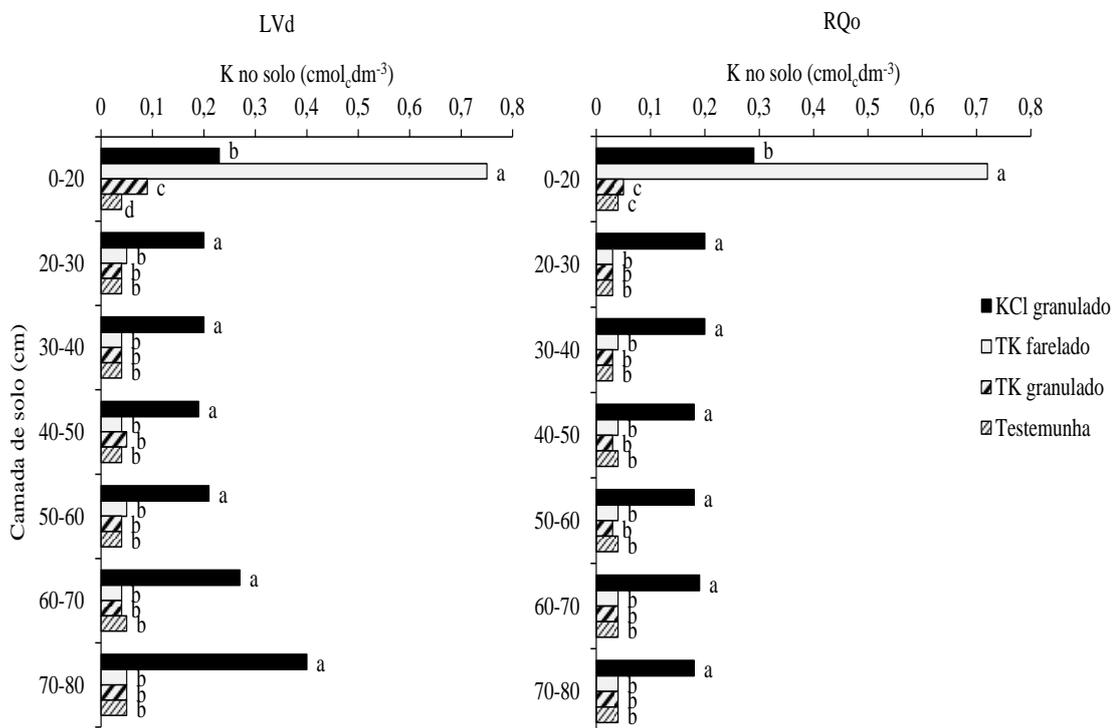
Por isso, principalmente em solos arenosos, doses de K_2O acima de 60 a 80 kg ha^{-1} , recomenda-se o parcelamento da adubação potássica visando, principalmente, reduzir as perdas do K^+ por lixiviação (RAIJ et al., 1997). Considerando os menores riscos de perda de potássio por lixiviação ao utilizar o termopotássio, pode-se inferir

que o parcelamento da adubação potássica para as culturas poderia ser dispensado quando se utiliza essa fonte.

3.2 Teor de potássio no solo

Inicialmente, as amostras de LVd e RQo estavam com respectivamente 2 e 1,4 % da CTC (capacidade de troca catiônica) do solo saturada com potássio (Tabela 07).

De acordo com a figura 10, na aplicação do KCl, o potássio oriundo dessa fonte movimentou-se verticalmente atingindo todas as camadas do lisímetro, indicando maior percolação desse elemento no perfil da coluna, o que era esperado, por se tratar de uma fonte muito solúvel em água. Além disso, foi possível verificar que todas as camadas de solo ficaram saturadas com potássio, sendo que as amostras do LVd e do RQo o potássio oriundo do KCl em relação à testemunha ficou respectivamente com 7 a 5,76 % retido nas camadas de solo. O potássio que ficou na solução do solo que foi o responsável pela elevação dos valores de potássio trocável com o aumento da profundidade do solo (ERNANI et al., 2007).



Médias seguidas por letras distintas em cada camada diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

FIGURA 10. Teores de potássio extraído (Resina) nas camadas de amostras de Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo) colocadas em lisímetro e submetidas a aplicação de diferentes fontes de potássio.

O teor de potássio trocável na camada de 0-20 cm, onde as raízes de culturas anuais atingem, como por exemplo a soja é superior no tratamento que recebeu o termopotássio e nas camadas abaixo, onde as raízes dessa cultura não costumam chegar, é superior com o KCl (Figura 10), evidenciando menor movimentação do termopotássio em relação ao KCl nas camadas das colunas de lixiviação.

Isso ocorre porque o termopotássio é capaz de aumentar o pH e a CTC, (capacidade de troca de cátions) do solo e, conseqüentemente, diminuir a lixiviação do potássio, já que a mobilidade vertical dos nutrientes no solo é afetada pelo pH (ERNANI et al., 2002) e CTC (CHAVES; LIBARDI, 1995) ou seja, pela quantidade de cátions que um solo é capaz de reter por unidade de peso ou volume (RAIJ, 2011) e quanto maior CTC do solo mais retenção do potássio nos colóides do solo que vai para a solução do solo apenas quando a planta necessitar com isso menor possibilidade de perdas por lixiviação. Ao contrário do termopotássio, o KCl não aumenta o pH e a CTC do solo e com isso maioria do potássio fica na solução do solo e susceptível a perda por lixiviação já que o potássio é muito móvel no solo.

Outra explicação para isso é que o termopotássio no solo apresenta a mesma dinâmica do carbonato e o KCl do gesso agrícola. O carbonato de cálcio é um sal de baixíssima solubilidade e não desce no perfil do solo, pois o cálcio perde o par iônico (RAIJ, 2011) como possivelmente ocorre com o potássio oriundo do termopotássio. O gesso agrícola diminui os teores de alumínio trocável no solo, em profundidade sendo verificado pela lixiviação do gesso na coluna de lixiviação. Isso é possível devido a formação par iônico solúvel (CaSO_4^0). (RAIJ, 1988; SOUZA e RITCHEY 1986; CHAVES et al 1987). O cloreto de potássio tem o par iônico formado entre o potássio e o cloro por isso como o gesso tem efeito nas camadas subsuperficial dos lisímetros.

O termopotássio farelado proporcionou mais potássio na camada de 0-20cm do que essa mesma fonte na forma granulada (Figura 10). Nas outras camadas, não houve diferença estatística entre essas fontes. Isso mostra que a reatividade do termopotássio na forma farelada foi maior ao proporcionar maior contato com o solo.

A percolação do potássio proveniente do KCl variou conforme o tipo de solo, os teores de potássio na camada de 70-80 cm no LVd foi maior que no RQo, sendo respectivamente 0,4 e 0,2 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Figura 10). Esses dados estão de acordo com Ernani et al. (2007) que verificaram que o teor de potássio na camada mais profundas das colunas de lixiviação, oriundo do KCl, foi maior no Nitossolo, com 55% de argila,

do que no Cambissolo, com 39 % de argila, provavelmente devido à maior concentração inicial nativa de potássio, já que a quantidade de potássio perdida por lixiviação é proporcional à quantidade de água, à dose do elemento aplicado e é influenciada pela textura do solo (ROSOLEM et al., 2006). Além disso, é proporcional à concentração inicial do nutriente na solução preexistente no solo (CIOTTA et al., 2002).

Por isso, neste trabalho, como o tratamento testemunha das amostras de um LVd apresentou maior teor inicial de potássio no solo, $0,07 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, apresentou na camada de 70-80 cm $0,05 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de potássio enquanto que nas amostras de um RQo que tinha inicialmente, $0,04 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ apresentou nessa mesma camada $0,02 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de potássio (Figura 10).

4 CONCLUSÃO

Nas amostras dos dois tipos de solo, o termopotássio farelado disponibilizou mais potássio na camada superficicial (0 a 20 cm) enquanto o KCl disponibilizou mais potássio nas camadas da subsuperfície demonstrado maior mobilidade no perfil.

O termopotássio granulado disponibilizou menos potássio do que o farelado na camada superficial e nas outras camadas não houve diferença estatística.

REFERÊNCIAS

- CHAVES, L.H.G.; LIBARDI, P.L. Lixiviação de potássio e cálcio mais magnésio influenciada pelo pH. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.19 p.145-148, 1995.
- CHAVES, J.C.D.; PAVAN, M.; MIYAZAWA, M. Redução da acidez subsuperficial em coluna do solo. **Pesq. Agrop. Bras.** Brasília, v.33, n.5, p.469-476, 1987.
- CIOTTA, M.N.; et al. Acidificação de um Latossolo sob plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.26 p.1055- 1064, 2002.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de pesquisa de solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, Rio de Janeiro, 1999, 212p.
- EPA- Environmental Protection Agency, USA. **Microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices (METHOD 3052)**. U.S. EPA, 20p, December, 1996. Disponível em:
<<http://www.epa.gov/wastes/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3052.pdf>>. Acesso em 20 set. 2011.
- ERNANI, P.R.; SANGOI, L.; RAMPAZZO, C. Lixiviação e imobilização de nitrogênio num Nitossolo em função da forma de aplicação da uréia e da palha de aveia. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.26, p.993-1000, 2002.
- ERNANI, P.R.; et al. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa v.31, p.393-402, 2007.
- FERREIRA, D. F.; SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v.6, p.36-41, 2008.
- FRAYHA, R. **Rochas potássica**: mineração e metalurgia, Rio de Janeiro, v. 15, n.87, p.85-6, 1950.
- GABOS, M.B.; et al. Lixiviação de potássio aplicado ao solo na forma de cloreto de potássio e de termofosfato potássico fundido. In: FERTBIO, 2006. **Anais...** Bonito: Embrapa, 2006. CD-ROM.
- HOROWITZ, A.; et al. Produção de adubos de solubilidade controlada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.2 n.2 p.144-157, 1978.
- KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de silício**: solo, planta e fertilizante. Uberlândia: GPSi/ICIAG/UFU, 2004. 34 p. (Boletim técnico, 2).

MARTINS, E.S.; et al. Agrominerais – rochas silicáticas como fontes minerais alternativas de potássio para a agricultura. In: Adão B. Luz e Fernando Fernando Lins (eds.), **Rochas e Minerais Industriais** : usos e especificações, Rio de Janeiro: CETEM, p. 205-221,2010.

MIELNICZUK, J. Avaliação da resposta das culturas ao potássio em ensaios de longa duração - experiências brasileiras. In: YAMADA, T. et al., eds. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, 1982.556p.

NASCIMENTO, M; MONTE, M. B. de M.; LAPIDO-LOUREIRO, F. E. Capítulo 8 – Agrominerais - Potássio, In: LUZ, ADÃO B.; LINS, Fernando A. F. (Eds.). **Rochas e minerais industriais**. Rio de Janeiro. Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, 2. ed., 2008.

PIZA, P. A. DE T.; FRANÇA, S. C. A.; BERTOLINO, L. C. **Termopotássio do Cedro de Abaeté (MG) como fonte alternativa para potássio**. XVII Jornada de Iniciação Científica – CETEM, 2009.

RAIJ, B .van. . **Fertilidade do solo e manejo dos nutrientes**. Piracicaba-SP, International Plant Nutrition Institute, 2011.420p.

RAIJ B .van.; et al. **Análise Química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas-SP, Instituto Agrônomo de Campinas, 2001.285p.

RAIJ, B.van.; et al. eds. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, Fundação IAC, 1997. 285p.

RAIJ,B. van. **Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo**. Associação Nacional para difusão de adubos e corretivos agrícolas. São Paulo,1988. 88p.

ROSOLEM, C. A.; et al. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milheto e chuva simulada. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 41, n. 6, 2006.

SANZONOWICKZ, C.; MIELNICZUK, J. Distribuição do potássio no perfil de um solo,influenciado pela planta, fonte e métodos de aplicação de adubos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v.9 p. 45-50, 1985.

SOUZA, D.M.G.de; RITCHEY, K.D. Uso do gesso agrícola no solo do Cerrado.In: I SEMINÁRIO SOBRE O USO DE FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1986, Brasília. **Anais ...** Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. p.119-144.

YAMADA, T. ; ROBERTS,T.L. **Potássio na Agricultura Brasileira**. Associação Brasileira da Potassa e do Fosfato, Piracicaba-SP, 2005.841p.

CAPÍTULO 3

RESUMO

Eficiência agronômica de diferentes fontes de potássio na cultura do milho (Teste Biológico)

O milho é uma gramínea muito utilizada e exigente em potássio e nitrogênio. O verdete e o termopotássio são possíveis fontes alternativas de potássio, mas também contém na sua composição química cálcio, magnésio e silício. O objetivo desse trabalho foi avaliar o termopotássio e o verdete como fontes de potássio e outros nutrientes para a cultura do milho e comparar os extratores Mehlich1 e Resina na determinação do potássio trocável no solo. Esse experimento foi conduzido em casa de vegetação, usando amostras de um Neossolo Quartzarênico órtico (RQo) e um Latossolo Vermelho distrófico (LVd). O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), no esquema fatorial 3x2+1, sendo três fontes de potássio (KCl, Verdete e Termopotássio), duas doses de potássio (200 e 400 kg ha⁻¹ de K₂O) e um tratamento adicional que não recebeu adubação potássica. Foram realizados dois cultivos consecutivos do milho, no segundo cultivo não houve reaplicação das fontes. Nos dois cultivos, a parte aérea do milho foi colhida aos 34 dias após a semeadura. Ao final dos experimentos foram analisados, a produção de matéria seca, o teor de potássio, cálcio, magnésio e silício nas plantas, o acúmulo desses nutrientes pelas plantas e o potássio no solo com dois extratores. A aplicação de termopotássio no solo aumentou o potássio acumulado na parte aérea do milho e a sua produção de matéria seca principalmente nas amostras de LVd. Considerando os dois cultivos consecutivos, o índice de eficiência agronômica do termopotássio foi superior ao KCl nas amostras de um LVd e inferior nas amostras de um RQo. Em ambas amostras de solo o Verdete apresentou índice de eficiência agronômica inferior ao KCl e ao termopotássio. Tanto nas amostras de um LVd quanto nas amostras de um RQo, o termopotássio liberou parte do potássio, cálcio, magnésio e silício no primeiro cultivo e mostrou efeito residual no segundo cultivo. Além disso, em solos adubados como o termopotássio o método que melhor determina o potássio trocável é a resina trocadora de íons.

Palavras-chave: termopotássio, verdete, *Pennisetum glaucum* L.

ABSTRACT

Agronomic efficiency of different sources of potassium in millet culture (biological study)

Millet is a grass that responds to potassium fertilization. Verdete and thermopotash are possible alternative sources of potassium, but also contain calcium, magnesium and silicon. Thus, this study evaluated the absorption of potassium and other nutrients, supplied by thermopotash and verdete to millet and compared Mehlich-1 and resin extractors for the determination of plant available potassium. The experiment was done in a greenhouse at the Universidade Federal de Uberlândia (UFU). The soils used were Ustoxic Quartzipsamment with 15% clay (RQo) and Oxysol Red with 40% clay (LVd). The experimental design was randomized blocks, with 3 repetitions as a 3 X 2 + 1 factorial, containing 3 sources (KCl, Thermopotash, Verdete) and 2 doses (200 and 400 kg ha⁻¹ K₂O), and an additional treatment (control). Millet was grown in the same pot two consecutive times. In the second crop there was no replication of the potassium source. In two crops millet was harvested 34 days after sowing. At the end of experiment, dry matter, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Si contents in above ground millet matter and accumulated Si, and potassium in soil, with two extractors, were analyzed. Application of thermopotash in soil increased the potassium accumulated in the shoots of millet and its dry matter production, especially in the samples of LVd. For two consecutive crops, the agronomic efficiency of thermopotash was greater than KCl in samples of LVd and lower in samples of RQo. In both soil samples, millet absorbed potassium, calcium, magnesium and silicon supplied by thermopotash in the first and the second crop. The agronomic efficiency of verdete was lower than that of KCl and thermopotash, in both LVd and RQo. Moreover, in soils fertilized with thermopotash, the best method used to determine available potassium for plants was ion exchange resin. In conclusion, thermopotash, can be used as potassium, calcium, magnesium and silicon source for millet, and can correct the pH of soils.

Keywords: thermopotash, verdete, *Pennisetum glaucum* L

1 INTRODUÇÃO

O potássio é requerido em grandes quantidades pelas plantas e a extração desse nutriente, necessária para um desenvolvimento adequado, varia de acordo com a espécie cultivada. Salton e Hernani (1994) observaram, em Bonito-MS, que o milheto africano acumula na sua parte aérea, cerca de 377 kg ha^{-1} de potássio, demonstrando a exigência dessa cultura neste nutriente, quando comparado ao milho (196 kg ha^{-1} de potássio), como relatado por Büll (1993).

O Brasil é um grande consumidor de adubos potássicos e 90% desse fertilizante consumido é importado principalmente, na forma de cloreto de potássio (KCl) (OLIVEIRA, 2005). Isto desfavorece acentuadamente a balança comercial brasileira, o que justifica a necessidade de pesquisas com outras fontes não convencionais de potássio para a agricultura brasileira (MARTINS, et al., 2008), como é o caso do verdete e do termopotássio que é oriundo do tratamento industrial do verdete.

Essas fontes, além de potássio contêm na sua composição química o cálcio, o magnésio e o silício. Além disso, são fontes pouco solúveis em água e a liberação dos nutrientes contidos nelas tende a ser gradativa. Porém, com o tratamento térmico do verdete para a obtenção do termopotássio, possivelmente irá liberar seus nutrientes de forma mais eficiente.

Para determinar o potássio trocável do solo, ou seja, o potássio esta disponível para as plantas em têm sido utilizados vários extratores, mas os extratores Mehlich1 e a Resina são os principais. O Mehlich1 é uma solução de ácidos que tem a capacidade de extrair o potássio não trocável, superestimando a disponibilidade do nutriente no solo. Já resina trocadora de íons não tem caráter ácido e extrai o potássio da solução do solo (YAMADA; ROBERTS, 2005). Assim, é importante identificar qual o melhor método na avaliação da disponibilidade de potássio, no caso de solos que receberam a aplicação do termopotássio e o do verdete, que são fontes pouco solúveis em água, para evitar a superestimação dos teores do potássio trocável.

Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar o termopotássio e o verdete como fontes de potássio e outros nutrientes para a cultura do milheto e comparar os extratores Mehlich1 e Resina na determinação do potássio trocável no solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização química das fontes de potássio

A caracterização química das fontes (Tabela 11), verifica-se que o KCl tem mais K_2O e entre as fontes alternativas o verdete apresenta maior percentual de K_2O e silício total, porém o termopotássio apresenta maior percentual de CaO e MgO devido o processo de calcinação.

TABELA 11. Caracterização química das fontes de potássio utilizadas no experimento.

FONTE	K_2O Total*	Si Total**	CaO Total***	MgO Total***
	----- g kg ⁻¹ -----			
KCl granulado	600,0	---	---	---
Verdete em pó	110,0	292,9	6,0	4,0
Termopotássio farelado fino	68,0	110,1	311,0	69,0

*Determinado segundo a metodologia do EPA.** Determinado segundo metodologia descrita por Korndorfer et al (2004)***Segundo a metodologia da Embrapa (1999).

2.2 Condução do experimento

Foi instalado um experimento com milho na casa-de-vegetação, localizada no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia. Foram utilizados dois tipos de amostras: Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo). Essas amostras foram classificadas quimica e fisicamente (Tabela 01 e 02). O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados (DBC) com três repetições, segundo um esquema fatorial $3 \times 2 + 1$, sendo três fontes de potássio (KCl, verdete e termopotássio), em duas doses (200 e 400 kg ha⁻¹ de K_2O) e um tratamento adicional que não recebeu adubação potássica. A quantidade de cada fonte de potássio adicionada aos solos foi calculada com base nos teores totais de K_2O (Tabela 12) e o cloreto de potássio foi utilizado como fonte padrão com a qual as demais fontes de potássio foram comparadas.

2.2.1 Cultivos

Foram realizados dois cultivos consecutivos com o objetivo de avaliar o efeito

residual das fontes de potássio. Para ambos os cultivos as unidades experimentais foram constituídas de vasos contendo 5 kg de amostra de terra fina seca ao ar (TFSA).

Antes da semeadura do primeiro cultivo, foram misturados $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ na proporção 3:1, com o objetivo de elevar a saturação por bases para 60%. As amostras de solo ficaram incubadas por 30 dias e após esse período, e antes da semeadura do milho, os solos receberam 400 kg ha^{-1} de nitrogênio e 600 kg ha^{-1} de fósforo, provenientes das fontes sulfato de amônio e superfosfato simples, respectivamente, e o equivalente a 100 kg ha^{-1} do produto FTE BR-12 contendo 9 % Zn; 7,1 % Ca; 5,7 % S; 2 % Mn; 1,8 % B; 0,8 % Cu; 0,1 % Mo.

TABELA 12. Doses das diferentes fontes de potássio aplicadas em duas amostras de solos (Latosolo Vermelho distrófico (LVd) e um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo) acondicionados em vasos de 5 kg.

FONTES	Teor de K_2O	Dose de	Dose da fonte	Dose da fonte
	Total	K_2O		
	--- % ---	-----	kg ha^{-1} -----	$\text{g } 5\text{kg}^{-1}$ solo
Testemunha	0	0	0	0
KCl granulado	60,0	200	333,33	0,83
KCl granulado	60,0	400	666,67	1,67
Termopotássio farelado fino	6,8	200	2941,18	7,35
Termopotássio farelado fino	6,8	400	5882,35	14,71
Verdete em pó	11,0	200	1818,18	4,55
Verdete em pó	11,0	400	3636,36	9,09

Para ambos os cultivos, o milho, cultivar ADR500, foi semeado na profundidade de 2 cm, distribuindo-se 20 sementes viáveis por vaso. Após a emergência das sementes foi efetuado o desbaste, deixando seis plantas por vaso. Aos 15 DAS (dias após a semeadura) do milho, foi feita a adubação de cobertura com 100 kg ha^{-1} de nitrogênio, utilizando como fonte, o sulfato de amônio. Aos 34 DAS, foi feita a colheita da parte aérea do milho, posteriormente retirou-se uma amostra de solo para análise, com o auxílio de um mini trado.

Após o primeiro cultivo, os solos dos vasos foram secos ao ar e depois passados em uma peneira de 2 mm para remover as raízes do milho. Depois voltou apenas o

solo para os vasos e realizou-se um novo cultivo, no qual não foram reaplicadas as fontes de potássio, apenas o superfosfato simples, o sulfato de amônio e o FTE BR -12 nas mesmas quantidades do primeiro cultivo.

2.3 Análises da parte aérea do milho

Tanto no primeiro quanto no segundo cultivo do milho, a parte aérea das plantas foram colhidas 34DAS, posteriormente foram colocadas em sacos de papel e levadas para a estufa a 65° C, para serem secar até obterem peso constante. Após serem retiradas da estufa, as plantas foram pesadas para obtenção da massa seca, posteriormente, foram moídas para fazer a análise da concentração de potássio, de cálcio de magnésio na parte aérea do milho, segundo metodologia descrita por Embrapa (1999), e de silício segundo descrita por Korndörfer et al.(2004). A quantidade dos nutrientes acumulados pela parte aérea foi obtida através dos resultados de produção de massa seca e da concentração do nutriente na parte aérea do milho.

2.4 Análises de solo

Após a colheita da parte aérea do milho, foram retiradas amostras de solo de cada vaso, com auxílio de um mini trado, para determinar o potássio trocável no solo com o extrator Mehlich1, pela metodologia descrita pela EMBRAPA (1999) e com o extrator Resina, segundo a metodologia de Raij et al. (2001)

2.5 Cálculo do índice de eficiência agrônômica (IEA)

Utilizando a soma da matéria seca da parte aérea (MSPA) dos dois cortes consecutivos do milho, calculou-se o Índice de Eficiência Agrônômica (IEA) das fontes de potássio para cada tipo de solo segundo a Equação 1:

Equação1:

$$\text{IEA (\%)} = \frac{\text{MSPA da fonte} - \text{MSPA sem potássio}}{\text{MSPA com KCl} - \text{MSPA sem potássio}} \times 100$$

2.6 Percentual de potássio recuperado

Utilizando a soma do potássio acumulado na parte aérea (K acumulado) dos dois cortes consecutivos do milho, calculou-se a recuperação do potássio proveniente das fontes de potássio segundo a Equação 2:

Equação 2:

$$\text{K recuperado (\%)} = \frac{\text{K acumulado da fonte} - \text{K acumulado da testemunha}}{\text{Potássio aplicado no solo}} \times 100$$

2.7 Análises Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o programa estatístico denominado ASSISTAT, as médias comparadas pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. Cada tratamento foi comparado com a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância (SILVA; AZEVEDO, 2009).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Latossolo Vermelho distrófico (LVd)

3.1.1 Produção de matéria seca da parte aérea

A aplicação do KCl nas amostras de um LVd, promoveu uma produção de massa seca do milho de 18 e 21,8 g vaso⁻¹, quando submetidas respectivamente a doses de 200 e 400 kg ha⁻¹ de K₂O (Tabela 13). Rosolem et al. (2003) verificaram que o milho, aos 28 dias após a emergência, cultivado numa amostra de um LVd com 33% argila, foi capaz na dose 15 mg dm⁻³ de K (36 kg ha⁻¹ K₂O), de produzir 13 g vaso⁻¹ de matéria seca e na dose de 120 mg dm⁻³ de K (289 kg ha⁻¹ K₂O) foi capaz de produzir 16 g vaso⁻¹ de matéria seca, utilizando como fonte o KCl. Nesse experimento, ao utilizar o solo com a mesma classificação e tempo de colheita, obteve-se maior produção de matéria seca, do que foi observado por Rosolem, pois, no experimento dele foi utilizado uma cultivar de milho não melhorada geneticamente e neste experimento foi utilizada a cultivar ADR 500, que é melhorada principalmente, para produção de massa verde.

Também verifica-se na tabela 13, que independente da dose utilizada, no primeiro cultivo do milho, o termopotássio não diferiu estatisticamente do KCl e foi superior ao verde de quanto à produção de matéria seca. Portanto, apesar do termopotássio ser pouco solúvel em água, apresentou desempenho agrônomo semelhante ao KCl, após 34 dias da sua aplicação.

No segundo cultivo, independente da dose utilizada, o residual do termopotássio foi mais eficiente em aumentar a matéria seca da planta de milho do que o residual do KCl e do verde de (Tabela 13). Estes dados estão de acordo com Eichler e Lopes (1983) que conduziram três cultivos sucessivos de milho em amostras de um LVd e constataram que a aplicação da mistura do verde de do Abaeté e calcário em partes iguais submetida a uma temperatura de calcinação de 1100°C proporcionou uma produção de massa seca equivalente ao KCl no primeiro cultivo e maior nos cultivos subsequentes.

TABELA 13. Produção de matéria seca da parte aérea do milho aos 34 DAS em dois cultivos sucessivos em amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd), com a aplicação de diferentes doses e fontes de potássio.

Cultivo do milho	Doses de K ₂ O --- kg ha ⁻¹ ---	Fontes de potássio			
		KCl	Termopotássio	Verdete	Média
		----- g vaso ⁻¹ -----			
Primeiro	0		12,2		
	200	18,0 ^{ns}	18,1 ^{ns}	12,2 ^{ns}	16,1 a
	400	21,8*	19,0*	12,4 ^{ns}	17,8 a
	Média	19,9 A	18,6 A	12,3 B	
Segundo	0		7,6		
	200	14,8*	17,2*	7,6 ^{ns}	13,2 b
	400	15,4*	24,6*	7,7 ^{ns}	15,9 a
	Média	15,1 B	20,9 A	7,6 C	

1° Cultivo: CV%= 17,87; DMS Dunnet= 6,52; DMS (média) fonte = 4,44; DMS (média) dose=2,32

2° Cultivo: CV%= 17,94; DMS Dunnet= 2,94; DMS (média) fonte= 3,76; DMS (média) dose=1,97

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância;*: Diferença significativa em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância
^{ns} :não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

A produção total de matéria seca do milho, ou seja, considerando os dois cultivos sucessivos foi semelhante entre o termopotássio e o KCl na dose de 200 kg ha⁻¹, já na dose de 400 kg ha⁻¹ o termopotássio foi estatisticamente superior. O verde de foi a única fonte que não diferiu da testemunha, demonstrando sua baixa eficiência em aumentar a matéria seca da parte aérea do milho (Figura 11).

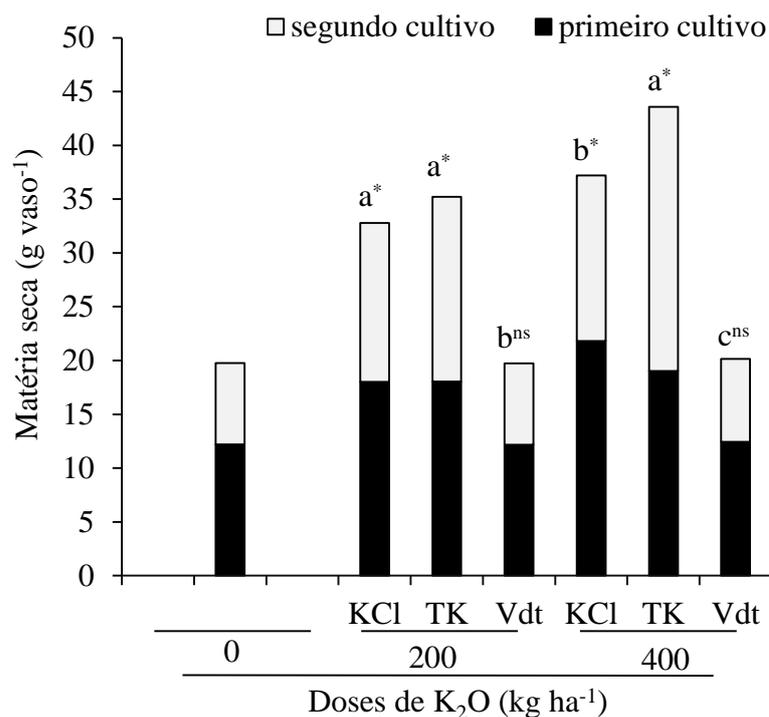


FIGURA 11. Somatória da produção de matéria seca da parte aérea do milho em dois cultivos sucessivos em amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd), com a aplicação de diferentes doses de K₂O e fontes de potássio (KCl-cloreto de potássio, TK-termopotássio e Vdt-verdete). Médias seguidas por letras distintas para cada dose diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; * e ^{ns}: Diferença em relação à testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância *: significativo e ^{ns}: não significativo.

3.1.2 Concentração de potássio na parte aérea do milho

No primeiro cultivo, entre as fontes testadas, o KCl conferiu as maiores concentrações de potássio no tecido foliar, tanto na dose de 200 quanto na dose de 400 kg ha⁻¹ de K₂O (Tabela 14). Uma explicação para isso se deve à maior solubilidade dessa fonte em relação ao termopotássio, o que permite uma liberação desse elemento mais rapidamente ao solo em curto período de tempo e que proporciona maior absorção pela planta.

Porém, Segundo Meurer (2006), as plantas têm a capacidade de absorver quantidade de potássio superior à sua necessidade, o que comumente é denominado consumo de luxo. Isso significa uma absorção de potássio em quantidades superiores às necessárias para o seu pleno desenvolvimento, ou seja, a planta extrai potássio sem, no entanto, refletir no aumento de matéria seca da cultura.

Portanto, apesar dos teores de potássio na parte aérea do milho, quando cultivado no solo com termopotássio, serem menores que do KCl, esses níveis foram suficientes para suprir as necessidades nutricionais do milho ainda no primeiro cultivo, já que não houve diferença entre a produção de matéria seca da parte aérea do milho com ambas as fontes (Tabela 13). Além disso, segundo Amberger, (2006) plantas bem supridas com potássio são aquelas que apresentam na sua matéria seca mais de 1% (10 g kg^{-1}) de potássio.

TABELA 14. Concentração de potássio na parte aérea do milho aos 34 DAS em dois cultivos sucessivos em amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd), com a aplicação de diferentes doses e fontes de potássio.

Cultivo do milho	Doses de K_2O --- kg ha^{-1} ---	Fontes de potássio			Média
		KCl	Termopotássio	Verdete	
		----- g kg^{-1} -----			
Primeiro	0		8,2		
	200	15,2* Ab	11,0 ^{ns} Aba	7,0 ^{ns} Ba	11,1 b
	400	22,8* Aa	12,4 ^{ns} Ba	8,2 ^{ns} Ba	14,5 a
	Média	19,0 A	11,7 B	7,6 B	
Segundo	0		9,5		
	200	9,8 ^{ns}	10,5 ^{ns}	10,8 ^{ns}	10,4 a
	400	11,0 ^{ns}	10,0 ^{ns}	12,2 ^{ns}	11,0 a
	Média	10,4 A	10,3 A	11,5 A	

1º Cultivo: CV%= 20,35; DMS Dunnet= 5,41; DMS fonte=5,22 DMS (média) fonte=3,69; DMS dose= 3,86 DMS(média) dose=1,93

2º Cultivo: CV%= 11,50; DMS Dunnet= 2,98; DMS (média) fonte= 2,03 DMS (média)dose=1,06

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; *: Diferença significativa em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância
^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

No segundo cultivo, a concentração de potássio na parte aérea do milho não diferiu estatisticamente entre as fontes testadas (Tabela 14). Isso se deve ao efeito da diluição, ou seja, a planta aumentou muito sua matéria seca (tabela 13) e como a concentração de potássio é dado em g kg^{-1} de matéria seca, numericamente, essa concentração foi menor.

3.1.3 Quantidade de potássio acumulado na parte aérea do milho

O potássio acumulado na sua parte aérea do milho, na dose de 200 kg ha^{-1} de K_2O , tanto no primeiro como no segundo cultivo, foi maior com o termopotássio. Na dose de 400 kg ha^{-1} de K_2O , no primeiro cultivo, a variável potássio acumulado foi

maior com o KCl, já no segundo cultivo com termopotássio. Além disso, nos dois cultivos e independente da dose utilizada a pior fonte foi o verdete (Tabela 15).

TABELA 15. Potássio acumulado na parte aérea do milho aos 34 DAS em dois cultivos sucessivos em amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd), com a aplicação de diferentes doses e fontes de potássio.

Cultivo do milho	Doses de K ₂ O --- kg ha ⁻¹ ---	Fontes de potássio			Média
		KCl	Termopotássio	Verdete	
Primeiro	0	----- mg vaso ⁻¹ -----			
	200	264 * Ab	182 ^{ns} Aa	95 ^{ns} Ba	180 b
	400	491 * Aa	250 * Ba	100 ^{ns} Ca	280 a
	Média	377 A	216 B	98 C	
Segundo	0		71		
	200	145 * Aa	179 * Ab	82 ^{ns} Ba	135 b
	400	168 * Ba	242 * Aa	93 ^{ns} Ca	168 a
	Média	156 B	210 A	88 C	

1º Cultivo: CV%= 24,2; DMS Dunnet= 125;

DMS fonte= 111,8; DMS(média) fonte= 79,1; DMS dose= 91,3; DMS(média) dose= 52,7;

2º Cultivo: CV%=11,76; DMS Dunnet=40,08;

DMS fonte=35,8; DMS(média)fonte= 25,35; DMS dose= 29,2; DMS(média) dose=16,91;

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; *: Diferença significativa em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância
^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Portanto, tanto no primeiro quanto no segundo cultivo, as plantas adubadas com o termopotássio absorveram mais potássio do que quando comparado com o verdete (Tabela 15). Este resultado foi possível porque o tratamento químico ou térmico dado ao verdete aumenta a solubilidade das rochas (RESENDE et al., 2006). Por exemplo, a calcinação, que é um processo o qual modifica a estrutura interna dos minerais de potássio, tornando esse elemento mais disponível para ser liberado na solução do solo que é o local onde a planta é capaz de absorvê-lo (FRAYHA, 1950; HOROWITZ et al., 1978).

Em relação à somatória dos dois cultivos consecutivos, verificou que o potássio acumulado na parte aérea do milho, quando utilizou o termopotássio na dose de 200 kg ha⁻¹ foi semelhante ao KCl e maior que o verdete, já na dose de 400 kg ha⁻¹ o termopotássio foi inferior ao KCl porém superior ao verdete (Figura 12). Independente da dose de verdete utilizada essa fonte não difereu da testemunha e portanto não interferiu no acúmulo de potássio pela parte aérea do milho.

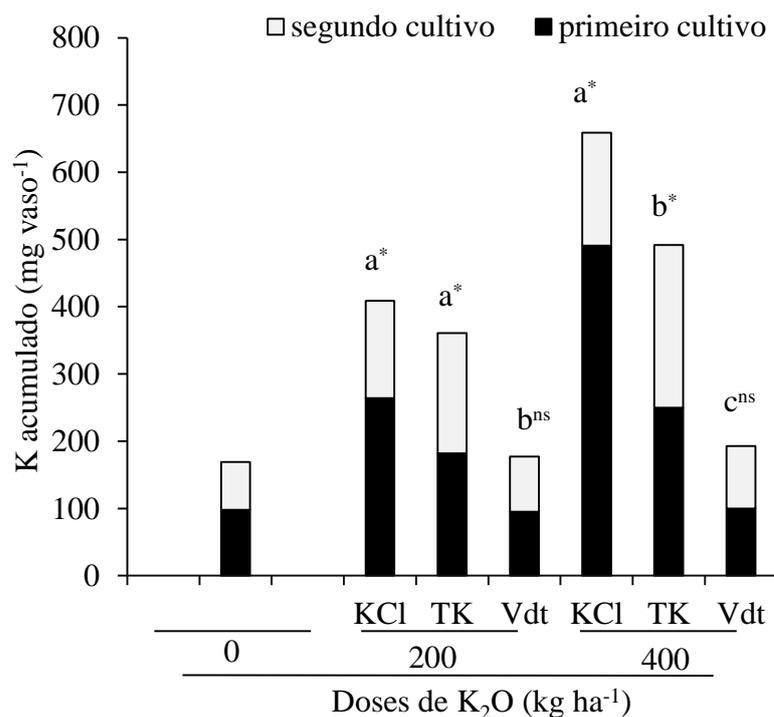


FIGURA 12. Somatória do potássio acumulado na parte aérea do milho em dois cultivos sucessivos em amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd), com a aplicação de diferentes doses de K₂O e fontes de potássio (KCl-cloreto de potássio, TK-termopotássio e Vdt-verdete). Médias seguidas por letras distintas para cada dose diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; * e ^{ns}: Diferença em relação à testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância *: significativo e ^{ns}: não significativo.

3.1.4 Teor de potássio extraído do solo

Após o primeiro cultivo do milho, tanto com o extrator Mehlich1 quanto com a Resina trocadora de íons, os teores de potássio trocável no solo (efeito residual) do tratamento com o termopotássio, independente da dose utilizada, foi superior ao KCl e ao verdete (Tabela 16 e 17). Esse efeito residual pode ser explicado pelo fato da fonte ser pouco solúvel em água, podendo liberar para o solo o potássio presente nela de forma gradativa. Por isso, para alcançar resultados consistentes sob a eficiência agrônômica de fontes insolúveis é importante realizar avaliações no decorrer de vários cultivos (RESENDE et al., 2006a).

Verificou-se nas tabelas 16 e 17 que após o segundo cultivo do milho, os teores de potássio, que permaneceram no solo no tratamento com o termopotássio mantiveram-se elevados e superiores ao KCl, que praticamente se esgotou, sendo igual

ao da testemunha. Isso mostra que o termopotássio é uma fonte que solubiliza seu potássio de forma gradativa.

TABELA 16. Teores de potássio com o extrator Mehlich1 em amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd), com a aplicação de diferentes doses e fontes de potássio.

Cultivo do milho	Doses de K ₂ O --- kg ha ⁻¹ ---	Fontes de potássio			Média
		KCl	Termopotássio	Verdete	
		----- cmol _c dm ⁻³ -----			
Primeiro	0		0,03		
	200	0,05 ^{ns} Bb	0,16 [*] Ab	0,03 ^{ns} Ba	0,08 b
	400	0,09 [*] Ba	0,22 [*] Aa	0,03 ^{ns} Ca	0,11 a
	Média	0,07 B	0,19 A	0,03 C	
Segundo	0		0,03		
	200	0,05 ^{ns} Ba	0,11 [*] Ab	0,04 ^{ns} Ba	0,07 b
	400	0,07 [*] Ba	0,20 [*] Aa	0,04 ^{ns} Ba	0,09 a
	Média	0,06 B	0,16 A	0,04 B	

1º Cultivo: CV%= 26,10 ; DMS Dunnet= 0,05; DMS fonte= 0,05; DMS(média) fonte= 0,03; DMS dose= 0,05; DMS(média)dose= 0,02;

2º cultivo: CV%= 23,12; DMS Dunnet= 0,04;DMS fonte= 0,04;DMS(média) fonte= 0,03; DMS dose= 0,03; DMS(média)dose= 0,01

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; *: Diferença significativa em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância
^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

TABELA 17. Teores de potássio com o extrator Resina em amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd), com a aplicação de diferentes doses e fontes de potássio.

Cultivo do milho	Doses de K ₂ O --- kg ha ⁻¹ ----	Fontes de potássio			Média
		KCl	Termopotássio	Verdete	
		----- cmol _c dm ⁻³ -----			
Primeiro	0		0,03		
	200	0,04 ^{ns} Bb	0,08 [*] Aa	0,03 ^{ns} Ba	0,05 a
	400	0,05 ^{ns} Ba	0,08 [*] Aa	0,03 ^{ns} Ba	0,05 a
	Média	0,05 B	0,08 A	0,03 C	
Segundo	0		0,03		
	200	0,03 ^{ns} Ba	0,04 [*] Ab	0,03 ^{ns} Ba	0,03 b
	400	0,03 ^{ns} Ba	0,07 [*] Aa	0,03 ^{ns} Ba	0,04 a
	Média	0,03 B	0,06 A	0,03 B	

1º Cultivo: CV%= 25,27; DMS Dunnet= 0,03; DMS fonte= 0,03 DMS(média) fonte= 0,02; DMS dose= 0,01; DMS(média) dose= 0,01

2º Cultivo: CV%= 14,47; DMS Dunnet= 0,01; DMS fonte= 0,01 DMS(média) fonte= 0,009 ; DMS dose= 0,001 DMS(média) dose= 0,006

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; *: Diferença significativa em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância
^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

3.1.5 Índice de Eficiência Agronômica

Considerando os dois cultivos, o termopotássio foi 28 % superior que o KCl (Figura 13) Portanto, nesse experimento, a fonte insolúvel de potássio (termopotássio) se comportou como as fontes insolúveis de fósforo, que no início apresentam baixa eficiência, e com o passar do tempo, as diferenças de eficiência entre as fontes solúveis e insolúveis tendem a diminuir (HOROWITZ; MEURER, 2003 ; SOUSA; LOBATO, 2004).

Já o verdete, mesmo ao longo do tempo não foi capaz de aumentar a produção da matéria seca do milho (Tabela 13), por isso eficiência agronômica de apenas 1,4 %, que é uma eficiência muito baixa. Portanto, o verdete não poderia ser utilizado como fonte de potássio para a cultura do milho.

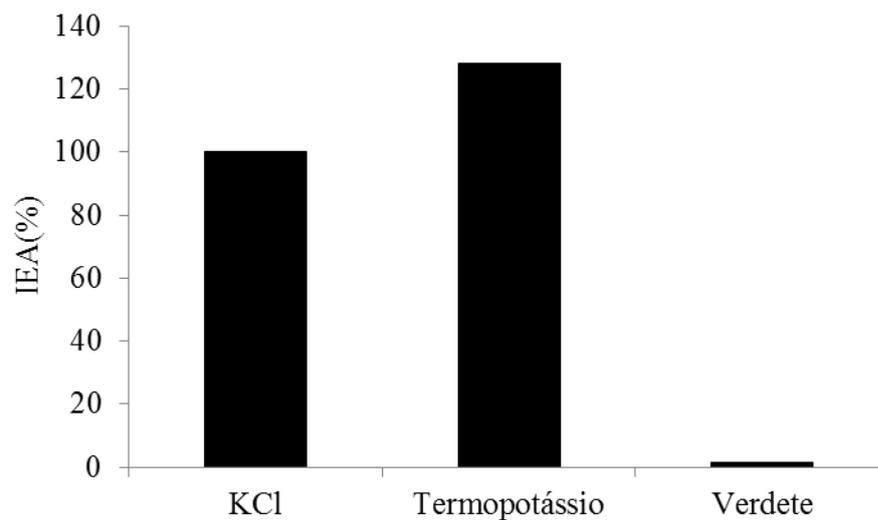


FIGURA 13. Índice de eficiência agronômica das fontes de potássio, calculado com base na soma da produção de matéria seca do milho sob dois cortes consecutivos cultivado em amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd).

3.1.6 Percentual de potássio recuperado das fontes

Segundo a figura 14, verifica-se que 61 e 46 % do potássio fornecido pelo KCl e o termopotássio, respectivamente, foram acumulados na parte aérea do milho. Portanto, do total de potássio aplicado no solo, mais da metade e quase a metade foi absorvido pela parte aérea do milho, quando utilizou como fonte de potássio respectivamente o KCl e o termopotássio.

Ao utilizar o verdete como fonte de potássio, a planta absorveu apenas 5% do total que foi aplicado no solo, mostrando que essa fonte não é eficiente em fornecer potássio para essa cultura.

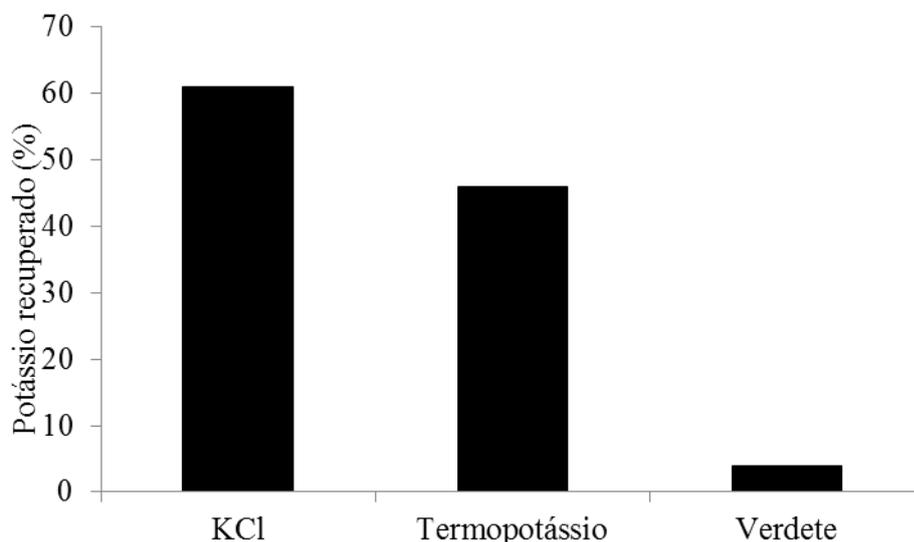


FIGURA 14. Percentual de potássio recuperado pelo milho das fontes, calculado com base no potássio acumulado na parte aérea do milho sob dois cortes consecutivos cultivado em amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd).

3.1.7 Concentração e quantidade de cálcio acumulado na parte aérea do milho

Independente da dose aplicada, no primeiro cultivo, a concentração de cálcio na parte aérea foi maior quando aplicou o termopotássio e o verdete, já no segundo cultivo não houve diferença entre as fontes testadas (Tabela 18). Isso deve a correção do solo que foi feita com a adição de carbonato de cálcio.

Em relação à quantidade de cálcio acumulado na parte aérea, verificou-se na tabela 19, tanto no primeiro como no segundo cultivo, independente da dose utilizada, o termopotássio foi a melhor fonte e a pior fonte foi o verdete. No primeiro cultivo do milho, em média, o cloreto de potássio, não diferiu do termopotássio, porém na dose de 200 kg ha^{-1} não diferiu da testemunha, já o verdete independente da dose utilizada foi semelhante a testemunha. No segundo cultivo do milho, tanto o cloreto de potássio como o verdete não diferiram da testemunha demonstrando que não forneceram cálcio para as plantas de milho.

TABELA 18. Concentração de cálcio na parte aérea do milho aos 34 DAS em dois cultivos sucessivos em amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd), com a aplicação de diferentes doses e fontes de potássio.

Cultivo do milho	Doses de K ₂ O --- kg ha ⁻¹ ---	Fontes de potássio			Média
		KCl	Termopotássio	Verdete	
Primeiro	0		6,7		
	200	6,4 ^{ns}	7,1 ^{ns}	6,6 ^{ns}	6,7 a
	400	5,0 ^{ns}	7,5 ^{ns}	7,1 ^{ns}	6,6 a
	Média	5,7 B	7,3 A	6,9 AB	
Segundo	0		6,2		
	200	7,2 ^{ns}	7,1 ^{ns}	7,2 ^{ns}	7,2 a
	400	6,0 ^{ns}	7,2 ^{ns}	7,1 ^{ns}	6,8 a
	Média	6,6 A	7,2 A	7,2 A	

1º Cultivo: CV%=14,67 ; DMS Dunnet= 2,36; DMS (média)fonte= 1,49; ;DMS (média)dose= 0,10

2º Cultivo: CV%= 12,9 ; DMS Dunnet= 2,16; DMS (média)fonte= 1,37 ; DMS (média)dose= 0,91

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; *: Diferença significativa em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância
^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

TABELA 19. Cálcio acumulado na parte aérea do milho aos 34 DAS em dois cultivos sucessivos em amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd), com a aplicação de diferentes doses e fontes de potássio.

Cultivo do milho	Doses de K ₂ O --- kg ha ⁻¹ ---	Fontes de potássio			Média
		KCl	Termopotássio	Verdete	
Primeiro	0		0,08		
	200	0,10 ^{ns}	0,12 [*]	0,08 ^{ns}	0,10 a
	400	0,11 [*]	0,13 [*]	0,09 ^{ns}	0,11 b
	Média	0,11 A	0,12 A	0,09 B	
Segundo	0		0,05		
	200	0,11 ^{ns}	0,12 [*]	0,06 ^{ns}	0,10 a
	400	0,09 ^{ns}	0,18 [*]	0,06 ^{ns}	0,11 a
	Média	0,10 B	0,15 A	0,06 B	

1º Cultivo: CV%= 13,89; DMS Dunnet= 0,03, DMS (média)fonte=0,02;DMS (média)dose= 0,01

2º Cultivo: CV%=30,70; DMS Dunnet=0,07 DMS (média)fonte=0,05; DMS (média)dose= 0,02

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; *: Diferença significativa em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância
^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Considerando os dois cultivos consecutivos, verifica-se na figura 15, que na dose de 200 kg ha⁻¹ de K₂O, o Termopotássio e o KCl apresentaram acúmulo de cálcio no seu tecido foliar semelhantes e diferiram do verdete que foi semelhante a testemunha. Na dose de 400 kg ha⁻¹ de K₂O, apenas o termopotássio foi estatisticamente superior e as

outras fontes que não diferiram da testemunha.

Portanto o termopotássio que contém 311 g kg^{-1} de óxido de cálcio foi capaz de liberar o cálcio, presente na sua composição química, para as plantas, tanto no primeiro quanto no segundo cultivo. Esse cálcio, presente no termopotássio, pode ter vindo do calcário que foi adicionado na calcinação do verdete ou do cálcio presente na rocha que foi utilizada como matéria prima.

Além disso, a quantidade de cálcio acumulada pela parte aérea do milho, com o termopotássio, foi semelhante à quantidade encontrada por Santos et al., 2009 que verificou que a cultivar de milho, ADR 500, semeada na safrinha e colhida com 51 dias após a semeadura (DAS), foi capaz de acumular no seu tecido vegetal 76 kg ha^{-1} ($0,19 \text{ g vaso}^{-1}$) de cálcio.

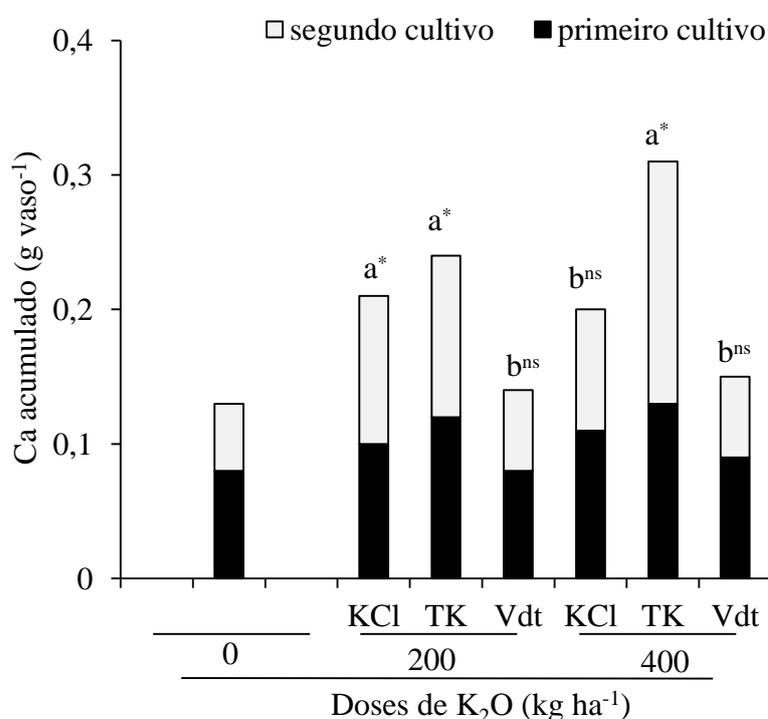


FIGURA 15. Somatória do cálcio acumulado na parte aérea do milho em dois cultivos sucessivos em amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd), com a aplicação de diferentes doses de K₂O e fontes de potássio (KCl cloreto de potássio, TK termopotássio e Vdt verdete). Médias seguidas por letras distintas para cada dose diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; * e ^{ns}: Diferença em relação à testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância * : significativo e ^{ns} : não significativo.

3.1.8 Concentração e quantidade de Mg acumulado na parte aérea do milho

A concentração de magnésio na parte aérea, no primeiro cultivo, foi maior quando aplicou o termopotássio e o verdete. No segundo cultivo, foi maior com o termopotássio (Tabela 20). Isso já era esperado, pois o termopotássio contém esse

nutriente na sua composição química oriundo do processo de calcinação ou na sua matéria prima que é o verdete.

TABELA 20. Concentração de magnésio na parte aérea do milho aos 34 DAS em dois cultivos sucessivos em amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd), com a aplicação de diferentes doses e fontes de potássio.

Cultivo do milho	Doses de K ₂ O --- kg ha ⁻¹ ---	Fontes de potássio			Média
		KCl	Termopotássio	Verdete	
Primeiro	0		12,2		
	200	9,5 ^{ns}	14,5 ^{ns}	14,1 ^{ns}	12,7 a
	400	6,3 ^{ns}	14,2 ^{ns}	12,9 ^{ns}	11,1 a
	Média	7,9 B	14,4 A	13,5 A	
Segundo	0		7,0		
	200	7,8 ^{ns}	8,9 ^{ns}	7,9 ^{ns}	8,2 a
	400	8,3 ^{ns}	11,2*	6,5 ^{ns}	8,7 a
	Média	8,0 AB	10,1 A	7,2 B	

1º Cultivo: CV%=20,19 ; DMS Dunnet= 5,88 ; DMS (média)fonte= 3,71 ; DMS (média)dose=3,71

2º Cultivo: CV%= 18,25; DMS Dunnet= 3,66; DMS (média)fonte=2,31 ; DMS (média)dose= 1,54

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância;*: Diferença significativa em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância
^{ns}: não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

TABELA 21. Magnésio acumulado na parte aérea do milho aos 34 DAS em dois cultivos sucessivos em amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd), com a aplicação de diferentes doses e fontes de potássio.

Cultivo do milho	Doses de K ₂ O --- kg ha ⁻¹ ---	Fontes de potássio			Média
		KCl	Termopotássio	Verdete	
Primeiro	0		0,15		
	200	0,16 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,19 a
	400	0,14 ^{ns}	0,27*	0,16 ^{ns}	0,19 a
	Média	0,15 B	0,26 A	0,17 B	
Segundo	0		0,05		
	200	0,11 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,11 a
	400	0,13 ^{ns}	0,29*	0,05 ^{ns}	0,16 a
	Média	0,12 B	0,22 A	0,05 B	

1º Cultivo: CV%= 27,36; DMS Dunnet=0,12; DMS (média)fonte= 0,08 ; DMS (média)dose= 0,05

2º Cultivo: CV%= 25,00; DMS Dunnet= 0,14; DMS (média)fonte= 0,09; DMS (média)dose=0,06

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância;*: Diferença significativa em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância
^{ns}: não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

A quantidade de magnésio acumulado na parte aérea foi maior no tratamento com termopotássio, no primeiro cultivo, no segundo cultivo e na somatória. Já as outras fontes estudadas não diferiram da testemunha (Tabela 21 e Figura 16).

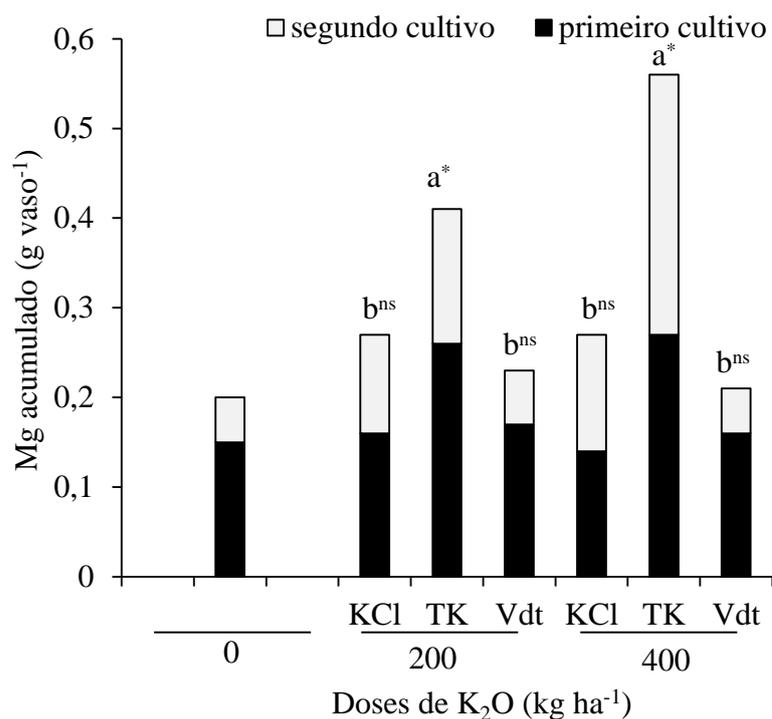


FIGURA 16. Somatória do magnésio acumulado na parte aérea do milho em dois cultivos sucessivos em amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd), com a aplicação de diferentes doses de K₂O e fontes de potássio (KCl-cloreto de potássio, TK-termopotássio e Vdt-verdete). Médias seguidas por letras distintas para cada dose diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; * e ^{ns}: Diferença em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância * : significativo e ^{ns} : não significativo.

Portanto, o termopotássio liberou magnésio para o solo tanto no primeiro quanto no segundo cultivo do milho. Isso ocorreu, pois, o termopotássio contém na sua composição química 69 g kg⁻¹ de óxido de magnésio. Nesse experimento, nos dois cultivos, os valores de magnésio acumulado pelo milho, adubado com termopotássio, foram maiores do que os encontrados por Santos et al. , 2009 que foi de 40 kg ha⁻¹ (0,10 g vaso⁻¹) de magnésio na parte aérea do milho cultivar ADR500 colhida 51 DAS.

O potássio e o magnésio são antagonistas, ou seja, alta quantidade de potássio pode inibir a absorção de magnésio pela planta, deve ser por isso que no tratamento com KCl o acúmulo de magnésio foi menor. Já a planta adubada com o verdeite como produziu matéria seca semelhante ao da testemunha (tabela 13) o magnésio acumulado na parte aérea do milho também foi semelhante com o da testemunha (tabela 21),

mesmo apresentando uma concentração de magnésio semelhante ao termopotássio no primeiro cultivo (tabela 20).

3.1.9 Concentração e quantidade de silício acumulado na parte aérea do milho

No primeiro cultivo, a concentração de silício na parte aérea do milho, na dose 200 kg ha⁻¹ de K₂O, foi maior com a aplicação do termopotássio e do verde, mas na dose 400 kg ha⁻¹ de K₂O, foi maior com o verde. No segundo cultivo, o tratamento com termopotássio foi o que promoveu maior concentração de silício na parte aérea do milho independente da dose utilizada (Tabela 22).

TABELA 22. Concentração de silício na parte aérea do milho aos 34 DAS em dois cultivos sucessivos em amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd), com a aplicação de diferentes doses e fontes de potássio.

Cultivo do milho	Doses de K ₂ O --- kg ha ⁻¹ ---	Fontes de potássio			Média
		KCl	Termopotássio	Verdete	
Primeiro	0		4,4		
	200	2,8 ^{ns} Ba	5,5 ^{ns} Aa	5,0 ^{ns} Ab	4,4 b
	400	3,1 ^{ns} Ca	6,7 [*] Ba	11,6 [*] Aa	7,1 a
	Média	3,0 C	6,1 B	8,3 A	
Segundo	0		10,2		
	200	7,6 ^{ns} Ca	13,2 [*] Aa	10,0 ^{ns} Bb	10,3 a
	400	8,2 ^{ns} Ca	12,4 [*] Aa	10,6 ^{ns} Ba	10,4 a
	Média	7,9 C	12,8 A	10,3 B	

1º Cultivo: CV%= 13,48; DMS Dunnet=1,83;

DMS fonte=1,64; DMS (média)fonte=1,16; DMS dose= 1,34; DMS (média)dose= 0,77

2º Cultivo: CV%= 5,4; DMS Dunnet= 1,45;

DMS fonte=1,30 ;DMS (média)fonte=0,92; DMS dose= 1,06 ; DMS (média)dose=0,61;

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância;*: Diferença significativa em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância

^{ns} :não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Nesse trabalho foi verificado que o milho, cultivado com o termopotássio, apresentou uma concentração de silício de, em média, 6,1 g kg⁻¹ de silício (Si) no primeiro cultivo e de 12,8 g kg⁻¹ de Si no segundo cultivo (Tabela 22).

Fernandez et al.,(2009), estudando o efeito da aplicação de doses crescentes de silicato, verificaram que o milho cultivado num LVd, por 90 dias após a emergência, apresentou 0,47 % (4,7 g kg⁻¹) de Si na sua parte aérea. Portanto, o termopotássio foi capaz de disponibilizar o silício presente na sua composição química para as plantas de

milheto tanto no primeiro quanto no segundo cultivo. Isso ocorreu, pois, o termopotássio contém 110 g kg⁻¹ de silício total que vem da rocha silicatada, utilizada como matéria prima no seu processo de fabricação.

TABELA 23. Silício acumulado na parte aérea do milheto aos 34 DAS em dois cultivos sucessivos em amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd), com a aplicação de diferentes doses e fontes de potássio.

Cultivo do milheto	Doses de K ₂ O --- kg ha ⁻¹ ---	Fontes de potássio			Média
		KCl	Termopotássio	Verdete	
		----- g vaso ⁻¹ -----			
Primeiro	0		0,05		
	200	0,05 ^{ns} Bb	0,09* Ab	0,06 ^{ns} Bb	0,07 b
	400	0,07 ^{ns} Ba	0,12* Aa	0,14* Aa	0,11 a
	Média	0,06 B	0,11 A	0,10 A	
Segundo	0		0,08		
	200	0,11 ^{ns}	0,23*	0,08 ^{ns}	0,14 a
	400	0,12 ^{ns}	0,31*	0,08 ^{ns}	0,17 a
	Média	0,12 B	0,28 A	0,08 B	

1º Cultivo: CV%= 16,28; DMS Dunnet= 0,03;

DMS fonte= 0,03; DMS (média)fonte= 0,02;DMS dose=0,02;DMS (média)dose=0,01

2º Cultivo: CV%= 25,00; DMS Dunnet= 0,09 ;DMS fonte= 0,06; DMS (média)dose= 0,04

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância;*: Diferença significativa em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância

^{ns} :não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Em relação ao silício acumulado na parte aérea do milheto, verifica-se na tabela 23, que no primeiro cultivo, na dose de 200 kg ha⁻¹ de K₂O o termopotássio foi melhor que o KCl e o verdete, já na dose de 400 kg ha⁻¹ de K₂O o termopotássio e o verdete foram melhores do que o KCl. No segundo cultivo, as plantas de milheto absorveram mais silício oriundo do termopotássio do que os das outras fontes.

Na somatória dos dois cultivos (Figura 17), independente da dose de K₂O utilizada, o silício acumulado na parte aérea do milheto foi maior no tratamento com o termopotássio. Além disso, na dose de 200 kg ha⁻¹ de K₂O a fonte que diferiu da testemunha foi apenas o termopotássio já na dose de 400 kg ha⁻¹ de K₂O o termopotássio e o verdete. Isso indica que além do potássio, o termopotássio é fonte de silício para as plantas.

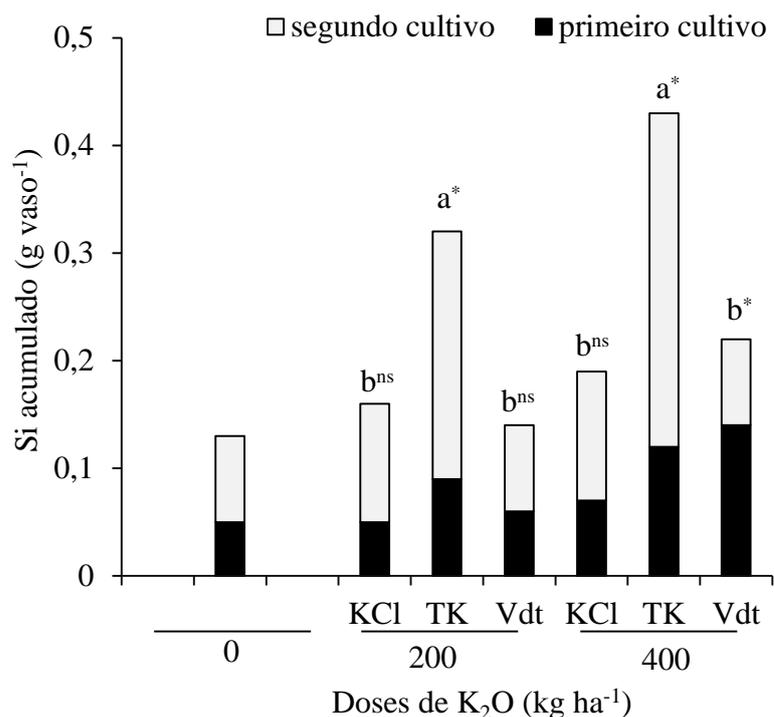


FIGURA 17. Somatória do silício acumulado na parte aérea do milho em dois cultivos sucessivos em amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd), com a aplicação de diferentes doses de K₂O e fontes de potássio (KCl cloreto de potássio, TK termopotássio e Vdt verde). Médias seguidas por letras distintas para cada dose diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; * e ^{ns}: Diferença em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância * : significativo e ^{ns} : não significativo.

3.2 Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo)

3.2.1 Produção de matéria seca da parte aérea do milho

No primeiro cultivo, a fonte que propiciou a maior produção média de matéria seca da parte aérea do milho foi o KCl. Percentualmente, a matéria seca do KCl foi 25,8, 106 e 132 % superior aos tratamentos com termopotássio, o verde e à testemunha, respectivamente. Nesse atributo, o termopotássio, também foi 64 e 84,6% superior ao verde e a testemunha, respectivamente. Já no segundo cultivo, o termopotássio foi semelhante ao KCl (Tabela 24). Isso mostra que o residual do termopotássio foi eficiente em aumentar a matéria seca dessa planta.

TABELA 24. Produção de matéria seca da parte aérea do milho aos 34 DAS em dois cultivos sucessivos em amostras de um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo), com a aplicação de diferentes doses e fontes de potássio.

Cultivo do milho	Doses de K ₂ O --- kg ha ⁻¹ ---	Fontes de potássio			Média
		KCl	Termopotássio	Verdete	
		----- g vaso ⁻¹ -----			
Primeiro	0		6,8		
	200	15,1*	12,1*	7,45 ^{ns}	11,53 a
	400	16,5*	13,1*	7,85 ^{ns}	12,48 a
	Média	15,8 A	12,6 B	7,65 C	
Segundo	0		3,5		
	200	8,1*	8,1*	4,2 ^{ns}	6,8 b
	400	8,9*	10,9*	4,3 ^{ns}	8,0 a
	Média	8,5 A	9,5 A	4,3 B	

1º Cultivo: CV%= 13,50; DMS Dunnet=3,20; DMS(média) fonte= 2,19 DMS(média) dose= 1,14

2º Cultivo: CV%= 20,01; DMS Dunnet= 3,04; DMS (média) fonte= 2,07 ;DMS (média) dose= 1,08

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; *: Diferença significativa em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância
^{ns}: não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Após os dois cultivos consecutivos, o KCl e o termopotássio influenciaram de forma semelhante na produção total de matéria seca na parte aérea do milho e ambas fontes foram superiores ao verdete que não diferiu da testemunha (Figura 18).

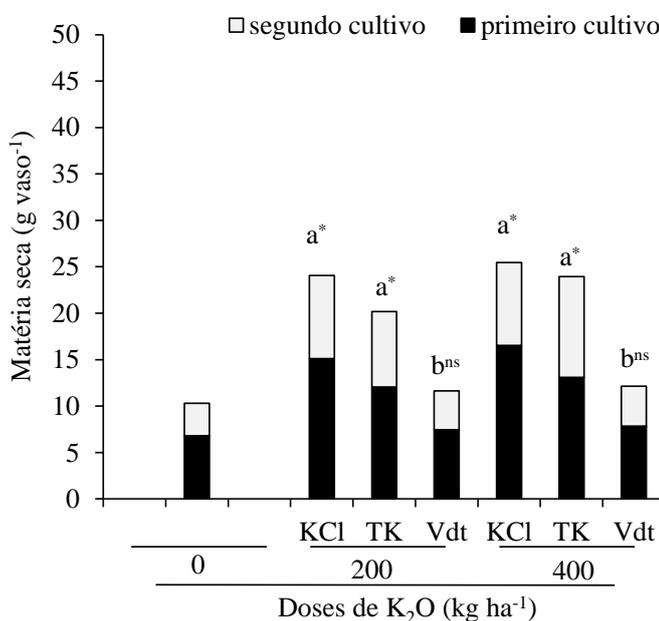


FIGURA 18. Somatória da produção de matéria seca da parte aérea do milho em dois cultivos sucessivos em amostras de um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo), com a aplicação de diferentes doses de K₂O e fontes de potássio (KCl-cloreto de potássio, TK-termopotássio e Vdt-verdete). Médias seguidas por letras distintas para cada dose diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; * e ^{ns}: Diferença em relação à testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância *: significativo e ^{ns}: não significativo.

Nesse trabalho, o milho adubado com o termopotássio acumulou na sua parte aérea, em média, 22 g vaso⁻¹ de potássio, tanto no primeiro como no segundo cultivo (Figura 18). Eichler e Lopes (1983) cultivaram milho em amostras de um Latossolo de textura média e no primeiro cultivo colheram o milho 50 DAS e no segundo cultivo com 30 DAS e após os dois cultivos consecutivos obtiveram uma produção de matéria seca de 34 g vaso⁻¹ com verdete de Abaeté calcinado a 1.100 °C.

3.2.2 Concentração de potássio na parte aérea do milho

A concentração de potássio na parte aérea do milho, quando utilizou o termopotássio, foi inferior ao KCl no primeiro cultivo e semelhante no segundo cultivo, já o verdete foi semelhante a testemunha (Tabela 25).

TABELA 25. Concentração de potássio na parte aérea do milho aos 34 DAS em dois cultivos sucessivos em amostras de um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo), com a aplicação de diferentes doses e fontes de potássio.

Cultivo do milho	Doses de K ₂ O --- kg ha ⁻¹ ---	Fontes de potássio			Média
		KCl	Termopotássio	Verdete	
Primeiro	0		10,5		
	200	20,2*	10,7 ^{ns}	8,3 ^{ns}	13,1 a
	400	23,3*	10,8 ^{ns}	7,5 ^{ns}	13,9 a
	Média	21,7 A	10,7 B	8,5 B	
Segundo	0		13,3		
	200	14,0 ^{ns}	14,5 ^{ns}	13,2 ^{ns}	13,9 a
	400	14,2 ^{ns}	13,8 ^{ns}	14,8 ^{ns}	14,3 a
	Média	14,1 A	14,2 A	14,0 A	

1° Cultivo: CV%= 11,84 ; DMS Dunnet=3,86; DMS(média) fonte=2,63 DMS(média) fonte= 1,38

2° Cultivo: CV%= 7,76; DMS Dunnet=2,60; DMS(média) fonte= 1,78 ; DMS(média) dose=0,93

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; *: Diferença significativa em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância
^{ns}: não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Os teores de potássio na matéria seca do milho, encontrados nesse experimento com o KCl, foram bem maiores do que os encontrados por Cazetta et al. (2005) que foi de 14,2 g kg⁻¹ de potássio, no milho colhido 60 dias após a emergência, mostrando que nesse experimento, houve um consumo de luxo de potássio para as plantas adubadas com o KCl.

Além disso, tanto no primeiro cultivo como no segundo cultivo, o milho adubado com termopotássio foi capaz de apresentar mais de 1% de potássio por unidade de matéria seca e segundo Amberger (2006), essa quantidade é adequada em relação ao suprimento de potássio para as plantas.

3.2.3 Potássio acumulado na parte aérea do milho

A quantidade de potássio acumulada na parte aérea do milho no primeiro cultivo, quando foi aplicado o termopotássio independente da dose utilizada, foi inferior ao KCl e no segundo cultivo, foi igual (Tabela 26). Isso mostra que o termopotássio é eficiente no fornecimento de potássio e liberou esse nutriente nos dois cultivos. O Verdete “in natura”, em ambos os cultivos, não afetou a variável potássio acumulado (Tabela 24) nem a produção de matéria seca do milho (Tabela 26), mostrando ser uma fonte pouco eficiente, como também foi observado por Eichler e Lopes (1983) exceto quando calcinado a 1.100 °C.

TABELA 26. Potássio acumulado na parte aérea do milho aos 34 DAS em dois cultivos sucessivos em amostras de um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo), com a aplicação de diferentes doses e fontes de potássio.

Cultivo do milho	Doses de K ₂ O --- kg ha ⁻¹ ---	Fontes de potássio			Média
		KCl	Termopotássio	Verdete	
		----- mg vaso ⁻¹ -----			
Primeiro	0		71		
	200	305* Ab	133* Ba	69 ^{ns} Ca	169 b
	400	385* Aa	136* Ba	69 ^{ns} Ca	197 a
	Média	345 A	134 B	69 C	
Segundo	0		46		
	200	113*	118*	55 ^{ns}	95 b
	400	127*	150*	64 ^{ns}	114 a
	Média	120 A	134 A	59 B	

1° Cultivo: CV%= 13,94; DMS Dunnet=22,5;

DMS fonte= 20,18 DMS (média) fonte=14,27 ; DMS dose= 16,49 DMS(média) dose=9,5

2° Cultivo: CV%= 19,01; DMS Dunnet=44; DMS(média) fonte=28,12; DMS(média) dose=18,7

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; *: Diferença significativa em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância
^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Em relação ao potássio acumulado na parte aérea do milho cultivado em amostras de solo de textura média Eichler e Lopes (1983) encontraram com a aplicação do verdete calcinado a 1.100 °C, 90 mg vaso⁻¹ e 30 mg vaso⁻¹ de potássio no primeiro e

segundo cultivo, respectivamente. Com o termopotássio aplicado no milho, em média, foi encontrado no primeiro e no segundo cultivo 134 mg vaso⁻¹ de potássio (Tabela 26). O maior acúmulo de potássio pelo milho ocorre, pois esta planta é mais exigente em potássio do que o milho (SALTON ; HERNANI, 1994).

Após os dois cultivos consecutivos, o potássio acumulado, na parte aérea do milho foi maior quando utilizou o KCl independente da dose utilizada, isso ocorreu pois o KCl disponibilizou mais potássio que as outras fontes. Além disso, o verdete foi a pior fonte e não diferiu nem da testemunha (Figura 19).

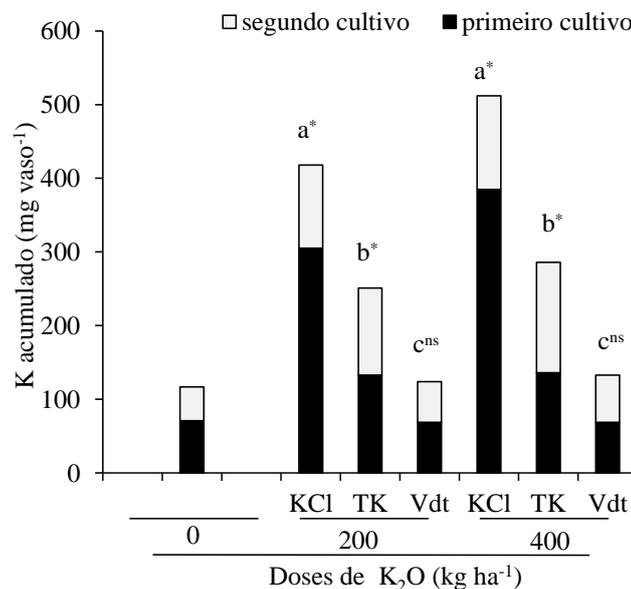


FIGURA 19. Somatória do potássio acumulado na parte aérea do milho em dois cultivos sucessivos em amostras de um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo), com a aplicação de diferentes doses de K₂O e fontes de potássio (KCl-cloreto de potássio,TK-termopotássio e Vdt-verdete). Médias seguidas por letras distintas para cada dose diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; * e ^{ns}: Diferença em relação à testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância * : significativo e ^{ns} : não significativo.

3.2.4 Teor de potássio extraído do solo

Após o primeiro e segundo cultivo do milho, tanto com o extrator Mehlich1 quanto a Resina, o teor do potássio no solo com o termopotássio foi maior do que o KCl e o verdete (Tabelas 27 e 28).

TABELA 27. Teores de potássio com o extrator Mehlich1 em amostras de um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo), com a aplicação de diferentes doses e fontes de potássio.

Cultivo do milho	Doses de K ₂ O --- kg ha ⁻¹ ---	Fontes de potássio			Média
		KCl	Termopotássio	Verdete	
		----- cmol _c dm ⁻³ -----			
Primeiro	0		0,03		
	200	0,05 ^{ns} Bb	0,24* Ab	0,03 ^{ns} Ba	0,10 b
	400	0,11* Ba	0,35* Aa	0,05 ^{ns} Ba	0,17 a
	Média	0,08 B	0,30 A	0,04B	
Segundo	0		0,03		
	200	0,04 ^{ns} Bb	0,18* Ab	0,03 ^{ns} Ba	0,08 b
	400	0,07* Ba	0,29* Aa	0,04 ^{ns} Ca	0,13 a
	Média	0,06 B	0,24 A	0,04 C	

1º Cultivo: CV%= 26,31; DMS Dunnet= 0,08;

DMS fonte= 0,07; DMS (média) fonte= 0,05; DMS dose=0,06; DMS (média) dose=0,03

2º Cultivo: CV%= 14,94; DMS Dunnet= 0,03;

DMS fonte= 0,02; DMS (média) fonte= 0,03; DMS dose= 0,02; DMS(média) dose= 0,01

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; *: Diferença significativa em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância
^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

TABELA 28. Teores de potássio com o extrator Resina em amostras de um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo), com a aplicação de diferentes doses e fontes de potássio.

Cultivo do milho	Doses de K ₂ O --- kg ha ⁻¹ ---	Fontes de potássio			Média
		KCl	Termopotássio	Verdete	
		----- cmol _c dm ⁻³ -----			
Primeiro	0		0,03		
	200	0,03 ^{ns} Bb	0,07* Aa	0,03 ^{ns} Ba	0,04 b
	400	0,06* Ba	0,09* Aa	0,04 ^{ns} Ca	0,06 a
	Média	0,05 B	0,08 A	0,03 C	
Segundo	0		0,03		
	200	0,03 ^{ns} Bb	0,05* Ab	0,03 ^{ns} Ba	0,04 b
	400	0,04* Ba	0,08* Aa	0,03 ^{ns} Ca	0,05 a
	Média	0,04 B	0,07 A	0,03 C	

1º Cultivo: CV%= 22,40; DMS Dunnet= 0,03;

DMS fonte= 0,02; DMS(média) fonte= 0,03; DMS dose= 0,03; DMS(média) dose= 0,01

2º Cultivo: CV%= 15,07; DMS Dunnet= 0,01;

DMS fonte= 0,01; DMS(média) fonte= 0,01; DMS dose= 0,01; DMS(média) dose= 0,01

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; *: Diferença significativa em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância
^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Esses dados é um indicativo que o potássio oriundo do KCl foi quase todo explorado pela planta, já o verdete por ter baixa solubilidade e baixa exportação (Tabela 26) demonstra sua baixa eficiência.

3.2.5 Índice de Eficiência Agronômica

O índice de eficiência agronômica (IEA) das fontes diminuiu na seguinte ordem: KCl (100%) , termopotássio (84%) e verdete(11%) (Figura 20).

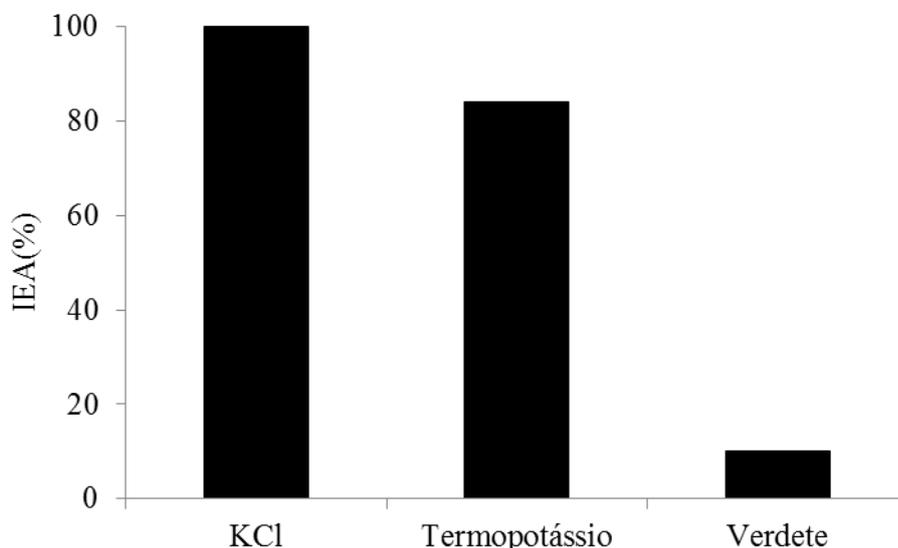


FIGURA 20. Índice de eficiência agronômica das fontes de potássio, calculado com base na soma da produção de matéria seca do milho sob dois cortes consecutivos cultivado em amostras de um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo).

Nas amostras de um RQO, solo arenoso, a eficiência do termopotássio é apenas 84% da eficiência do KCl, que é uma fonte totalmente solúvel em água, ou seja, a aplicação de 100 kg de termopotássio equivale à aplicação de 84 kg de KCl. Já, o IEA do termopotássio aplicado em amostras de um LVd, solo argiloso, foi de 128% (Figura 13), sendo maior que o do solo arenoso. Isso ocorre porque o solo argiloso possui partículas com maior superfície específica que permitem um maior contato da fonte com o solo e, conseqüentemente, melhor reação, principalmente, das fontes pouco solúveis em água como o termopotássio.

Essa baixa eficiência do termopotássio no neossolo pode ser devido ao aumento do pH do solo, já que o termopotássio é um produto oriundo da calcinação do verdete e tem a capacidade de aumentar o pH dos solos. Como o poder tampão dos solos arenosos é menor do que os solos argilosos pode ter elevado o pH acima do ideal para o desenvolvimento das plantas que é de 5,5 a 6,5, com isso a planta tem dificuldade em absorver os nutrientes e principalmente os micronutrientes.

3.2.6 Percentual de Potássio recuperado das fontes

A recuperação do potássio aplicado, considerando os dois cultivos do milho, foi maior quando se utilizou o KCl, em média, 59%. Com o termopotássio e o verdete, essa recuperação foi respectivamente de 26 e 0,5%. Esses resultados indicam que a pior fonte para fornecer potássio para as plantas foi o verdete. O termopotássio, aplicado nesse tipo de solo, apresenta metade da capacidade do KCl em fornecer potássio para as plantas (Figura 21).

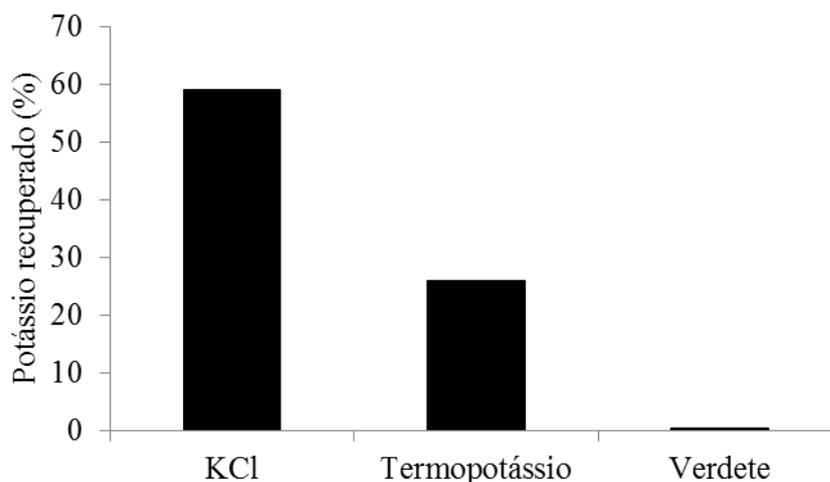


FIGURA 21. Percentual de potássio recuperado pelo milho das fontes, calculado com base no potássio acumulado na parte aérea do milho sob dois cortes consecutivos cultivado em amostras de um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo).

3.2.7 Concentração e quantidade de cálcio acumulado na parte aérea do milho

De acordo com a tabela 29, verifica-se que independente da dose utilizada e do cultivo do milho, a concentração de cálcio na parte aérea do milho foi maior quando utilizou o termopotássio e o verdete. Além disso, com o KCl tanto no primeiro como no segundo cultivo, a concentração de cálcio no tecido foliar foi menor do que a testemunha indicando que houve um desequilíbrio de íons, ou seja, o excesso de potássio inibiu a absorção de cálcio pelo milho e devido a elevada extração de K no primeiro cultivo a extração de Ca pelas plantas foi maior no segundo cultivo.

TABELA 29. Concentração de cálcio na parte aérea do milho aos 34 DAS em dois cultivos sucessivos em amostras de um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo), com a aplicação de diferentes doses e fontes de potássio.

Cultivo do milho	Doses de K ₂ O --- kg ha ⁻¹ ---	Fontes de potássio			Média
		KCl	Termopotássio	Verdete	
Primeiro	0		6,8		
	200	4,8 ^{ns}	7,6 ^{ns}	8,0 ^{ns}	6,8 a
	400	4,7 ^{ns}	8,9*	7,2 ^{ns}	7,0 a
	Média	4,8 B	8,2 A	7,60 A	
Segundo	0		5,2		
	200	5,0 ^{ns}	6,9 ^{ns}	7,0 ^{ns}	6,3 a
	400	6,1 ^{ns}	8,4 ^{ns}	6,4 ^{ns}	
	Média	5,5 B	7,6 A	6,7 AB	

1º Cultivo: CV%= 12,77; DMS Dunnet= 2,13; DMS (média)fonte= 1,35 ; ;DMS (média)dose= 0,89

2º Cultivo: CV%= 21,11; DMS Dunnet= 3,30; DMS (média)fonte=2,08 ; DMS (média)dose= 1,40

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; *: Diferença significativa em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância
^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

TABELA 30. Cálcio acumulado na parte aérea do milho aos 34 DAS em dois cultivos sucessivos em amostras de um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo), com a aplicação de diferentes doses e fontes de potássio.

Cultivo do milho	Doses de K ₂ O --- kg ha ⁻¹ ---	Fontes de potássio			Média
		KCl	Termopotássio	Verdete	
Primeiro	0		0,05		
	200	0,07* Ba	0,09* Ab	0,06* Ca	0,07 b
	400	0,07* Ba	0,11* Aa	0,05 ^{ns} Ca	0,08 a
	Média	0,07 B	0,10 A	0,06 C	
Segundo	0		0,02		
	200	0,04 ^{ns} Aa	0,05* Ab	0,03 ^{ns} Aa	0,04 b
	400	0,05* Ba	0,09* Aa	0,03 ^{ns} Ca	0,06 a
	Média	0,05 B	0,07 A	0,03 B	

1º Cultivo: CV%= 8,35 DMS Dunnet= 0,01

DMS fonte= 0,01; DMS (média)fonte=0,009 ;DMS dose= 0,01 ;DMS (média)dose= 0,006

2º Cultivo: CV%= 24, 72 DMS Dunnet= 0,03

DMS fonte = 0,03; DMS (média)fonte=0,02; DMS dose= 0,02; DMS (média)dose= 0,01

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; *: Diferença significativa em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância
^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Em relação ao cálcio acumulado na parte aérea do milho, percebe-se que o termopotássio foi melhor do que o KCl e o verdete no primeiro, no segundo (Tabela

30) e na somatória dos dois cultivos (Figura 22).

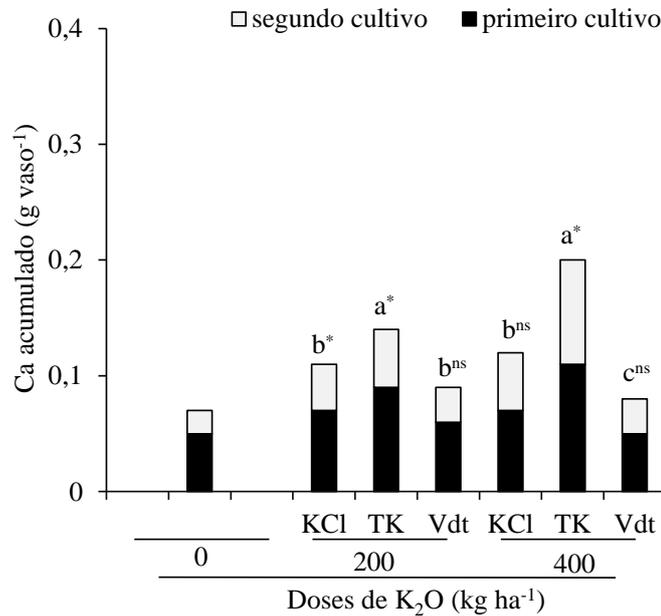


FIGURA 22. Somatória do cálcio acumulado na parte aérea do milho em dois cultivos sucessivos em amostras de um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo), com a aplicação de diferentes doses de K₂O e fontes de potássio (KCl cloreto de potássio, TK termopotássio e Vdt verdete). Médias seguidas por letras distintas para cada dose diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; * e ^{ns}: Diferença em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância *: significativo e ^{ns}: não significativo.

Porém, os valores de cálcio acumulado na matéria seca do milho tanto no primeiro como no segundo cultivo discordam com Santos et al. , 2009 os quais afirmam que a cultivar, ADR 500, semeada na safrinha e colhida com 51 dias após a semeadura (DAS), é capaz de acumular no seu tecido vegetal 76 kg ha⁻¹ (0,19 g vaso⁻¹) de cálcio. Essa menor absorção de cálcio pelo milho, nesse experimento, possivelmente ocorreu, pois, o mesmo foi colhido com 34 dias após a semeadura não chegando aos 51 dias.

3.2.8 Concentração e quantidade de Mg acumulado na parte aérea do milho

A concentração de magnésio na parte aérea do milho, independente da dose utilizada, no primeiro cultivo, foi maior com o termopotássio e o verdete, no segundo cultivo, com o termopotássio (Tabela 31). Com o KCl concentração de potássio foi menor do que a testemunha assim o excesso de potássio também provocou desequilíbrio

na absorção de magnésio, além disso foi mais evidente do que com o cálcio.

TABELA 31. Concentração de magnésio na parte aérea do milho aos 34 DAS em dois cultivos sucessivos em amostras de um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo), com a aplicação de diferentes doses e fontes de potássio.

Cultivo do milho	Doses de K ₂ O --- kg ha ⁻¹ ---	Fontes de potássio			Média
		KCl	Termopotássio	Verdete	
		----- g kg ⁻¹ -----			
Primeiro	0		7,9		
	200	6,4 ^{ns}	13,0 ^{ns}	12,3 ^{ns}	10,6 a
	400	6,5 ^{ns}	16,2*	11,5 ^{ns}	11,4 a
	Média	6,4 B	14,6 A	11,9 A	
Segundo	0		4,10		
	200	5,5 ^{ns}	6,6 ^{ns}	5,5 ^{ns}	5,9 a
	400	7,5 ^{ns}	9,8*	5,1 ^{ns}	7,4 a
	Média	6,5 AB	8,2 A	5,3 B	

1º Cultivo: CV%= 23,97; DMS Dunnet= 6,15; DMS (média)fonte= 3,89; ;DMS (média)dose= 2,60

2º Cultivo: CV%= 25,00 ; DMS Dunnet= 3,83; DMS (média)fonte= 1,62 ; DMS (média)dose= 2,42

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; *: Diferença significativa em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância
^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

TABELA 32. Magnésio acumulado na parte aérea do milho aos 34 DAS em dois cultivos sucessivos em amostras de um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo), com a aplicação de diferentes doses e fontes de potássio.

Cultivo do milho	Doses de K ₂ O -- kg ha ⁻¹ --	Fontes de potássio			Média
		KCl	Termopotássio	Verdete	
		----- g vaso ⁻¹ -----			
Primeiro	0		0,05		
	200	0,10*	0,16*	0,09 ^{ns}	0,11 a
	400	0,11*	0,20*	0,08 ^{ns}	0,13 b
	Média	0,11 B	0,18 A	0,09 B	
Segundo	0		0,01		
	200	0,04 ^{ns} Ab	0,06* Ab	0,02 ^{ns} Ba	0,04 b
	400	0,07* Ba	0,11* Aa	0,02 ^{ns} Ca	0,06 a
	Média	0,06 B	0,08 A	0,02 C	

1º Cultivo: CV%= 19,12; DMS Dunnet= 0,05; DMS (média)fonte= 0,03; DMS (média)dose= 0,02

2º Cultivo: CV%= 21; DMS Dunnet=0,04;

DMS fonte= 0,02 ;DMS (média)fonte=0,03;DMS dose=0,02 ; DMS (média)dose=0,03

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; *: Diferença significativa em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância
^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

O magnésio acumulado na parte aérea do milho foi maior com o termopotássio no primeiro cultivo, independente da dose utilizada. No segundo cultivo, na dose de 200

kg ha⁻¹ de K₂O, o termopotássio e o KCl foram semelhantes e ambos melhores do que o verdete e, na dose de 400 kg ha⁻¹ de K₂O, o termopotássio foi melhor do que o KCl e o verdete (Tabela 32).

Em relação ao magnésio acumulado, nos dois cultivos consecutivos, independente da dose utilizada, o termopotássio foi melhor do que o KCl e o verdete foi semelhante a testemunha (Figura, 23). Os valores de magnésio acumulado na parte aérea do milho com o termopotássio (Tabela 32) foram maiores do que 40 kg ha⁻¹ (0,10 g vaso⁻¹) de magnésio encontrados na parte aérea do milho da cultivar ADR500 colhida 51 DAS (SANTOS et al. , 2009).

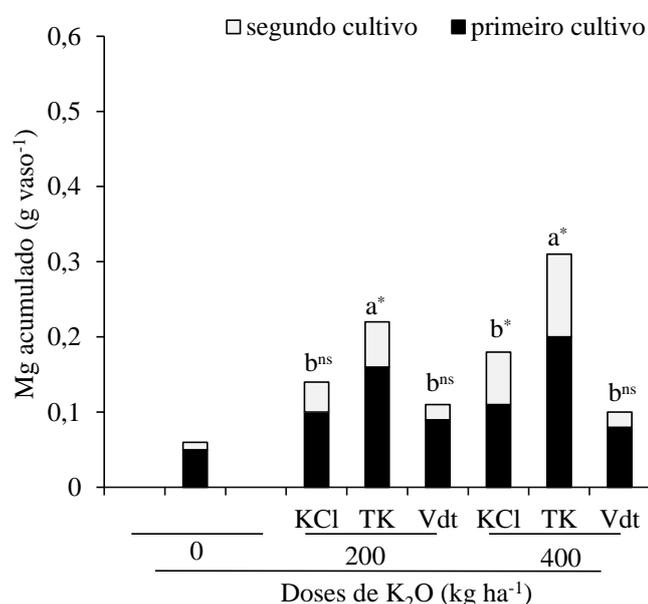


FIGURA 23. Somatória do magnésio acumulado na parte aérea do milho em dois cultivos sucessivos em amostras de um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo), com a aplicação de diferentes doses de K₂O e fontes de potássio (KCl cloreto de potássio,TK termopotássio e Vdt verdete). Médias seguidas por letras distintas para cada dose diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; * e ^{ns}: Diferença em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância : significativo e ^{ns}: não significativo.

3.2.9 Concentração e quantidade de silício acumulado na parte aérea do milho

O termopotássio contém 110 g kg⁻¹ de silício total que vem do mineral propriamente dito. Assim, no primeiro cultivo, a concentração e o silício acumulado na parte aérea do milho, independente da dose utilizada, foi maior com o termopotássio (Tabelas 33 e 34). No segundo cultivo, o termopotássio e o verdete propiciaram melhor

concentração de silício (Tabela 33) já para o silício acumulado o termopotássio foi a melhor fonte (Tabela 34).

TABELA 33. Concentração de silício na parte aérea do milho aos 34 DAS em dois cultivos sucessivos em amostras de um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo), com a aplicação de diferentes doses e fontes de potássio.

Cultivo do milho	Doses de K ₂ O --- kg ha ⁻¹ ---	Fontes de potássio			Média
		KCl	Termopotássio	Verdete	
Primeiro	0		5,9		
	200	3,5 ^{ns}	11,1 [*]	5,6 ^{ns}	6,7 a
	400	4,3 ^{ns}	11,7 [*]	6,9 ^{ns}	7,6 a
	Média	3,9 C	11,4 A	6,3 B	
Segundo	0		12,9		
	200	8,3 ^{ns}	13,2 ^{ns}	13,0 ^{ns}	11,5 a
	400	8,6 ^{ns}	15,1 ^{ns}	12,1 ^{ns}	11,9 a
	Média	8,5 C	14,2 A	12,6 A	

1º Cultivo: CV%= 14,40; DMS Dunnet= 2,51; DMS (média)fonte= 1,58 ; ;DMS (média)dose= 1,06

2º Cultivo: CV%= 8,74; DMS Dunnet= 2,64; DMS (média)fonte= 1,67 ; DMS (média)dose= 1,11

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância;*: Diferença significativa em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância
^{ns} :não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

TABELA 34. Silício acumulado na parte aérea do milho aos 34 DAS em dois cultivos sucessivos em amostras de um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo), com a aplicação de diferentes doses e fontes de potássio.

Cultivo do milho	Doses de K ₂ O ---kg ha ⁻¹ ---	Fontes de potássio			Média
		KCl	Termopotássio	Verdete	
Primeiro	0		0,04		
	200	0,05 ^{ns}	0,13 [*]	0,04 ^{ns}	0,07 b
	400	0,07 ^{ns}	0,15 [*]	0,05 ^{ns}	0,09 a
	Média	0,06 B	0,14 A	0,05 B	
Segundo	0		0,05		
	200	0,06 ^{ns} Ba	0,11 [*] Ab	0,06 ^{ns} Ba	0,08 b
	400	0,07 [*] Ba	0,16 [*] Aa	0,05 ^{ns} Ba	0,09 a
	Média	0,07 B	0,13 A	0,06 B	

1º Cultivo: CV%= 21,34 ; DMS Dunnet=0,04 ;DMS (média)fonte= 0,03 ;DMS (média)dose=0,02

2º Cultivo: CV%= 9,51 DMS Dunnet= 0,02

DMS fonte =0,03 ;DMS (média)fonte=0,02 ; DMS dose=0,01 ; DMS (média)dose= 0,01

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância;*: Diferença significativa em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância
^{ns} :não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

A concentração de silício na parte aérea do milho (Tabela 33), tanto no

primeiro como no segundo cultivo, adubado com o termopotássio foi bem maior do que a concentração encontrada por Fernandez et al.,(2009) que verificaram que o milho cultivado num LVd, por 90 dias após a emergência, apresentou 0,47 % ($4,7 \text{ g kg}^{-1}$) de Si na sua parte aérea.

Para o silício acumulado na parte aérea do milho, nos dois cultivos consecutivos, o termopotássio foi melhor do que do KCl e o Verdete (Figura 24). Isso mostra que o termopotássio foi capaz de fornecer silício para as plantas de milho.

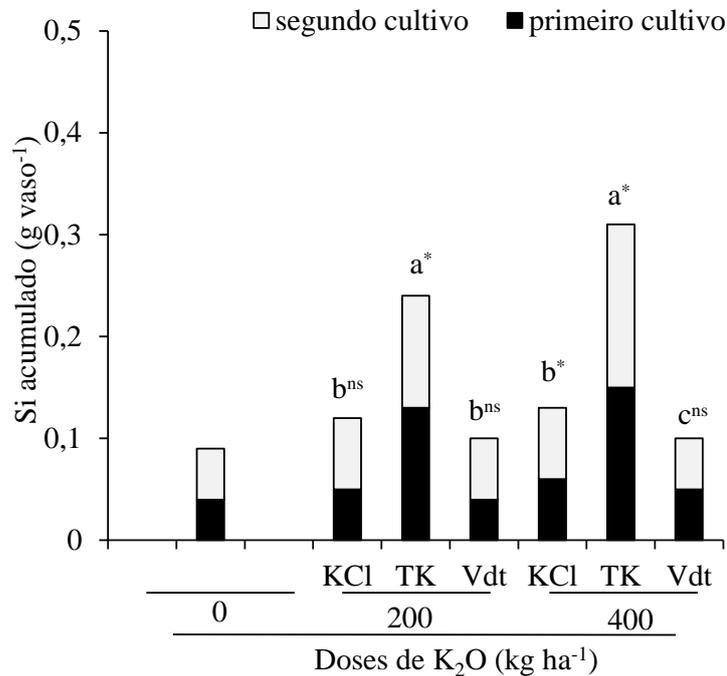


FIGURA 24. Somatória do silício acumulado na parte aérea do milho em dois cultivos sucessivos em amostras de um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo), com a aplicação de diferentes doses de K_2O e fontes de potássio (KCl cloreto de potássio, TK termopotássio e Vdt verdete). Médias seguidas por letras distintas para cada dose diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; * e ^{ns}: Diferença em relação à testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância * : significativo e ^{ns} : não significativo.

3.3 Eficiência de extratores para análise do potássio extraído do solo

Para avaliar qual extrator indica melhor o potássio trocável, foi feito o estudo da correlação relacionando o potássio extraído do solo e o potássio acumulado pela parte aérea, tanto no primeiro, quanto no segundo cultivo do milho nos dois tipos de solo. Comparando a figura 25 e 26, verifica-se que a correlação entre o potássio extraído do

solo e o potássio acumulado pelas plantas foi maior quando se utilizou a resina. De acordo com a figura, 25 verifica-se também que a correlação (r) foi significativa e que o R^2 foi de 0,52. Isso indica que o potássio acumulado na parte aérea pode ser explicado em 52 % pelo potássio extraído pela resina.

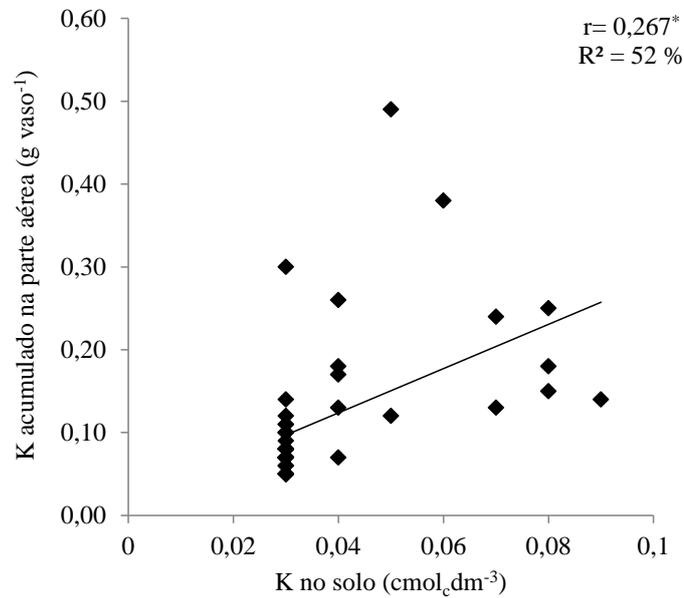


FIGURA 25. Correlação do potássio extraído do solo com o Resina e o potássio acumulado na parte aérea do milho cultivado Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e num Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo).

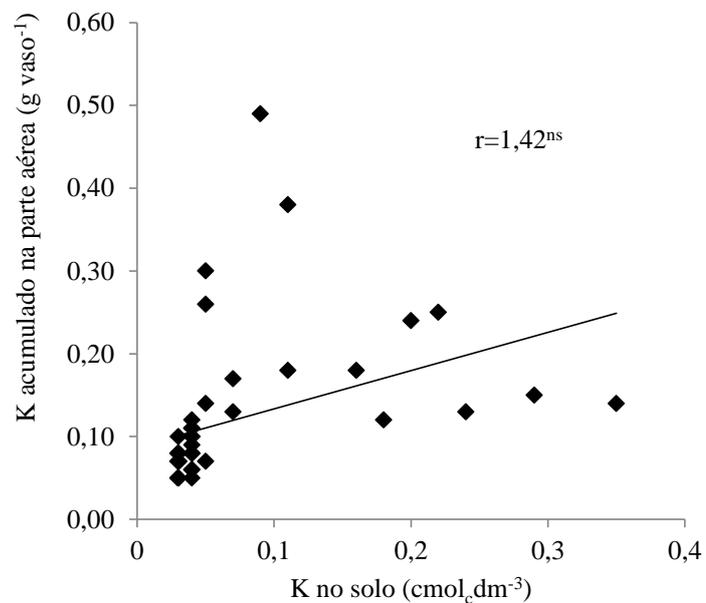


FIGURA 26. Correlação do potássio extraído do solo com o Mehlich-1 e o potássio acumulado na parte aérea do milho cultivado Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e num Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo).

Esses dados estão de acordo com Rajj et al. (1997), que verificaram correlações mais elevadas entre os teores de potássio e a resposta das plantas com o método da resina, em comparação aos métodos convencionais em alguns estados brasileiros.

De acordo com Oliveira et al. (2006), o uso do extrator Mehlich1 não foi adequado na avaliação da disponibilidade de potássio num Latossolo Vermelho eutroférico, muito argiloso, do Estado do Paraná e num Neossolo Quartzarênico, arenoso, do Mato Grosso, quando adubados com a brecha, que é uma fonte alternativa de potássio e é insolúvel em água. Isso ocorre porque o extrator Mehlich1 é uma solução de ácidos que tem a capacidade de extrair o potássio não trocável, superestimando a disponibilidade do nutriente no solo (YAMADA ; ROBERTS, 2005), principalmente em solos que foram adubados com fontes insolúveis de potássio como o termopotássio.

Tanto a correlação com o Mehlich1 com a resina (Figura 25 e 26) foram baixas pois foi utilizado os valores de potássio no solo após do primeiro e o segundo cultivo do milho, onde mais de 60% do potássio aplicado já tinha sido extraído pelas plantas.

4 CONCLUSÕES

Considerando os dois cultivos consecutivos, o índice de eficiência agronômica do termopotássio foi superior ao KCl nas amostras de um LVd e inferior nas amostras de um RQo. Em ambas amostras de solo o Verdete apresentou índice de eficiência agronômica inferior ao KCl e ao termopotássio.

Tanto nas amostras de um LVd quanto nas de um RQo, o termopotássio liberou parte do potássio, cálcio magnésio e silício no primeiro cultivo e mostrou efeito residual no segundo cultivo. Em solos adubados como essa fonte o método que melhor determina o potássio trocável é a resina trocadora de íons.

REFERÊNCIAS

- AMBERGER, A. **Soil Fertility and Plant Nutrition in the Tropics and Subtropics** IFA and IPI, Paris France Horgen, Switzerland, 2006.96p.
- BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H., eds. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba, POTAFOS, 1993. p.63-131.
- CAZETTA, D. A.; FORNASIERI FILHO, D.; GIROTTO, F. Composição, produção de matéria seca e cobertura do solo em cultivo exclusivo e consorciado de milho e crotalária. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, p. 575-580, 2005.
- EICHLER, V.; LOPES A.S. Disponibilidade do potássio do verdete de Abaeté, calcinado com sem calcário magnesiano, para a cultura do milho (*Zea mays* L.), em solo de textura argilosa. **Ciência e Prática**, Lavras, v.7, n.2, p.136-146, 1983.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de pesquisa de solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, Rio de Janeiro, 1999, 212p.
- EPA- Environmental Protection Agency, USA. **Microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices (METHOD 3052)**. U.S. EPA, 20p, December, 1996. Disponível em :
<<http://www.epa.gov/wastes/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3052.pdf>> Acesso em: 20 set. 2011.
- FERNANDEZ, F.A; et al. Influência de silicato e calcário na decomposição de resíduos culturais e disponibilidade de nutrientes ao feijoeiro. **Rev. Bra. Ciênc. Solo**, Viçosa, v.33, n.4, p.935-945, 2009.
- FRAYHA, R. **Rochas potássica: mineração e metalurgia**, Rio de Janeiro, v.15, n.87, p.85-6, 1950.
- HOROWITZ, A. ; et al.. Produção de adubos de solubilidade controlada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 2, n.2, p.144- 157, 1978.
- HOROWITZ, N.; MEURER, E. J. Eficiência de dois fosfatos naturais farelados em função do tamanho da partícula. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.1, p.41-47, 2003.
- KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA. H. S.; NOLLA. A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: GPSi/ICIAG/UFU, 2004. 34 p. (Boletim técnico, 2).
- MEURER, E.J. Potássio. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2006. p.281-298.
- OLIVEIRA, L.A.M. Potássio. In: **Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM)**. Sumário Mineral 2005. Disponível em:

<http://www.dnpm.gov.br/mostra_arquivo.asp?IDBancoArquivoArquivo=536>. Acesso em:10 ago. 2011.

OLIVEIRA, F.A ; et al. Efeito residual da adubação com rochas brasileiras como fontes de potássio para a cultura da soja .**Espaço e Geografia**, Brasília v.19, n. 2, p.247-262, 2006.

RAIJ B.van.; et al. **Análise Química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas-SP, Instituto Agronômico de Campinas, 2001.285p.

RAIJ,B. van.; et al. eds. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, Fundação IAC, 1997. 285p.

RESENDE, A.V.; et al. Rochas como fontes de potássio e outros nutrientes para culturas anuais. **Espaço e Geografia**, Brasília, v.9, n.1, p.135-161, 2006a.

RESENDE, A.V.; et al. O Suprimento de potássio e pesquisa de uso de rochas “in natura” na Agricultura Brasileira. **Espaço e Geografia**, v. 9, n.1, p.19- 42, 2006.

ROSOLEM, C.A.; et al. Morfologia radicular e suprimento de potássio às raízes de milho de acordo com a disponibilidade de água e potássio **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa v.27 p.875-884, 2003.

SALTON, J.C.; HERNANI, L.C. Cultivos de primavera: alternativa para produção de palha no Mato Grosso do Sul.In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO, 10., **Resumos**. Florianópolis, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1994, p.248-249.

SANTOS, F.C.; COELHO, A.M. e RESENDE, A.V. Cultivo do milho. In: **Embrapa Milho e Sorgo**, versão eletrônica, 2009. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milheto/CultivodoMilheto>> Acesso em: 20 set. 2011.

SILVA, F. DE A. S. E. e AZEVEDO, C. A. V. de. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In:WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, **Reno-NV-USA**: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 102, p. 1-16, 2004. Encarte técnico.

YAMADA, T.; ROBERTS,T.L. **Potássio na Agricultura Brasileira**. Associação Brasileira da Potassa e do Fosfato, Piracicaba-SP, 2005.841p.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o termopotássio foi capaz de atender as necessidades das plantas de milho nos dois cultivos. Além do potássio, essa fonte foi capaz de fornecer cálcio, magnésio e silício, e ainda de corrigir o pH tanto nas amostras de Latossolo quanto nas amostras de Neossolo.

A perda de potássio por lixiviação demonstrou ser menor com o termopotássio do que com o KCl, além disso, em solos adubados com o termopotássio o extrator que melhor determina o potássio trocável é a resina trocadora de íons.

O verdete não foi eficiente na liberação dos seus nutrientes para o milho nem tampouco na correção do pH de ambas amostras de solo.