

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

MURILO RAIMUNDO VAZ

USO DE FONTES ALTERNATIVAS DE POTÁSSIO NO CULTIVO DE MILHETO

**Uberlândia – MG
Dezembro – 2011**

MURILO RAIMUNDO VAZ

USO DE FONTES ALTERNATIVAS DE POTÁSSIO NO CULTIVO DE MILHETO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Gaspar Henrique Korndörfer

**Uberlândia – MG
Dezembro – 2011**

MURILO RAIMUNDO VAZ

USO DE FONTES ALTERNATIVAS DE POTÁSSIO NO CULTIVO DE MILHETO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado pela Banca Examinadora em 16 de dezembro de 2011

Eng. Agr. Ivaniele Nahas Duarte
Membro da Banca

Eng. Agr. Douglas da Silva Santos
Membro da Banca

Prof. Dr. Gaspar Henrique Korndörfer
Orientador

Dedico este trabalho, principalmente à Deus e aos meus pais, e minhas irmãs por todo o amor e dedicação.

A minha família e aos amigos pelo carinho e apoio.

AGRADECIMENTOS

À Deus por ter me dado forças e iluminando meu caminho para que pudesse concluir mais uma etapa da minha vida;

Ao meu pai João Vaz Netto, por todo amor e dedicação que sempre teve comigo, homem pelo qual tenho maior orgulho de chamar de pai, me apoiando e me fazendo acreditar que nada é impossível;

A minha mãe Mariza Aparecida Raimundo Vaz, por ser tão dedicada e amiga, pessoa que mais me apóia e acredita na minha capacidade, meu agradecimento pelas horas em que ficou ao meu lado não me deixando desistir e me mostrando que sou capaz de chegar onde desejo;

As minhas irmãs pelo carinho e atenção que sempre tiveram comigo, aos conselhos e a confiança em mim depositada meu imenso agradecimento;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Gaspar Henrique Korndörfer, por acreditar em meu potencial e pelos ensinamentos e dedicação no auxílio à concretização dessa monografia;

A toda equipe LAFER, por me auxiliar no desenvolvimento do trabalho, em especial a Ivaniele Nahas Duarte, Douglas da Silva Santos e Gustavo;

Aos meus Amigos, que sempre estiveram ao meu lado e que me ajudaram bastante para a conclusão desta etapa;

A todos os professores do curso de Agronomia, pela paciência, dedicação e ensinamentos disponibilizados nas aulas, cada um de forma especial contribuiu para a conclusão desse trabalho e conseqüentemente para minha formação profissional.

RESUMO

Um das culturas mais utilizadas para o estudo das adubações com fontes de potássio destaca-se o milheto (*Pennisetum americanum*), apresenta fácil implantação, manejo, adaptação a uma grande diversidade de ambientes e a diferentes condições de clima e solo. Com o intuito de estudar a eficiência agrônômica e o efeito residual das fontes alternativas de potássio foi instalado na Casa de Vegetação do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados (DBC) com três repetições, e a análise estatística realizada segundo um esquema fatorial $3 \times 2 + 1$, sendo três fontes de potássio (Cloreto de potássio, verdete e termopotássio farelado em pó), duas doses de potássio (200 e 400 kg ha^{-1} de K_2O) e um tratamento adicional (testemunha) que não recebeu adubação potássica. Foram realizados dois cultivos consecutivos de milheto nos quais foram colhidos aos 34 dias após a semeadura. Foi feita a coleta de solo com o auxílio de um mini trado em ambos os cultivos. A única diferença entre os dois cultivos é que no segundo não houve a reaplicação das fontes de potássio. Foi analisado após a colheita do milheto o potássio disponível no solo, produção de matéria seca e o potássio na parte aérea do milheto. Portanto, concluímos que nos dois cultivos consecutivos o termopotássio foi mais eficiente que o KCl e comportou-se como uma fonte que disponibiliza parte do K de imediato e a outra parte gradualmente no solo, o que o torna uma fonte de liberação gradual.

Palavras-chave: efeito residual; verdete; termopotássio.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização química dos solos utilizados no experimento de incubação	19
Tabela 2 – Caracterização textural dos solos utilizados no experimento de incubação	19
Tabela 3 – Caracterização química das fontes de potássio utilizadas no experimento	20
Tabela 4 – Doses das diferentes fontes de potássio aplicadas no solo acondicionados em vasos de 5kg	21
Tabela 5 –Produção de matéria seca da parte aérea do milho cultivadas consecutivamente por duas vezes em amostra de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd), com aplicação de diferentes doses e fontes de Potássio.....	25
Tabela 6 – Concentração de potássio na parte aérea do milho aos 34 DAS 1º e 2º Cultivo em função de diferentes doses e fontes de potássio aplicadas num Latossolo Vermelho distrófico, com 40% argila (LVd).....	26
Tabela 7 – Potássio acumulado na parte aérea do milho aos 34 DAS no 1º e 2º Cultivo em função de diferentes doses e fontes de potássio aplicadas num Latossolo Vermelho distrófico, com 40% argila (LVd).....	28
Tabela 8 – Teores de potássio com o extrator Mehlich1 no Latossolo Vermelho distrófico, com 40% argila (LVd) após o 1º e 2º Cultivo do milho em função de doses e fontes de potássio .	29
Tabela 9 – Teores de potássio com o extrator Resina no Latossolo Vermelho distrófico, com 40% argila (LVd) após o 1º e 2º cultivo do milho em função de doses e fontes de potássio	30

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – 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 num Latossolo Vermelho distrófico, em função das doses e fontes de potássio..... 31
- Figura 2** – Percentual de potássio recuperado pelo milho das fontes, calculado com base no potássio acumulado na parte aérea do milho sob dois cortes consecutivos, em função das doses e fontes de potássio aplicadas num Latossolo Vermelho distrófico 32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 Formas de potássio no solo.....	11
2.2 Fontes tradicionais de potássio utilizados na agricultura	12
2.3 Reservas de potássio no Brasil	13
2.4 Fontes minerais de potássio alternativas para agricultura	14
2.4.1 Verdete.....	14
2.4.2 Termopotássio	14
2.5 Vantagens das fontes alternativas em relação às fontes convencionais de potássio	15
2.6 Importâncias do potássio para as plantas.....	16
2.7 Potássio na cultura do milho.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 Análises	22
3.1.1 Análise foliar	22
3.1.2 Análise de solo	22
3.1.3 Cálculo do Índice de Eficiência Agronômica.....	22
3.1.4 Percentual de potássio recuperado.....	23
3.2 Análise estatística	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 Produção de matéria seca da parte aérea	24
4.2 Concentração de potássio na parte aérea do milho	25
4.3 Quantidade de potássio acumulado na parte aérea do milho.....	27
4.4 Teor de potássio disponível no solo	28
4.5 Índice de Eficiência Agronômica	30
4.6 Percentual de potássio recuperado das fontes.....	31
5 CONCLUSÕES.....	33
REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

O clima tropical predominante no Brasil propicia ambientes oxidantes e solos de pH ácido, os quais têm pouca disponibilidade de nutrientes como fósforo, cálcio, magnésio, potássio e molibdênio, e concentração de íons como zinco, cobre, ferro, manganês e alumínio.

A maior parte do território brasileiro são constituídos por solos pobres, que possuem um elevado grau de intemperismo e lixiviação dos nutrientes, principalmente com deficiência no elemento potássio (K). Com intuito de torna os solos mais produtivos, a utilização de fertilizantes vem crescendo significativamente, totalizando cerca de 40% dos custos variáveis de produção. Isso ocorre porque os fertilizantes potássicos, em sua maioria, possuem origem estrangeira, principalmente o cloreto de potássio (KCl).

Essa alta dependência de importações de adubos potássicos desfavorece acentuadamente a balança comercial brasileira, justificando a necessidade de pesquisas com outras fontes não convencionais de potássio (MARTINS et al., 2008). Como é o caso do verdete e do termopotássio.

Em 2007, a produção de K_2O no Brasil chegaram a 471 mil toneladas (Mt), correspondendo a 11% da demanda, que atingiu 4,7 Mt. A importação para atender o consumo foi de 4,1 Mt, equivalendo a US\$ 1,5 bilhões (OLIVEIRA.; 2008). A demanda brasileira de K_2O tem previsões de crescimento de 50%, isso significa um consumo da ordem de 7,0 Mt. Com isso o aumento recente dos preços internacionais dos fertilizantes tende a agravar o déficit comercial (NASCIMENTO; LOUREIRO, 2004).

Um das culturas mais utilizadas para o estudo das adubações com fontes de potássio destaca-se o milheto (*Pennisetum americanum*) que é um vegetal pertencente a família Poaceae de origem tropical, com desenvolvimento anual de verão, de fácil implantação e manejo, que se destaca por sua adaptação a uma grande diversidade de ambientes e a diferentes condições de clima e solo, caracterizando-se por sua precocidade, seu alto potencial de produção e sua qualidade nutritiva.

No Brasil, *Pennisetum americanum* tem sido utilizado em diversas formas, como: plantas forrageiras, pastoreio de para gado, principalmente na Região Sul, como produção de semente

para fabricação de ração e planta de cobertura do solo para o sistema de plantio direto. Com o crescimento da prática do sistema direto no Cerrado brasileiro a área cultivada com milheto está em expansão. Além disso, o milheto é uma planta que extrai muito potássio, segundo Salton e Hernani (1994), o milheto africano cultivado em Bonito – MS acumulou na parte aérea em torno de 377 kg ha^{-1} de potássio (K) já o milho extrai apenas 196 kg ha^{-1} com bases em relatos de Büll (1993).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência agronômica do termopotássio e verdete, avaliando teores de potássio no tecido foliar e massa seca.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Formas de potássio no solo

Os solos variam na sua capacidade de suprir potássio para as plantas em função das formas em que este nutriente se encontra, da quantidade e do grau de disponibilidade de cada forma, bem como das características físicas (textura, retenção de água entre outras) que afetam a sua condução através da solução do solo até o contato com a raiz (MIELNICZUK, 1980).

Pode-se considerar que o potássio no solo encontra-se nas seguintes formas: *potássio não-trocável*, o qual é extraído com HNO_3 1 mol L^{-1} a quente, que corresponde àquele retido na estrutura de minerais (K estrutural), tais como os feldspatos potássicos e as micas, bem como ao potássio fixado nas entre as camadas dos argilo-minerais expansivos como a vermiculita e a esmectita. O potássio estrutural é o que faz parte dos minerais primários e secundários. O potássio fixado, o qual se encontra neutralizando as cargas negativas no interior das entrecamadas de minerais do tipo 2:1. O potássio precipitado é aquele combinado com outros componentes químicos, sendo uma forma pouco expressiva.

No solo, o potássio também se encontra na forma de *potássio trocável*, o qual é extraído com NH_4OAc , $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HCl}$ (Mehlich 1) ou resina, que se refere ao elemento fracamente retido na capacidade de troca de cátions (CTC) do solo sendo a fração do potássio (K) que se encontra ligada as cargas negativas nas superfícies orgânicas e inorgânicas do solo. O potássio na matéria orgânica (MO) é pequeno, pois restringe ao potássio na fração orgânica viva e por fim o potássio presente na solução do solo, o qual é extraído com água; O potássio está dissolvido na água do solo e disponível para as plantas (NOVAIS et al., 2007).

A somatória dessas formas é representada pelo potássio total do solo que é extraído com ácido fluorídrico (HF). Estas formas estão em equilíbrio entre si através da solução do solo, afetando assim a disponibilidade de potássio para as plantas. Ocorrendo absorção de potássio na solução do solo pelas plantas ou sua remoção pelas águas de percolação, o equilíbrio é

restabelecido pelo K-trocável. Quando a concentração na solução atinge valores baixos, o equilíbrio é mantido pela liberação do K-estrutural (NOVAIS et al., 2007).

Em solos cultivados, é encontrado em quantidades de 7 a 15.000 kg ha⁻¹, mas desse total, só 1 a 2 % (70 a 300 kg), encontra-se em forma trocável ou solúvel, isto é, em forma assimilável pelas plantas (KORNDORFER, 2010).

No perfil do solo, o potássio tem boa mobilidade e isso é importante em situações em que o potássio é aplicado sobre a superfície do solo, pois a absorção de qualquer nutriente é dependente da concentração do mesmo junto às raízes, e em culturas de ciclo anual, elas estão predominantemente nos 20 cm, superficiais. A quantidade de potássio que percola para baixo da camada do solo ocupada pelas raízes depende da fonte de potássio utilizada, do volume de água percolada e da concentração do potássio na solução do solo. A aplicação de sais de potássio (KCl) de alta solubilidade favorecem a lixiviação, especialmente em solos arenosos e de baixa CTC (capacidade de troca de cátions). Segundo Sanzonowicz e Mielniczuk (1985), as perdas de potássio por percolação ou lixiviação podem ser reduzidas com emprego de fontes menos solúveis e/ou portadoras de ânions pouco móveis no solo.

O potássio presente no solo é oriundo do imtemperismo de minerais primários e secundários que são constituídos deste elemento, entre os principais as micas, feldspatos e dos feldspatóides, como também pode se encontrar o mesmo em outros minerais menos comuns, como a jarosita (sulfeto de Fe) e algumas zeólitas. Geralmente em minerais secundários o potássio se localiza na illita, vermiculita e nos argilominerais interestratificados e em suma sabe-se que majoritariamente os minerais que contêm potássio são aluminossilicatos. Sendo que os principais grupos constituídos de potássio, são os filossilicatos e aos tectossilicatos, que podem conter entre 50 e 150 g kg⁻¹ de potássio (NOVAIS et al., 2007).

2.2 Fontes tradicionais de potássio utilizados na agricultura

As principais fontes utilizadas na Agricultura são cloreto de Potássio (KCl), o sulfato de potássio (K_2SO_4), sulfato duplo de potássio e magnésio ($K_2SO_4 \cdot MgSO_4$) e o nitrato de potássio (KNO_3).

O cloreto de potássio se encontra como o mais utilizado na agricultura, pois contém em sua composição 58 a 62 % de K_2O solúvel em água, o que torna o mesmo altamente competitivo em relação as outras fontes. No entanto, devido ao alto teor de cloro liberado, não pode ser usado em algumas culturas sensíveis como o abacaxi e o fumo, pois prejudica o valor comercial das mesmas. Outra restrição importante a este fertilizante potássico se deve ao fato do mesmo não poder ser utilizado na agricultura orgânica em razão de sua alta solubilidade e presença de cloro (COSTA; CAMPANHOLA, 1997; MALAVOLTA et al., 2002).

Outra fonte de fertilizante potássica utilizada na agricultura é o sulfato de potássio, o qual tem como vantagem o fato de fornecer enxofre além do potássio e, com algumas limitações pode ser empregado na agricultura orgânica. É composto de 50 a 52% de K_2O e cerca de 18% de enxofre, os quais são solúveis em água (COSTA; CAMPANHOLA, 1997; MALAVOLTA et al., 2002), contudo é pouco utilizado como adubo devido ao seu elevado preço de mercado.

O sulfato duplo de potássio e magnésio é composto de 22% de K_2O , 11% de magnésio e cerca de 22 a 23 % de enxofre, solúveis em água (MALAVOLTA et al., 2002). Normalmente, esse fertilizante é oriundo da langbeinita ($K_2Mg_2(SO_4)_3$), o qual é um importante mineral de potássio em depósitos comerciais (ROBERTS, 2005). Já nitrato de potássio apresenta 44 % de K_2O e 13% de nitrogênio.

2.3 Reservas de potássio no Brasil

No Brasil a existência de sais potássicos no subsolo tornou-se conhecida em 1941 quando foi iniciada a pesquisa de petróleo pela Petrobrás S.A., na bacia sedimentar de Sergipe e Alagoas,

tendo sido localizado o depósito de Carmópolis - SE. Outros depósitos ainda maiores foram encontrados depois no médio rio Amazonas (CARVALHO, 1977).

Além da mina de Taquari-Vassouras, em produção, são conhecidos, na região de Santa Rosa de Lima, depósitos de potássio, arrendados pela Companhia Vale do Rio Doce (NASCIMENTO; LOUREIRO, 2004).

2.4 Fontes alternativas de potássio para agricultura

2.4.1 Verdete

O verdete é encontrado predominantemente na região do Alto Paranaíba (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, 58% mica (representada por 9% de muscovita e 49% de biotita) e menor que 1% outros minerais (KAHN et al., 2011). Sua fórmula empírica é $K_{0,6}Na_{0,05}Fe_{3+1,3}Mg_{0,4}Fe_{2+0,2}Al_{0,3}Si_{3,8}O_{10}(OH)$. A porcentagem de K_2O dessa rocha varia entre 7 e 14% (PIZA et al., 2009).

2.4.2 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 que é feita para ocorrer a desagregação dos minerais do silicato e liberação do potássio presente nele (FRAYHA, 1950; HOROWITZ et al., 1978)

2.5 Vantagens das fontes alternativas em relação às fontes convencionais de potássio

A característica do termopotássio em liberar lentamente 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.

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 parte iguais com adição de 30 e 40% de calcário magnésiano e submetida ao tratamento térmico de fusão, apresentou poder corretivo do solo (LEITE, 1985).

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 o verdete ser um silicato de potássio 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, uma redução na taxa de transpiração, além de controlar doenças na planta (LIMA FILHO et al., 1999).

Ao contrário do cloreto de potássio, o termopotássio não apresenta o elemento cloro na sua composição química. Lavouras adubadas com altas doses de potássio na forma de KCl ocasiona forte acúmulo de cloro nas folhas das plantas afetando processos fisiológicos importantes (ECHER et al., 2009).

O uso de altas doses de potássio com fertilizante que apresentam alto índice salino como é o caso do KCl que 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). O termopotássio apresenta baixo índice salino, portanto pode ser aplicado juntamente com a semente no sulco de plantio e ser aplicado em altas doses.

2.6 Importâncias do potássio para as plantas

O requerimento de potássio (K) para o ótimo crescimento das plantas está aproximadamente entre 2 a 5% na matéria seca, variando em função da espécie e do órgão analisado. O K é o segundo nutriente mais exigido pelas plantas, perdendo apenas para o nitrogênio (N). As plantas produtoras de amido, açúcar e fibras parecem ser particularmente exigentes em potássio (NOVAIS et al., 2007).

De acordo com Calmak (2005), o potássio é o cátion mais abundante no tecido das plantas e possui muitas funções fisiológicas, entre elas a alongação celular, a regulação estomática e a influência na taxa fotossintética. O mesmo autor cita que há evidências de que a produção de espécies reativas de oxigênio nos cloroplastos é intensificada sob baixo suprimento de potássio e responsável pelo desenvolvimento de clorose e necrose das folhas em plantas deficientes neste nutriente. O potássio interfere também na atividade da NADPH oxidase geradora de O₂, um sistema enzimático ativado por estresse causado por seca, baixas temperaturas e salinidade.

Segundo Yamada (1994) e Rajj (1990), as principais funções do potássio na planta são:

Influência no transporte de elétrons durante a fotossíntese, com reflexo direto numa melhor capacidade energética da planta e conseqüentemente, maior assimilação de carbono; Maior síntese de carboidratos, proteínas e lipídeos; Maior translocação de produtos fotossintetizados nas folhas; Uso mais eficiente da água devido ao melhor funcionamento dos mecanismos de abertura e fechamento dos estômatos; Maior resistência a pragas e doenças; Melhor qualidade do produto colhido por atuar de várias maneiras: melhor utilização do N e aumento de formação de proteína; tamanho de grãos, sementes e tubérculos; forma de sementes e tubérculos; conteúdo de suco de frutos e de cana-de-açúcar; conteúdo de óleo de grãos e de sementes; conteúdo de vitamina C de frutas; coloração de frutas, gramados; uniformidade e aceleração de maturação de frutas, hortaliças e outras culturas; resistência a esmagamento e avarias físicas em transporte e armazenagem; resistência, comprimento, finura e coloração de fibras de algodão.

O potássio tem alta redistribuição nos tecidos, 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. Com a evolução dos sintomas, as manchas se unem formando faixas cloróticas ou avermelhadas nas margens das folhas velhas, com posterior necrose dos tecidos (WILL, 1961; KAUL et al., 1970.; DELL et al., 1995; SILVEIRA et al., 1996, 1999). No estágio mais avançado, a presença de clorose e necrose ocorrem até nas folhas mais jovens, enquanto que as folhas velhas enrolam e secam.

2.7 Potássio na cultura do milho

As plantas, em geral, têm uma demanda inicial de potássio elevada, acumulando cerca de 40 % de todo o potássio necessário para seu desenvolvimento em apenas 52 dias após a emergência (Karlen et al., 1988). Um período em torno de 52 dias pode ser suficiente para que aproximadamente 90 % do potássio contido no resíduo vegetal seja liberado (Lupwayi et al., 2005). A dinâmica do potássio pode ser afetada também pelo aumento dos teores de carbono orgânico (CO) (Bayer & Mielniczuk, 1997), que, a longo prazo, causa um incremento na

capacidade de troca de cátions (CTC) do solo, podendo alterar as doses e o manejo da fertilização potássica (KAYSER; ISSELSTEIN, 2005).

O potássio é o cátion mais abundante nos tecidos vegetais, sendo absorvido da solução do solo em grandes quantidades pelas raízes na forma do íon K^+ . Este nutriente, porém, não faz parte de nenhuma estrutura ou molécula orgânica, sendo encontrado como cátion livre ou adsorvido, o que o torna facilmente trocável das células ou dos tecidos, com alta mobilidade intracelular. As necessidades de potássio para o ótimo crescimento das plantas situam-se na faixa de 20– 50 g kg^{-1} da massa das partes vegetativas secas da planta, das frutas e dos tubérculos, entretanto as plantas têm a capacidade de absorver quantidade de K superior à sua necessidade, o que comumente é denominado consumo de luxo de potássio (MEURER, 2006).

A maior parte do K absorvido pelo milho normalmente entra em contato com a raiz por difusão (COSTA et al., 1998) e é observada maior resposta ao nutriente em épocas com baixa disponibilidade hídrica (GRIMME, 1990). Tanto a disponibilidade hídrica (BARBER, 1984) como a disponibilidade de potássio podem influir na morfologia radicular e no balanço entre os processos de contato K-raiz (ROSOLEM et al., 2001).

Segundo Pereira Filho et al. (2005), o milho é uma verdadeira “bomba” recicladora de nutrientes, por apresentar elevada capacidade de extrair nutrientes do solo, quando comparado a várias outras culturas agrícolas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foi instalado um experimento com milho em vasos dentro da casa-de-vegetação localizada no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia. Foi utilizado Latossolo Vermelho Distrófico (LVd) situado no município de Uberlândia-MG. O solo utilizado foi classificado quimicamente e fisicamente (Tabela 1 e 2).

Tabela 1 - Caracterização química dos solos utilizados no experimento.

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	0,04	0,1	0,0	3,3	4,0

Ca, Mg = (KCl 1 N); P, = (HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N); Si = (CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹)

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

Tabela 2 - Caracterização textural dos solos utilizados no experimento.

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

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

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados (DBC) com três repetições, e a análise estatística realizada segundo um esquema fatorial 3x2+1, sendo três fontes de potássio (KCl, Verdete e termopotássio farelado fino em pó), duas doses de potássio (200 e 400 kg ha⁻¹ de K₂O) e um tratamento adicional (testemunha) que não recebeu adubação potássica. A caracterização química das fontes encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Caracterização química das fontes de potássio utilizadas no experimento.

FONTE	K ₂ O	Si	CaO	MgO
	Total*	Total**	Total***	Total***
	-----%-----			
KCl -granulado	60,00	---	---	---
Verdete	11,00	29,29	0,60	0,40
Termopotássio farelado fino	6,80	11,01	31,10	6,90

*Extração com solução de ácidos: clorídrico, nítrico, fluorídrico, perclórico. As análises foram feitas no laboratório da Foster (Santa Luzia- MG).** Determinado por colorimetria após a extração com ácido clorídrico e ácido fluorídrico, segundo metodologia descrita por Korndorfer et al 2004) ***Segundo a metodologia da Embrapa,1999

As unidades experimentais foram constituídas de vasos contendo 5 kg de amostra de terra fina seca ao ar aos quais antes da semeadura foram misturados CaCO₃ + MgCO₃ na proporção 3:1, com o objetivo de elevar a saturação por bases para 60%. O solo ficou incubando por 30 dias. e após esse período e antes da semeadura do milho, os solos receberam 200 ppm de N e 300 ppm de P, 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.

A quantidade de cada fontes de potássio adicionadas aos solos foi calculada com base nos teores totais de K₂O (Tabela 3). O cloreto de potássio foi utilizado como fonte padrão com a qual as demais fontes de potássio foram comparadas.

Tabela 4 - Doses das diferentes fontes de potássio aplicadas no solo acondicionados em vasos de 5kg.

FONTES	Teor de K ₂ O	Dose de	Dose da	Dose da
	Total	K ₂ O Aplicada	fonte	fonte
	-----%---	----- kg ha ⁻¹ -----		g / 5kg solo
Testemunha	0	0	0	0
KCl	60,0	200	333,33	0,83
KCl	60,0	400	666,67	1,67
Termopotássio	6,8	200	2941,18	7,35
Termopotássio	6,8	400	5882,35	14,71
Verdete	11,0	200	1818,18	4,55
Verdete	11,0	400	3636,36	9,09

O milho, cultivar ADR500, foi semeado na profundidade de 2 cm, distribuindo-se 20 sementes viáveis por vaso. Após a emergência da semente 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 há⁻¹, utilizando como fonte o sulfato de amônia. Aos 34 DAS foi feita a colheita da parte área do milho.

Os mesmos procedimentos foram realizados para o segundo cultivo do milho.

3.1 Análises

3.1.1 Análise foliar

Tanto no primeiro quanto no segundo corte do milho a parte aérea das plantas foram colhidas 34 DAS e secas e colocadas em sacos de papel e posteriormente foram levadas para a estufa à 65° C, até peso constante para obtenção da massa seca. As plantas depois de secas foram moídas para análise das concentrações de potássio na parte aérea do milho, determinado segundo metodologia descrita por EMBRAPA (1999). O potássio acumulado pela parte aérea foi obtido através dos resultados de produção de massa seca e da concentração de potássio na parte aérea do milho.

3.1.2 Análise de solo

Além disso, após o corte da parte aérea foram retiradas amostras de solo de cada vaso com auxílio de um trado para determinar o K^+ disponível no solo (com o extrator Mehlich 1 pela metodologia descrita pela EMBRAPA (1999) e com o extrator Resina segundo a metodologia de Raij et al. (2001).

3.1.3 Cálculo do Índice de Eficiência Agronômica

Utilizando a soma da matéria seca da parte aérea (MSPA) dos dois cortes do milho calculou-se o Índice de Eficiência Agronômica (IEA) das fontes de potássio para cada tipo e solo da seguinte maneira:

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

3.1.4 Percentual de potássio recuperado

Utilizando a soma do potássio acumulado na parte aérea (K acum) dos dois cortes do milho calculou-se a recuperação do potássio proveniente das fontes de potássio da seguinte maneira:

$$\text{K recuperado (\%)} = \frac{\text{Potássio absorvido proveniente do fertilizante}}{\text{Potássio aplicado no solo}} \times 100$$

Sendo que o potássio absorvido proveniente do fertilizante é calculado pela diferença entre o potássio acumulado na parte aérea do milho e o acumulado pela testemunha.

3.2 Análise estatística

Os dados coletados foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de significância utilizando o software ASSISTAT.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produção de matéria seca da parte aérea

As plantas de milho quando cultivadas nas amostras de Latossolo Vermelho Distrófico com a aplicação de KCl tiveram uma produção de massa seca de 18,01 e 21,80 g vaso⁻¹ quando submetidas respectivamente a 200 e 400 kg ha⁻¹ de K₂O (Tabela 5). Rosolem et al. (2003) verificaram que o milho aos 28 dias após a emergência cultivado numa amostra de um Latossolo Vermelho Distrófico com 33% argila foi capaz na dose 15 mg dm⁻³ K (36 kg ha⁻¹ K₂O) de produzir 13 g vaso⁻¹ de matéria seca e dose 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.

Verifica-se na Tabela 5 que independente da dose utilizada no primeiro cultivo do milho o termopotássio não diferiu estatisticamente do KCl e foi superior ao verde. Portanto, apesar do termopotássio ser pouco solúvel em água, apresentou desempenho agrônomo semelhante ao KCl, mesmo em curto período de tempo (34 dias após a semeadura).

Já, no segundo cultivo a produção de matéria seca quando utilizou o termopotássio foi diferente do KCl e do verde (Tabela 5), superando em 38,3% e 172,8% respectivamente essas fontes.

Estes dados estão de acordo com Eichler e Lopes (1983) que conduziram por três cultivos sucessivos de milho em amostras de um Latossolo Vermelho Distrófico argiloso com baixo teor de potássio e constataram que a aplicação da mistura do verde 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.

A produção total de matéria seca dos dois cultivos quando foi aplicado o termopotássio na dose de 200 kg.ha⁻¹ foi semelhante ao KCl já na dose de 400 kg.ha⁻¹ foi maior. Em média, a somatória da produção de matéria seca do milho cultivado com o termopotássio foi maior do que quando aplicou o KCl (Tabela 5).

Tabela 5 - Produção de matéria seca da parte aérea do milho cultivadas consecutivamente por duas vezes em amostra de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd), com aplicação de diferentes doses e fontes de Potássio.

Cultivo do milho	Dose (kg ha ⁻¹ de K ₂ O)	Fontes de potássio			Média
		KCl	Termopotássio	Verdete	
		------(g.vaso ⁻¹)-----			
Primeiro	0		12,20		
	200	18,01 ^{ns}	18,06 ^{ns}	12,17 ^{ns}	16,08 a
	400	21,80*	19,01*	12,43 ^{ns}	17,75 a
	Média	19,91 A	18,54 A	12,30 B	
Segundo	0		7,57		
	200	14,78*	17,17*	7,58 ^{ns}	13,18 b
	400	15,40*	24,57*	7,72 ^{ns}	15,90 a
	Média	15,09 B	20,87 A	7,65 C	
Somatória	0		19,77		
	200	32,79*A b	35,25*A b	19,82 ^{ns} B a	29,29 b
	400	37,20*B a	43,55*A a	20,19 ^{ns} C a	33,65 a
	Média	34,99 B	39,40 A	20,01 C	

1º Cultivo: CV%= 17,87 ;DMS (média)fonte= 4,44 ; ;DMS (média)dose=2,32 DMS Dunnet= 6,52
 2º Cultivo: CV%= 17,94 ;DMS (média)fonte= 3,76 ; DMS (média)dose=1,97 DMS Dunnet= 2,94
 1º + 2º CV%= 6,12
 ;DMS fonte= 3,96 ,DMS(média)fonte=2,81 ; ;DMS dose= 3,24 ,DMS(média)dose=1,87 DMS Dunnet= 4,44

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.

4.2 Concentração de potássio na parte aérea do milho

. Entre as fontes testadas o KCl conferiu os maiores concentrações de potássio no tecido foliar tanto na dose de 200 quanto na dose de 400 kg ha⁻¹ de K₂O (Tabelas 6). Uma explicação para isso se deve a solubilidade dessa fonte em relação ao termopotássio, o que permite uma liberação desse elemento mais rapidamente ao solo em curto período de tempo. 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 desse elemento. Segundo Amberger (2006) plantas bem supridas com potássio são aquelas que apresentam mais de 1% (10

g kg⁻¹) de potássio na sua matéria seca. Portanto apesar dos teores de potássio na parte aérea do milho do tratamento 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 estatística na produção de matéria seca (Tabela 5)

No segundo cultivo a concentração de potássio na parte aérea do milho não diferiu estatisticamente entre as fontes testadas (Tabela 6). Isso mostra que o que o termopotássio é eficiente em aumentar a concentração de potássio na parte aérea do milho, ao longo do tempo.

Tabela 6 - Concentração de potássio na parte aérea do milho aos 34 DAS 1º e 2º Cultivo em função de diferentes doses e fontes de potássio aplicadas num Latossolo Vermelho distrófico, (LVd).

Cultivo do milho	Dose (kg ha ⁻¹ de K ₂ O)	Fontes de potássio			Média
		KCl	Termopotássio	Verdete	
		----- (g.kg ⁻¹) -----			
Primeiro	0		8,20		
	200	15,20 ^{ns} A b	11,00 ^{ns} AB a	7,0 ^{ns} B a	11,07 b
	400	22,80* A a	12,40* B a	8,2 ^{ns} B a	14,45 a
	Média	19,00 A	11,70 B	7,60 B	
Segundo	0		9,5		
	200	9,83 ^{ns}	10,50 ^{ns}	10,83 ^{ns}	10,38 a
	400	11,00 ^{ns}	10,00 ^{ns}	12,17 ^{ns}	11,05 a
	Média	10,42 A	10,25 A	11,50 A	

1º Cultivo: CV%= 20,35; DMSDunnet= 5,41

DMS fonte=5,22DMS(média)fonte=3,69;DMS dose= 3,86DMS(média)dose=1,93

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

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.

4.3 Quantidade de potássio acumulado na parte aérea do milho

No primeiro cultivo do milho, o KCl foi superior as demais fontes testadas tanto na dose de 200 quanto na dose de 400kg.ha⁻¹ de K₂O (Tabela 7), principalmente pelo maior teor de potássio no tecido foliar conforme visto na Tabela 6. Entretanto, no segundo cultivo, a quantidade de potássio acumulada na parte aérea do milho independente da dose utilizada foi estatisticamente diferente do KCl sendo superior em 31% (Tabela 7).

Em relação a somatória dos dois cultivos consecutivos verificou na Tabela 7 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 na dose de 400 kg ha⁻¹ foi inferior ao KCl porém superior ao Verdete.

Portanto, tanto no primeiro quanto no segundo cultivo, o termopotássio apresentou eficiência agrônômica melhor quando comparado com o verdete que é seu constituinte (Tabela 7). Este resultado foi possível, pois o tratamento químico ou térmico dado ao verdete aumenta a solubilidade dessa rocha (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).

Tabela 7 - Potássio acumulado na parte aérea do milho aos 34 DAS no 1º e 2º Cultivo em função de diferentes doses e fontes de potássio aplicadas num Latossolo Vermelho distrófico, com 40% argila (LVd).

Cultivo do milho	Dose (kg ha ⁻¹ de K ₂ O)	Fontes de potássio			Média
		KCl	Termopotássio	Verdete	
		----- (g.vaso ⁻¹) -----			
Primeiro	0		0,08		
	200	0,26 [*] A b	0,18 [*] AB a	0,08 ^{ns} B a	0,17 b
	400	0,49 [*] A a	0,25 [*] B a	0,10 ^{ns} C a	0,25 a
	Média	0,38 A	0,22 B	0,09 C	
Segundo	0		0,07		
	200	0,14 [*]	0,18 [*]	0,08 ^{ns}	0,13 b
	400	0,17 [*]	0,24 [*]	0,09 ^{ns}	0,17 a
	Média	0,16 B	0,21 A	0,09 C	

1º Cultivo: CV%= 28,23 ; DMS Dunnet= 0,12

DMS fonte= 0,12; DMS(média) fonte= 0,08 DMS dose= 0,08,DMS(média) dose= 0,04;

2º Cultivo: CV%=12,59;DMS(média)fonte=0,03; ;DMS(média)dose=0,01DMS Dunnet=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.

4.4 Teor de potássio disponível no solo

Após o primeiro cultivo do milho, tanto para o extrator Mehlich 1 como para o da Resina, os teores de potássio disponível no solo (efeito residual) do tratamento termopotássio tanto na dose de 200 kg ha⁻¹ quanto na dose de 400 kg ha⁻¹ foi superior ao KCl e ao verdete (Tabela 8). Isso pode ser explicado pelo fato da fonte ser pouco solúvel em água podendo liberar o potássio presente na sua rede cristalina ao longo do tempo. 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).

Tabela 8 - Teores de potássio com o extrator Mehlich1 no Latossolo Vermelho distrófico, com 40% argila (LVd) após o 1º e 2º Cultivo do milho em função de doses e fontes de potássio.

Cultivo do milho	Dose (kg ha ⁻¹ de K ₂ O)	Fontes de potássio			Média
		KCl	Termopotássio	Verdete	
----- (Cmol _c dm ⁻³) -----					
Primeiro	0		0,03		
	200	0,05 ^{ns} B b	0,16* A b	0,03 ^{ns} B a	0,08 b
	400	0,09* B a	0,22* A a	0,03 ^{ns} C a	0,11 a
	Média	0,07 B	0,19 A	0,03 C	
Segundo	0		0,03		
	200	0,05 ^{ns} B a	0,11* A b	0,04 ^{ns} B a	0,07 b
	400	0,07* B a	0,20* A a	0,04 ^{ns} B a	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.

Assim, foi feito o segundo cultivo do milho e verificou-se nas tabelas 8 e 9 que independente dos extratores os teores de potássio permaneceu no solo após esse cultivo ainda se mantiveram elevados e superiores ao Cloreto de Potássio que praticamente esgotou sendo igual ao da testemunha. Isso mostra que o termopotássio é uma fonte que solubiliza o potássio presente na sua estrutura cristalina de forma gradativa.

Tabela 9- Teores de potássio com o extrator Resina no Latossolo Vermelho distrófico, com 40% argila (LVd) após o 1º e 2º cultivo do milho em função de doses e fontes de potássio.

Cultivo do milho	Dose (kg ha ⁻¹ de K ₂ O)	Fontes de potássio			Média
		KCl	Termopotássio	Verdete	
----- (Cmol _c dm ⁻³) -----					
Primeiro	0		0,03		
	200	0,04 ^{ns} B b	0,08* A a	0,03 ^{ns} B a	0,05 a
	400	0,05 ^{ns} B a	0,08* A a	0,03 ^{ns} B a	0,05 a
	Média	0,05 B	0,08 A	0,03 C	
Segundo	0		0,03		
	200	0,03 ^{ns} B b	0,04* A b	0,03 ^{ns} B a	0,03 b
	400	0,04*B a	0,07* A a	0,03 ^{ns} B a	0,04 a
	Média	0,04 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= 0,01 ; DMS dose= 0,001 DMS(média) dose= 0,005

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância;

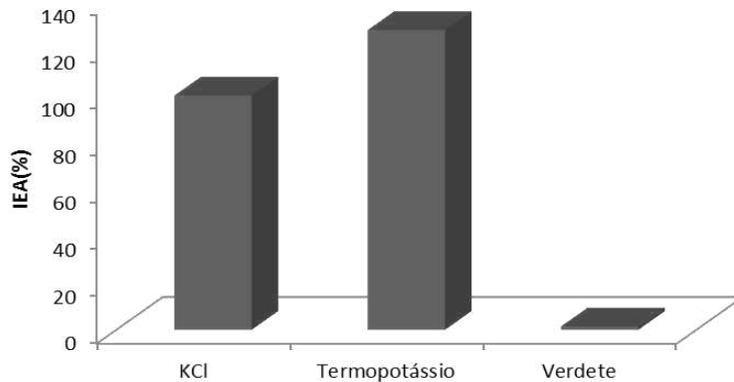
*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância

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

4.5 Índice de Eficiência Agronômica

Utilizou a soma da produção de matéria seca do milho dos dois cultivos consecutivos (Tabela 5) para calcular o Índice de Eficiência Agronômica (IEA)

O termopotássio apresenta um índice de eficiência agronômica quando o milho foi cultivado no Latossolo com 40 % de argila de 28 % , ou seja, considerando os dois cultivos o termopotássio foi 28% melhor que o cloreto de potássio (Padrão 100 %). 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 a as diferenças de eficiência entre as fontes solúveis e insolúveis tendem a diminuir (HOROWITZ; MEURER, 2003 ; SOUSA; LOBATO). O verdete obteve um índice de eficiência agronômica de 1,5%, muito baixo em relação ao valor padrão que é o cloreto de potássio.



MSPA = Matéria seca da parte aérea e IEA(%) Índice de Eficiência Agronômica =

$$\left(\frac{\text{MSPA fontes insolúveis} - \text{MSPA sem potássio}}{\text{MSPA com KCl} - \text{MSPA sem potássio}} \right) \times 100$$

Figura 1 - 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 num Latossolo Vermelho distrófico, com 40% argila (LVd) . em função das doses e fontes de potássio.

4.6 Percentual de potássio recuperado das fontes

O percentual de potássio recuperado das fontes de potássio aplicadas no solo foi calculado utilizando os dados da variável potássio acumulado na parte aérea do milho considerando a soma dos dois cultivos consecutivos.

Verifica-se que quando as fontes foram aplicadas no Latossolo 61 e 46 % do potássio proveniente respectivamente, do KCl e do termopotássio foram acumulados na parte aérea do milho.

O aproveitamento do potássio oriundo do verdete aplicado no Latossolo foi muito baixo, sendo em média 5%,(Figura 2).

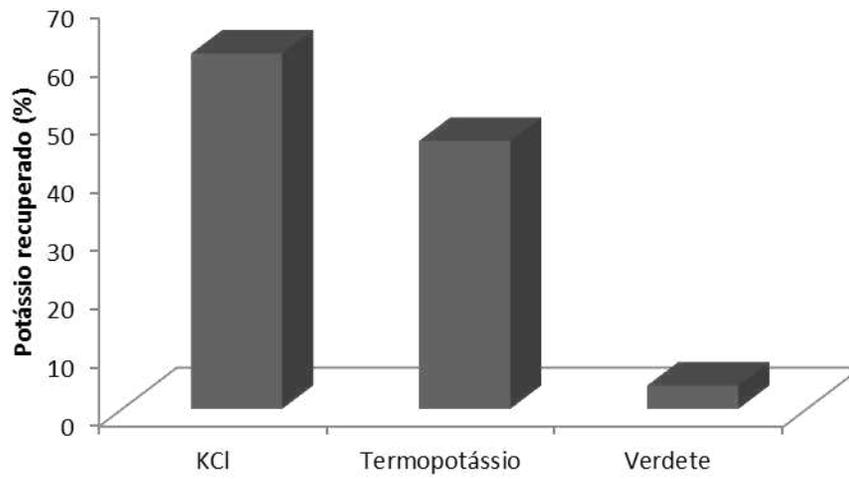


Figura 2 - Percentual de potássio recuperado pelo milho das fontes, calculado com base no potássio acumulado na parte aérea do milho sob dois cortes consecutivos, em função das doses e fontes de potássio aplicadas num Latossolo Vermelho distrófico (LVd) .

5 CONCLUSÕES

Considerando os dois cultivos consecutivos o termopotássio foi mais eficiente que o KCl. O termopotássio comportou-se como uma fonte que disponibiliza parte do K de imediato e a outra parte gradualmente no solo, o que o torna uma fonte de liberação gradual.

REFERÊNCIAS

- AMBERGER, A. Soil Fertility and Plant Nutrition in the Tropics and Subtropics IFA and IPI, Paris France Horgen, Switzerland, 2006.
- BARBER, S.A. Soil nutrient bioavailability: A mechanistic approach. New York, John Willey, 1984. 397p
- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. R. Bras. Ci. Solo, 21:105-112, 1997.
- 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.
- CALMAK, I. Protection of plants from detrimental effects of environmental stress factors. In: **Potássio na agricultura brasileira**. Anais do simpósio sobre Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba: Associação brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato, 2005. cap. 10, p. 261-279.
- CARVALHO, Y. B. Recursos minerais brasileiros na área dos fertilizantes. I Seminário do fertilizantes, Piracicaba, mimeo. 1977.
- COSTA, M.B.B & CAMPANHOLA, C. (1997) A agricultura alternativa no Estado de São Paulo. Jaguariúna: Embrapa- CNPMA, 63 p. (Documentos, 7).
- DELL, B.; MALAJACZUK, N.; GROVE, T.S. **Nutrient disorders in plantation eucalypts**. Camberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1995. 104p.
- ECHER, F. R.; FOLONI, J. S. S.; CRESTE, J. E.; BOGIANI, J. C. 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.
- EICHLER, V. e LOPES, A. S. (1983). Disponibilidade do potássio do Termo-Potássio de Abaeté, calcinado com e sem calcário magnesiano, para a cultura do milho (*Zea mays* L.), em solo de textura argilosa. Ciência e Prática, 7:136-146.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de pesquisa de solos (Rio de Janeiro- RJ). Manual de Métodos de Análise de Solo. 2 ed. Ver. Atual. Rio de Janeiro, 1999, 212p.

FIGUEIRA, J. L. G.. Eficiência agrônômica do termofosfato potássico findido: estudo experimental em casa – de vegetação, campo e colunas de lixiviação. 1994. 80f. Dissertação de mestrado (Mestrado mineralogia e petrologia) – Universidade de São Paulo – Instituto de geociências, São Paulo, 1994.

FRAYHA, R. Rochas potássica. *Mineração e Metalurgia*, Rio de Janeiro 15(87): 85-6, 1950

GRIMME, H. Development of K-fertilizer recommendation. In: COLLOQUIUM OF THE INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE, 22., Soligorsk, 1990. Proceedings. Soligok, IPI, 1990. p.117-131

HOROWITZ, A., PINTO, F.G.; DUARTE, P.J.; CANNEIRO, M.O.M. Produção de adubos de solubilidade controlada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas-SP 2 (2):1444-7, 1978

HOROWITZ, N.; MEURER, E. J. Eficiência de dois fosfatos naturais farelados em função do tamanho da partícula. **Ciência Rural**, v.33, n.1, p.41-47, 2003.

KARLEN, D.L.; FLANNERY, R.L. & SADLER, E.J. Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn. *Agron. J.*, 80:232-242, 1988

KAUL, O.N.; SRIVASTAVA, P.B.L.; NEGI, J.D.S. Nutrition studies on *Eucalyptus*. V. Diagnosis of mineral deficiencies in *Eucalyptus citriodora* seedlings. **Indian Forester**, v.96, n.10, p.787-90, 1970.

KAYSER, M. & ISSELSTEIN, J. Potassium cycling and losses in grassland systems: A review. *Grass. For. Sci.*, 60:213-224, 2005

KORNDÖRFER, G. H. Apostila Potássio. Disponível em: <<http://www.dpv24.iciag.ufu.br/new/dpv24/Apostilas/Transp.%20POTASSIO%20-%20Apostila%2006.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2010.

LEITE, P. da C. Efeito de tratamentos térmicos em misturas de Termo-Potássio de Abaeté, fosfato de Araxá e calcário magnesiano, na disponibilidade de potássio e fósforo. 1985. 160f. Dissertação de mestrado (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 resistência de plantas a doenças**. Boletim informativo do Grupo de Estudos “Luiz de Queiroz”, n.87, p.8-12, 1999. (Encarte técnico).

LUPWAYI, N.Z.; CLAYTON, G.W.; HARKER, K.N.; TURKINGTON, T.K. & JOHNSTON, A.M. Impact of crop residue type on potassium release. *Better Crops*, 89:14-15, 2005.

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

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL- GOMES, F. & ALCARDE, J.C. (2002). Adubos e adubações. São Paulo: Nobel, 200p.

MARTINS, E.S.; OLIVEIRA, C.G.; RESENDE, A.V.; MATOS, M.S.F. **Rochas e Minerais Industriais**. 2. Ed, 2008. Capítulo 9. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/agrominerais/livros/09-agrominerais_rochas-silicaticas.pdf>. Acesso em: 20 mar. de 2011.

MEURER, E.J. Potássio. In: FERNANDES, M.S. Nutrição mineral de plantas. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2006. p.281-298.

MIELNICZUK, J. O potássio no solo: Instituto brasileiro da potassa e fosfato (EUA) e Instituto internacional da Potassa. 1980. 80 p. (Boletim técnico 2).

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).

NOVAIS,R.F; ALVAREZ,V.H; BARROS,N.F; FONTES,R.L.F; CANTARUTTI,R.B; NEVES,J.C.L. **Fertilidade do solo**, Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de ciência do solo,2007.101p.

OLIVEIRA, L.A.M. (2008) 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.

PEREIRA-FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S.; KARAM, D.; COELHO, A.M.; ALVARENGA, R.C.; CRUZ, J.C. & CABEZAS, W.L. Manejo da cultura do milho. In:NETTO, D.A.M. & DURÕES, F.O.M., eds. Milheto: tecnologias de produção e agronegócio. Brasília, Embrapa Informações Tecnológicas, 2005. p.59-87.

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 adubação. Piracicaba, Ceres, 1991. 343p.

RAIJ B .van. ;ANDRADE,J.C.;CANTARELLA,H.;QUAGGIO,J.A. **Análise Química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas-SP, Instituto Agrônomo de Campinas,2001.285p.

RESENDE, A.V.; MACHADO, C.T.T.; MARTINS, E.S.; SENA, M.C.; NASCIMENTO, M.T.; SILVA, L.C.R. & LINHARES, N.W. Rochas como fontes de potássio e outros nutrientes para culturas anuais. **Espaço & Geografia**, v.9, n°1, p.135-161, 2006a.

RESENDE, A.V.; MARTINS, E. S.; OLIVEIRA, C.G.; SENA, M.C.; MACHADO, C.T.T.; KINPARA I. & FILHO E. C. O Suprimento de potássio e pesquisa de uso de rochas “in natura” na Agricultura Brasileira. **Espaço & Geografia**, v. 9, n°1, p. 19- 42, 2006.

ROBERTS, T.L. (2005) World reserves and production of potash. In: YAMADA, T. & ROBERTS, T.L. (Eds.). *Potássio na agricultura brasileira*. Piracicaba: Instituto de Potassa & Fosfato, p. 1- 20.

ROSOLEM, C.A.; ESTEVES, J.A.F. & SILVA, R.H. Significance of mass flow and diffusion in supplying K to cotton roots as affected by liming and K rates. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT-SOIL INTERACTIONS AT LOW pH, 5., South Africa, 2001. Programme. África do Sul, 2001. p.48

SANTOS, E. A. Efeito da acidificação do Termo-Potássio de Abaeté na disponibilidade do potássio para o milho (*Zea mays L.*) em casa-de-vegetação. 1984. 126f. Dissertação de mestrado (Mestrado em Agronomia) – Solos e nutrição de plantas, Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1984.

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., Florianópolis, 1994. Resumos. Florianópolis, SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 1994. p.248-249.

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**. v.9 p. 45-50, 1985

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.

SILVEIRA, R.L.V.A.; TAKAHASHI, E.N.; SGARBI, F.; BRANCO, E.F. Sintomas de deficiência de macronutrientes e boro em híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva (compact disc). In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., Águas de Lindóia, 1996. **Solo-suelo 96**: trabalhos. Piracicaba: SBCS/SLCS. 1996.

VILELA, L.; SOUSA, D.M.G. 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.

WILL, G.M. Some change in the growth habit of *Eucalyptus* seedlings caused by nutrient deficiencies. **Empire Forestry Review**, v.40, n.4, p. 301-307, 1961.

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