



KARINA VOLPI FURTINI

**DESENVOLVIMENTO DE COPO-DE-LEITE
CULTIVADO EM SUBSTRATOS COM
DIFERENTES FONTES E DOSES DE POTÁSSIO**

**LAVRAS – MG
2012**

KARINA VOLPI FURTINI

**DESENVOLVIMENTO DE COPO-DE-LEITE CULTIVADO EM
SUBSTRATOS COM DIFERENTES FONTES E DOSES DE POTÁSSIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva

**LAVRAS – MG
2012**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Furtini, Karina Volpi.

Desenvolvimento de copo-de-leite cultivado em substratos com diferentes fontes e doses de potássio / Karina Volpi Furtini. – Lavras : UFLA, 2012.

70 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Patrícia Duarte de Oliveira Paiva.

Bibliografia.

1. *Zantedeschia aethiopica*. 2. Nutrientes. 3. Características. 4. Adubação potássica. 5. Floricultura para corte. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 635.93464

KARINA VOLPI FURTINI

**DESENVOLVIMENTO DE COPO-DE-LEITE CULTIVADO EM
SUBSTRATOS COM DIFERENTES FONTES E DOSES DE POTÁSSIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 27 de fevereiro de 2012.

Dra. Elka Aparecida Fabiana Almeida

EPAMIG

Dra. Kathia Fernandes Lopes Pivetta

UNESP/Jaboticabal

Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva

Orientadora

LAVRAS – MG

2012

A minha família... Com amor e carinho!

DEDICO E OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus, pelo dom da vida e por fazer dela uma maravilha divina!

Aos meus pais, Marly e Eduardo. Acredito que seja impossível resumir em palavras tudo o que eles representam em minha vida, mas aproveito a oportunidade para dizer que amor, confiança, dedicação e carinho são sinônimos da vida que compartilhamos!

A minha irmã Isabela, pelo amor e atenção durante os 24 anos que já passamos juntas... Hoje a distância nos separa, mas temos uma a outra um carinho especial!

Ao meu cunhado Ciro, pelas alegrias, momentos de descontração e ajuda.

Ao Paulo, pelo amor e confiança que conseguimos construir juntos... e espero continuar a tê-los pelo resto da minha vida!

Aos meus avós, Vô Nelson, Vó Tetê e Vó Dindinha, pelo exemplo de vida que representam... e por serem peças-chave em nossa família.

A minha orientadora Patrícia, por me apresentar o lado mais bonito da Agronomia (flores!). Agradeço também pelas palavras, atenção e dedicação que me foram dadas desde a iniciação científica até o mestrado, e espero, num futuro bem próximo, continuarmos nossa parceria no doutorado.

Ao Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras pela oportunidade de cursar o mestrado e pela confiança em mim depositada.

Ao Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, especialmente em nome do Prof. Eduardo Furtini (meu pai!), pela ajuda durante todo o experimento, desde a elaboração do trabalho e execução, até a conclusão aqui apresentada.

Ao CNPq, por financiar meus estudos através da bolsa concedida durante o curso.

Ao Pezão, funcionário do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, que me “salvou” nos momentos difíceis do trabalho e representou um companheiro para todas as horas.

À aluna Brígida, pela ajuda durante todo o experimento. Sua dedicação, responsabilidade e companheirismo foram essenciais para que esse trabalho se concretizasse!

Aos amigos pelos momentos compartilhados e trabalhos desenvolvidos juntos...

A toda a minha família, tios, primos, enfim... a nossa história se resume em momentos bons e momentos difíceis, mas faz da nossa família, um importante exemplo de convivência e amor.

Aos meus sogros José Boldrin e Marli e meus cunhados Daniel e Mariana, Roberta e Jé, que apesar da distância, compartilhamos momentos especiais!

Enfim... acredito que só tenho a agradecer!

BIOGRAFIA

KARINA VOLPI FURTINI, filha de Antonio Eduardo Furtini Neto e Marly Volpi de Abreu Furtini, nascida em 30 de agosto de 1987, na cidade de Lavras, MG. cursou o Ensino Fundamental e o Ensino Médio no Instituto Presbiteriano Gammon na cidade de Lavras, MG, de 1995 a 2005. Em 2006, ingressou no curso de Agronomia na Universidade Federal de Lavras, graduando-se em 2010. Iniciou o trabalho com floricultura e plantas ornamentais no início da graduação, e tornou-se bolsista de Iniciação Científica do setor de floricultura do Departamento de Agricultura da UFLA sob a orientação da Prof.^a Patrícia Duarte de Oliveira Paiva. Desenvolveu trabalhos com as culturas de copo-de-leite, bromélia e kalanchoe. Estagiou, em 2009, no viveiro Bela Vista Florestal, localizado em Campo Belo, MG, onde trabalhou com produção de mudas de eucalipto clonal, cedro australiano e espécies florestais nativas. No mesmo ano, estagiou na empresa Terra Viva, em Tapira, MG, onde acompanhou todo o processo de produção de lírio e callas. Durante a graduação tornou-se integrante do Núcleo de Estudos em Paisagismo e Floricultura, desenvolvendo as funções de membro e secretária. Participou das comissões organizadoras do 4º e 5º Simpósio Internacional de Paisagismo e cursos de arranjos florais. Em 2010, ingressou no curso de mestrado em Agronomia/Fitotecnia, na área de concentração Produção Vegetal na Universidade Federal de Lavras, concluindo-o em fevereiro de 2012.

RESUMO

Recentemente são buscadas alternativas para reduzir a dependência brasileira em relação à importação de fertilizantes para uso nas atividades agrícolas. Nesse contexto, objetivou-se avaliar a eficiência agrônômica de fontes alternativas de potássio, oriundas de verdete calcinado, para a cultura do copo-de-leite. Os tratamentos consistiram na combinação de 3 fontes de potássio: Verdete farelado '*in natura*', Termopotássio granulado e Termopotássio farelado fino, 4 doses de potássio: 0, 205, 410 e 820 mg dm⁻³ e 2 substratos: solo natural e solo acrescido de 30% de esterco em volume. Os tratamentos adicionais foram constituídos por 410 mg dm⁻³ de potássio na forma de KCl (Cloreto de potássio) nos dois substratos. O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 (fontes de potássio) x 4 (doses de potássio) x 2 (substratos), totalizando 24 tratamentos mais 2 tratamentos adicionais. Foram utilizadas 4 repetições, com 1 planta por parcela. Aos 180 dias de cultivo, as plantas foram avaliadas quanto às características de crescimento da parte aérea, produção de inflorescências e teores de nutrientes na massa seca da parte aérea. As fontes Termopotássio granulado e Termopotássio farelado fino proporcionam bom desenvolvimento das plantas assim como o uso de KCl. O substrato solo acrescido de esterco bovino promove melhorias no desenvolvimento e produção das plantas de copo-de-leite.

Palavras-chave: *Zantedeschia aethiopica*. Potássio. Floricultura.

ABSTRACT

Recently, alternatives are sought to reduce Brazilian dependence on the import of fertilizers for use in agricultural activities. In this context, had as objective to evaluate the agronomic effectiveness of alternative potassium sources, derived from calcined verdigris, for the culture of the calla lily. The treatments were a combination of three potassium sources: verdigris branny 'fresh', Termipotassium granulated and Termipotassium slim branny, four potassium dosage: 0, 205, 410 and 820 mg dm⁻³ and 2 substrates: natural soil and soil plus 30% of manure in volume. The additional treatments were consisted for 410 mg dm⁻³ of potassium in the form of KCl (potassium chloride) on both substrates. The experiment was conducted in a completely randomized design in factorial 3 (sources of potassium) x 4 (potassium dosage) x 2 (substrates), totaling 24 treatments over two additional treatments. Four replicates were used with 1 plant per plot. At 180 days of cultivation, the plants were evaluated for growth characteristics of the shoot, inflorescence production and nutrient content in shoot dry mass. The sources Termipotassium granulated and Termipotassium slim branny provide good plant growth like the use of KCl. The substrate soil plus manure promotes improvements in the development and plants production of calla lily.

Keywords: *Zantedeschia aethiopica*. Potassium. Floriculture.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Altura de plantas de copo-de-leite cultivadas em solo e em solo acrescido de esterco, na dose de 410 mg dm^{-3} de K..... 32
- Figura 2 Altura de plantas de copo-de-leite cultivadas com diferentes fontes e doses de potássio. *Significativo a 5% pelo teste t 34
- Figura 3 Diâmetro do colo de plantas de copo-de-leite cultivadas com Verdete farelado '*in natura*' (VF) em diferentes doses de potássio e substratos. *Significativo a 5% pelo teste t 35
- Figura 4 Número de folhas de plantas de copo-de-leite cultivadas com Termopotássio farelado fino (FK) em diferentes doses de potássio e substratos 36
- Figura 5 Comprimento das folhas das plantas de copo-de-leite cultivadas com diferentes fontes de potássio no substrato solo acrescido de esterco (A) e solo (B) em diferentes doses de potássio. *Significativo a 5% pelo teste t 37
- Figura 6 Largura das folhas das plantas de copo-de-leite cultivadas com diferentes fontes de potássio no substrato solo acrescido de esterco com diferentes doses de potássio. *Significativo a 5% pelo teste t..... 38
- Figura 7 Número de brotos produzidos pelas plantas de copo-de-leite cultivadas com diferentes fontes de potássio no substrato solo. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade 39
- Figura 8 Número de brotos produzidos pelas plantas de copo-de-leite cultivadas em substratos com diferentes doses de potássio. *Significativo a 5% pelo teste t 40

Figura 9	Massa seca da parte aérea de plantas de copo-de-leite cultivadas com diferentes doses de potássio em diferentes substratos. *Significativo a 5% pelo teste t	441
Figura 10	Número de inflorescências produzidas por planta de copo-de-leite cultivada em solo (A) e em solo acrescido de esterco (B) com diferentes fontes e doses de potássio. *Significativo a 5% pelo teste t.....	43
Figura 11	Altura média das hastes florais produzidas pelas plantas de copo-de-leite cultivadas em substratos com diferentes fontes e doses de potássio. Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade	44
Figura 12	Massa fresca e massa seca das hastes florais produzidas pelas plantas de copo-de-leite cultivadas em substratos com diferentes fontes e doses de potássio. Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.....	46
Figura 13	Aspecto das folhas de copo-de-leite cultivadas sob omissão de potássio (esquerda) e com aplicação de 420 mg dm^{-3} de potássio no substrato (direita).....	47
Figura 14	Teor de potássio na massa seca da parte aérea de plantas de copo-de-leite cultivadas em substratos com diferentes fontes e doses de potássio. *Significativo a 5% pelo teste t.....	48
Figura 15	Teor de potássio na massa seca da parte aérea de plantas de copo-de-leite cultivadas em substratos com diferentes fontes e doses de potássio. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, para o mesmo substrato, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.....	49

Figura 16	Teor de fósforo na parte aérea das plantas de copo-de-leite cultivadas em substratos com diferentes fontes e doses de potássio. *Significativo a 5% pelo teste t	50
Figura 17	Teor de fósforo na massa seca da parte aérea de plantas de copo-de-leite cultivadas em substratos com diferentes fontes e doses de potássio. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, para o mesmo substrato, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.....	551
Figura 18	Teor de enxofre na parte aérea das plantas de copo-de-leite cultivadas em substratos com diferentes fontes e doses de potássio. *Significativo a 5% pelo teste t	52
Figura 19	Teor de enxofre na massa seca da parte aérea de plantas de copo-de-leite cultivadas em substratos com diferentes fontes e doses de potássio. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, para o mesmo substrato, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.....	53
Figura 20	Teor de nitrogênio na massa seca da parte aérea de plantas de copo-de-leite cultivadas em substratos com diferentes fontes e doses de potássio. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, para o mesmo substrato, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade	54
Figura 21	Teor de nitrogênio na parte aérea das plantas de copo-de-leite cultivadas em solo acrescido de esterco com diferentes fontes e doses de potássio. *Significativo a 5% pelo teste t	55

- Figura 22 Teor de cálcio na massa seca da parte aérea de plantas de copo-de-leite cultivadas com: A) Termopotássio farelado fino (FK) em solo B) Termopotássio farelado fino (FK) em solo acrescido de esterco C) Termopotássio granulado (GK) em solo. *Significativo a 5% pelo teste t..... 56
- Figura 23 Teor de magnésio na massa seca da parte aérea de plantas de copo-de-leite cultivadas com: A) Termopotássio farelado fino (FK) B) Termopotássio granulado (GK) C) Verdete farelado ‘*in natura*’ (VF) em substratos com diferentes doses de potássio. Números entre parênteses referem-se à porcentagem da dose sugerida por Carneiro (2009). *Significativo a 5% pelo teste t..... 57
- Figura 24 Teor de magnésio na parte aérea das plantas de copo-de-leite cultivadas em solo (A) e em solo acrescido de esterco (B) com diferentes fontes e doses de potássio. *Significativo a 5% pelo teste t..... 58
- Figura 25 Teor de manganês na massa seca da parte aérea de plantas de copo-de-leite cultivadas com: A) Termopotássio farelado fino (FK) em solo B) Termopotássio farelado fino (FK) em solo acrescido de esterco C) Termopotássio granulado (GK) em solo D) Termopotássio granulado (GK) em solo acrescido de esterco E) Verdete farelado ‘*in natura*’ (VF) em solo F) Verdete farelado ‘*in natura*’ (VF) em solo acrescido de esterco. *Significativo a 5% pelo teste t..... 60

Figura 26 Teor de zinco na massa seca da parte aérea de plantas de copo-de-leite cultivadas com: A) Termopotássio farelado fino (FK) em solo acrescido de esterco B) Termopotássio granulado (GK) em solo C) Termopotássio granulado (GK) em solo acrescido de esterco D) Verdete farelado 'in natura' (VF) em solo E) Verdete farelado 'in natura' (VF) em solo acrescido de esterco. *Significativo a 5% pelo teste t 62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Concentrações de nutrientes na fonte de potássio utilizada em base ' <i>in natura</i> ' e base calcinada.....	29
Tabela 2	Composição do esterco bovino.....	29
Tabela 3	Eficiência relativa das fontes de potássio nos diferentes substratos para o cultivo de copo-de-leite.....	63

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1	Agronegócio floricultura	20
2.2	Copo-de-Leite	21
2.3	Nutrição	22
2.4	Potássio	23
2.5	Fontes alternativas	24
2.6	Verdete	25
3	MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1	Localização	27
3.2	Implantação e condução do experimento	27
3.3	Tratamentos	28
3.4	Delineamento estatístico	29
3.5	Avaliações	30
3.6	Análises estatísticas	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1	Altura	32
4.2	Diâmetro do colo	34
4.3	Número de folhas	35
4.4	Dimensões das folhas	36
4.5	Número de brotos	38
4.6	Massa seca da parte aérea	40
4.7	Número de inflorescências	42
4.8	Altura das hastes florais	43
4.9	Largura e comprimento da espata	44

4.10	Massa fresca e massa seca das inflorescências	45
4.11	Nutrição mineral	46
4.12	Eficiência Relativa	63
5	CONCLUSÕES	65
	REFERÊNCIAS	66

1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade agrícola é um desafio, e uma realidade, quando se pretende buscar uma produção com equilíbrio ambiental, econômico e social. Nesse sentido, é preciso considerar que a produção intensiva de produtos agrícolas demanda maiores quantidades de insumos e de recursos, os quais são finitos.

O Brasil é um grande importador de fertilizantes, especialmente de potássio, o que tem estimulado a pesquisa por alternativas, para reduzir a dependência brasileira em relação à importação desses insumos. Nesse contexto, rochas ou minerais que apresentem teores elevados de potássio poderão ser fontes alternativas potenciais para a produção de sais de potássio e/ou de termofosfatos potássicos ou, ainda, para a aplicação direta nos solos como fertilizantes de potássio de solubilização lenta (NASCIMENTO; LAPIDO-LOUREIRO, 2009).

O uso eficiente de fertilizantes, aliado ao uso de fontes alternativas de nutrientes visando à menor dependência estrangeira e melhores preços no mercado interno estão sendo propostos e incentivados pelo Governo Federal. Porém, a falta de informações sobre rochas com esse potencial de utilização, bem como, a dose a ser utilizada de forma que atenda à necessidade das culturas sugerem a grande importância dos estudos de rochagem.

Estudos de aproveitamento direto das rochas como fontes potenciais de potássio no Brasil poderão ser de grande importância para a agricultura brasileira, sobretudo por permitir uma diminuição da grande dependência estrangeira de fertilizantes potássicos.

Dentre as espécies agrícolas cultivadas, destacam-se as flores como as plantas bastante exigentes em potássio, uma vez que esse elemento está diretamente relacionado ao processo de floração.

O potássio é o elemento mais requerido pela cultura do copo-de-leite (CARNEIRO et al., 2011), cujo cultivo destaca-se no estado de Minas Gerais, em função da adaptação às características climáticas, sobretudo da região Sul do Estado.

Assim, objetivou-se avaliar a eficiência agronômica de fontes alternativas de potássio, oriundas de verdete calcinado, para a cultura do copo-de-leite cultivado em solo, e em solo acrescido de esterco.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Agronegócio floricultura

O agronegócio floricultura tem tido um significativo desenvolvimento nos últimos anos no Brasil. Esse fato é consequência de diversas ações incentivadoras, destacando-se a atuação governamental, possibilidades de lucro da atividade, vantagens particulares que permitem o trabalho em pequenas áreas, além de aspectos sociais como emprego significativo de mão de obra. Esses fatos também são observados no estado de Minas Gerais, segundo no *ranking* nacional, conforme levantamento realizado por Landgraf e Paiva (2009).

Uma das principais características da produção de flores e plantas ornamentais é a de constituir-se em atividade típica de agricultores familiares. Segundo levantamento realizado por Landgraf e Paiva (2009) no estado de Minas Gerais, aproximadamente 40% dos produtores possuem área de até 2 ha. Além de possibilitar alto rendimento por área cultivada, os agricultores familiares podem adquirir uma renda alternativa com o cultivo de espécies ornamentais, quando esses se localizam próximos a grandes centros consumidores.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Floricultura - Ibraflor (2011) estima-se que existam atualmente no Brasil 8 mil produtores de flores e plantas ornamentais, ocupando uma área total de 9 mil hectares. A atividade gera 3,5 empregos diretos por hectare e produz mais de 300 espécies diferentes. Há cerca de 25 mil pontos de venda no varejo, 600 empresas atacadistas distribuídas em quarenta centros atacadistas, gerando 124 mil empregos diretos.

São Paulo é o maior Estado produtor e consumidor, o qual detém 70% da produção e 50% do consumo. Os produtores também estão distribuídos em Minas Gerais, Rio de Janeiro, Alagoas, Pernambuco, Bahia, Ceará, Rio Grande

do Sul e Santa Catarina (GAVIOLI, 2004; IBRAFLOR, 2011; RISCH, 2003). Em 2010, a atividade cresceu 15% em relação ao ano de 2009 (IBRAFLOR, 2011).

O segmento de flores e plantas ornamentais é dividido em mudas de plantas ornamentais, flores de corte, flores envasadas, folhagens de corte e folhagens envasadas. Dentre as flores de corte produzidas no Brasil, o copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*) é uma espécie bastante apreciada pelas suas características favoráveis para a composição de arranjos florais. De acordo com Landgraf e Paiva (2009) esta espécie é bastante cultivada no estado de Minas Gerais, principalmente na região Sul, que é responsável por 44% da produção de copo-de-leite do estado.

2.2 Copo-de-Leite

O copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*) é uma planta herbácea perene florífera, apresenta em média 0,60 a 1,0m de altura e rizomas vigorosos. As folhas são membranáceas, verde-escuras, e podem apresentar de 8 a 19 cm de comprimento. Pertence à família Araceae, e é originária de regiões úmidas da África (LORENZI; SOUZA, 2008). A inflorescência é composta por uma espádice (suporte central para as flores individuais) de coloração amarela que está subtendida a uma bráctea simples, vistosa, denominada espata, de coloração branca (ARMITAGE, 1993; SALINGER, 1991).

O copo-de-leite é adaptado a condições de clima mais ameno, sendo o seu florescimento dependente da temperatura (CARNEIRO, 2009). Segundo Tjia (1989), em épocas quentes, o florescimento do copo-de-leite cessa ou é drasticamente reduzido.

2.3 Nutrição

As informações a respeito da adubação e nutrição mineral do copo-de-leite ainda são deficientes. Muitos produtores se apoiam em padrões de adubação previamente estabelecidos, resultando na aplicação de doses às vezes insuficientes ou excessivas de fertilizantes, ocasionando desequilíbrio na nutrição mineral das plantas (FONSECA, 2010).

De acordo com Carneiro (2009) a exigência das plantas de copo-de-leite obedece à ordem decrescente para macronutrientes e micronutrientes, respectivamente: $K > N > Ca > P = S > Mg$ e $Zn > Mn > Fe > B > Cu$. Segundo Fonseca (2010), para plantas de copo-de-leite colorido (calla), a exigência em macronutrientes é a mesma encontrada por Carneiro (2009), exceto para micronutrientes, sendo a ordem decrescente de $Fe > Zn > B > Mn > Cu$.

Souza et al. (2010) ao trabalhar com copo-de-leite em solução nutritiva, verificaram que a melhor dose de boro para o desenvolvimento adequado do copo-de-leite é de $1,20 \text{ mg L}^{-1}$, sendo que a dose de $0,05 \text{ mg L}^{-1}$ reduz o crescimento das plantas.

Segundo Almeida e Paiva (2004) o copo-de-leite responde bem à fertilização orgânica, sendo recomendada a utilização, no plantio, de 20 L m^{-2} de esterco de curral curtido. A matéria orgânica adicionada ao solo ativa diversos processos capazes de alterar suas propriedades e melhorar os atributos físicos, químicos e biológicos. Pode-se citar maior resistência à erosão, maior taxa de infiltração e retenção de água no solo, aumento da capacidade de retenção de cátions, aumento da quantidade de nutrientes, aumento da atividade e diversidade biológica do solo, entre outros (MIELNICZUK et al., 2003).

2.4 Potássio

O potássio é o segundo macronutriente mais exigido pela maioria das culturas, sendo o nitrogênio, o nutriente requerido em maior quantidade. Porém, na cultura do copo-de-leite, segundo Carneiro (2009), o potássio é o nutriente mais exigido, seguido pelo nitrogênio, cálcio e fósforo, mesmo para as cultivares de copo-de-leite colorido (calla) em condições de fertirrigação (FONSECA, 2010).

Segundo Faquin (2005), as principais funções do potássio na planta estão relacionadas à ativação enzimática, regulação osmótica, manutenção do pH e absorção iônica. Na planta, o potássio não possui papel estrutural, pois não faz parte de nenhum composto orgânico.

Em consequência da grande extensão territorial nacional, aliada à dimensão da produção agrícola, às características dos solos brasileiros e à baixa produção de fertilizantes, especialmente os fertilizantes potássicos, o Brasil é um país extremamente dependente da importação desse produto. Segundo dados da Associação Nacional para Difusão de Adubos (ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS - ANDA, 2011), o consumo de potássio em 2009 foi de 2.517.000 toneladas, sendo 2.101.000 toneladas (83%) provenientes de importação. Os principais países fornecedores de potássio para o Brasil em 2008 foram o Canadá (34%), a Rússia e Bielorrússia (41%), a Alemanha (12%), Israel (12%) e Espanha (1%) (IFA, 2008; IBRAM, 2011).

A dependência de importações, além de desfavorecer a balança comercial brasileira, implica em questões estratégicas como a necessidade de negociações com um grupo restrito de países fornecedores de um insumo essencial à produção agrícola (RESENDE et al., 2006).

A principal fonte de potássio utilizada como fertilizante no Brasil é o cloreto de potássio. No Brasil, existe apenas uma jazida em exploração deste

nutriente, o Complexo Taquari/Vassouras, no estado de Sergipe e, que, segundo Lopes (2005) com previsão de vida útil até 2017.

2.5 Fontes alternativas

Alguns estudos conduzidos no Brasil com a utilização de rochas como fontes de nutrientes não tiveram muito sucesso pela baixa disponibilidade de potássio e ao alto custo dos processos energéticos na tentativa de aumentar a solubilidade dos nutrientes (RESENDE et al., 2006).

A rochagem é um processo alternativo ou complementar de fertilização, que consiste na adição de pó de rocha com o objetivo de aumentar a fertilidade dos solos e, conseqüentemente, aumentar a produção agrícola, sem afetar o equilíbrio ambiental (LAPIDO-LOUREIRO; RIBEIRO, 2009).

A rochagem pode contribuir para a redução do consumo de fertilizantes industriais que exigem grande quantidade de energia para sua fabricação e ser um agente dinamizador de produtividade e qualidade do pequeno agricultor, pois pode atuar como corretivo da acidez do solo, condicionador de solo ou como fertilizantes, associado ou não ao uso de matéria orgânica natural (LAPIDO-LOUREIRO; RIBEIRO, 2009).

Entre os minerais constituintes das rochas com potencial de utilização para fins agrícolas, Curi, Kämpf e Marques (2005) citam os feldspatos potássicos, as micas, as vermiculitas e as esmectitas como os principais minerais relacionados à disponibilidade e presença de potássio nos solos brasileiros. Em solos muito intemperizados esses minerais são menos comuns, dando lugar à caulinita que não tem potássio na sua estrutura (FAQUIN, 2005).

As rochas que apresentam biotita ou flogopita são as mais promissoras para utilização no processo de rochagem, uma vez que tendem a solubilizar-se e liberar potássio com relativa facilidade (RESENDE et al., 2006). Porém,

algumas rochas fontes de potássio podem liberar o nutriente de forma lenta e incompatível com os sistemas de produção (LAPIDO-LOUREIRO et al., 2010), o que, segundo Resende et al. (2006), pode ser contornado também por meio da biossolubilização, processo que corresponde ao aumento da solubilidade das rochas por meio da ação de microorganismos.

2.6 Verdete

De acordo com Lapidou-Loureiro et al. (2010) o verdete é uma rocha sedimentar rica em minerais potássicos, tais como glauconita, sericita e illita, com teores aproximados de 5 a 15% de K_2O . Em geral, possuem coloração verde, e são encontradas no Brasil principalmente entre as cidades de Cedro de Abaeté e Quartel São João, ambas localizadas no estado de Minas Gerais, na região centro-oeste do estado (LIMA; UHLEIN; BRITTO, 2007).

Como composição, Piza, França e Bertolino (2009) verificaram que, em geral, o Verdete de Abaeté é composto por aproximadamente 37% de glauconita, 24% de quartzo, 11% de caulinita, 11% de matriz argilosa marrom clara, 7% de micas e 7% de óxidos de ferro. A glauconita, um dos principais constituintes do verdete, é uma mica dioctaedral com alto teor de Fe^{3+} encontrada em sedimentos de origem marinha. A glauconita é o mineral responsável pela coloração verde do Verdete de Abaeté (LIMA; UHLEIN; BRITTO, 2007).

A estrutura das micas consiste no empilhamento de camadas 2:1 formadas por duas lâminas tetraedrais (SiO_4 , AlO_4) envolvendo uma lâmina octaedral (Al, Mg, Fe). O potássio ocupa o espaço entrecamadas e está fortemente ligado às moléculas de oxigênio tetraedrais, compensando a deficiência de cargas na estrutura. Essa forte ligação do K impede o afastamento das camadas e a expansão da mica e, conseqüentemente, a penetração de

moléculas de água entre as camadas. Isso significa que o K originário das micas não está prontamente disponível para ser absorvido pelas plantas (KÄMPF; CURI, 2003).

Lopes et al. (1972) ao pesquisarem a glauconita moída como fonte de potássio em cultivo de milho verificaram que a maior produção de matéria seca ocorreu nas plantas que receberam o KCl como adubação, independente do solo utilizado. Já Eichler (1983) observou aumento dos teores de potássio solúvel do solo nas plantas que receberam a mistura de 50% de verdete de Abaeté e 50% calcário magnesiano calcinados a 1100°C, com produção de matéria seca equivalente ao KCl no primeiro cultivo, apresentando ainda maior efeito residual do K em relação ao KCl.

As pesquisas com uso de verdete como fertilizante na agricultura são antigas, e basicamente não há dados recentes disponíveis para a comunidade científica. Esse fato se justifica pelo exposto por Resende et al. (2006), nos quais os estudos conduzidos no Brasil com a utilização de rochas como fontes de nutrientes não tiveram muito sucesso pela baixa disponibilidade de potássio e ao alto custo dos processos energéticos na tentativa de aumentar a solubilidade dos nutrientes.

Por se tratar de um material com solubilidade pouco conhecida, deve-se atentar ao fato da granulometria estar relacionada à eficiência agrônômica do fertilizante, bem como ao seu efeito residual (ORIOLI JÚNIOR, 2008). Partículas menores apresentam maior superfície de contato com as raízes das plantas, o que pode favorecer a absorção dos nutrientes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (DCS-UFLA), no período de abril a outubro de 2011, na cidade de Lavras, MG, situada nas coordenadas 21°13'40'' S e 44°57'50'' W e a uma altitude de 925 m. O clima da região é do tipo Cwb (Köppen), com verões brandos e invernos secos. As médias anuais de precipitação e temperatura são de 1.529,5mm e 19,4° C, respectivamente, sendo o período de maior concentração de chuvas de novembro a março (DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - DNMet, 1992).

3.2 Implantação e condução do experimento

As mudas de copo-de-leite foram formadas a partir de rizomas, provenientes de produção comercial situada no município de Carmópolis, MG. Inicialmente, os rizomas foram plantados em bandejas contendo areia lavada para estimular a brotação e a formação das mudas. Quando as plantas atingiram altura média de 25 cm, foram transplantadas individualmente para vasos fechados com capacidade de 12,5 litros contendo solo classificado como Latossolo Vermelho Distroférico típico. Realizou-se análise do solo e corrigiu-se a saturação por bases (V) para 70% (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999).

As plantas foram cultivadas com 50% de sombreamento proporcionado pela tela sombrite® disposta dentro da casa de vegetação. A água evapotranspirada foi repostada diariamente com água deionizada, a fim de se atingir 60% do volume total de poros (VTP).

A adubação foi realizada de acordo com a recomendação de Carneiro (2009) para a cultura do copo-de-leite, sendo fornecidos, no total, 280 mg dm⁻³ de N, 80 mg dm⁻³ de P, 410 mg dm⁻³ de K, 260 mg dm⁻³ de Ca, 50 mg dm⁻³ de Mg, 77 mg dm⁻³ de S, 2,7 mg dm⁻³ de Zn, 2,3 mg dm⁻³ de Mn, 1,48 mg dm⁻³ de Fe, 0,176 mg dm⁻³ de Cu, 0,56 mg dm⁻³ de B. O Mo foi aplicado na dose 0,15 mg dm⁻³, segundo recomendação de Malavolta (1980). O nitrogênio e o potássio foram aplicados na forma de ureia e cloreto de potássio, respectivamente, e parcelados em três aplicações mensais. Os demais nutrientes foram aplicados apenas no plantio. As fontes de potássio foram adicionadas ao solo aproximadamente 30 dias antes do plantio.

3.3 Tratamentos

Os tratamentos consistiram na combinação de 3 fontes de potássio: Verdete farelado '*in natura*' (VF), Termopotássio granulado (GK) e Termopotássio farelado fino (FK). O potássio foi aplicado em 4 doses: 0, 205, 410 e 820 mg dm⁻³ e as plantas foram cultivadas em 2 substratos: solo e solo acrescido de 30% de esterco bovino em volume. Os tratamentos adicionais foram constituídos por 410 mg dm⁻³ de potássio na forma de KCl no solo como substrato e 410 mg dm⁻³ de potássio na forma de KCl no solo acrescido de esterco.

A determinação da dose de potássio foi obtida a partir da recomendação de Carneiro (2009), adotando-se os percentuais de 0, 50, 100 e 200% dessa recomendação. As quantidades de potássio aplicadas foram calculadas com base no teor total do nutriente nas diferentes fontes utilizadas, tanto em base '*in natura*' como em base calcinada, dependendo da fonte (Tabela 1). O teor de potássio no Verdete farelado '*in natura*' foi calculado com base na concentração

'*in natura*' e os teores dos Termopotássios com base na concentração do nutriente em base calcinada.

Tabela 1 Concentrações de nutrientes na fonte de potássio utilizada em base '*in natura*' e base calcinada

Nutrientes	Concentração (%)		Método Analítico/Laboratório
	Base ' <i>In natura</i> '	Base Calcinada	
Al ₂ O ₃	10,47	10,53	Acme (2011)*
SiO ₂	41,57	41,83	Acme (2011)
TiO ₂	0,53	0,53	Acme (2011)
MnO	0,10	0,10	Acme (2011)
Fe ₂ O ₃	4,72	4,75	Acme (2011)
Cr ₂ O ₃	<0,01	<0,01	Acme (2011)
CaO	31,74	31,94	Acme (2011)
MgO	2,44	2,45	Acme (2011)
P ₂ O ₅	0,17	0,17	Acme (2011)
Na ₂ O	0,19	0,19	Acme (2011)
K ₂ O	7,47	7,52	Acme (2011)
SO ₃	<0,01	<0,01	Acme (2011)

*ACME Analytical Laboratory (ISSO 9002 Accredited Co.)

O esterco bovino foi caracterizado quimicamente. A composição está representada na Tabela 2.

Tabela 2 Composição do esterco bovino

Elemento (g kg ⁻¹)					Elemento (mg kg ⁻¹)			
N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn	Cu
10	2,1	6,8	2,0	1,4	0,9	136	65	26

3.4 Delineamento estatístico

O experimento foi instalado em delineamento experimental inteiramente casualizado. Os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial 3 (fontes de potássio) x 4 (doses de potássio) x 2 (substratos), totalizando 24 tratamentos mais 2 tratamentos adicionais. Foram utilizadas 4 repetições, com 1 planta por parcela. Cada vaso foi considerado uma unidade experimental.

3.5 Avaliações

Após 180 dias de cultivo, foram realizadas avaliações agronômicas e químicas das plantas. Nas avaliações agronômicas, observou-se características da parte aérea, das inflorescências, brotações e massa seca.

- Parte aérea: altura, número total de folhas, dimensões da primeira folha completamente expandida e diâmetro do colo das plantas. A largura e o comprimento das folhas foram medidos a partir da inserção do pecíolo com o limbo foliar. A largura foi medida no sentido da inserção e o comprimento no sentido da nervura central.

- Inflorescências: número de inflorescências produzidas, altura da haste floral, comprimento e largura da espata floral. As inflorescências foram colhidas quando apresentaram o padrão de colheita estabelecido por Nowak e Rudnick (1990) e Salinger (1991), em que a espata apresentava-se completamente expandida e ausente de pólen.

- Brotações: contagem do número de brotos.

- Massa seca: as plantas foram seccionadas em parte aérea e inflorescência e acondicionadas, separadamente, em sacos de papel Kraft e secas em estufa de circulação forçada de ar a 60° C, até atingirem peso constante. Analisou-se separadamente a massa seca da parte aérea e das inflorescências.

Para as análises químicas, a parte aérea das plantas foi lavada com água destilada, moída em moinho tipo Willey, armazenada em potes plásticos e encaminhadas para o Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras. Os teores totais de P, S e B foram obtidos por colorimetria; K por fotometria de emissão de chama; Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica e N total pelo método Kjeldahl (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Foram retiradas amostras de solo no momento do plantio e ao final do cultivo

das plantas e foram encaminhadas para o Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição Vegetal Campo: Análises Químicas e Ambientais, localizado em Paracatu, MG, para serem analisados os teores totais dos nutrientes.

Foi calculada a eficiência relativa das fontes de potássio nos diferentes substratos de cultivo, de acordo com a fórmula de Resende et al. (2006):

$$ER (\%) = \frac{(K \text{ acumulado no tratamento com a rocha na dose X}) \times 100}{(K \text{ acumulado no tratamento com KCl na dose X})}$$

3.6 Análises estatísticas

Os dados obtidos no experimento foram agrupados e submetidos à análise de variância e teste F. Quando significativos ($P < 0,05$), as médias foram submetidas à análise de regressão polinomial para os dados quantitativos e teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade para os dados qualitativos, com o auxílio do *software* estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). Os dados de número de flores produzidas foram transformados para $x^{0,5}$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Altura

A altura das plantas de copo-de-leite foi influenciada pela interação entre as fontes e doses de potássio utilizadas. Também, isoladamente, os tipos de substratos influenciaram no crescimento das plantas.

Entre as plantas de copo-de-leite cultivadas com as fontes alternativas de potássio em comparação com o uso de KCl, não se observou diferença de altura das plantas, ou seja, essas fontes de potássio proporcionaram incremento em altura semelhante à fonte convencional do nutriente.

Comparando-se o cultivo de copo-de-leite nos diferentes substratos, as plantas mantidas em solo acrescido com esterco apresentaram maior altura em relação às plantas cultivadas no solo, independente da fonte e da dose de potássio utilizada (Figura 1).



Figura 1 Altura de plantas de copo-de-leite cultivadas em solo e em solo acrescido de esterco, na dose de 410 mg dm^{-3} de K

Em solo, as plantas apresentaram altura média de 35,58 cm, e em solo acrescido de esterco esse valor foi de 45,68 cm, o que representa uma diferença média de 10 cm. A altura das plantas foi semelhante da observada por Almeida (2007), em plantas de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva aos 360 dias. Esses valores diferem dos observados por Carneiro et al. (2011) e Souza et al. (2010) que observaram em plantas de copo-de-leite a altura de 71,10 e 91,46 cm aos 210 dias, respectivamente. Essa diferença de altura das plantas pode ser atribuída às diferentes origens do material vegetativo utilizados nos experimentos ou em função do período de avaliação. Em relação à superioridade do substrato solo acrescido de esterco, os resultados são semelhantes aos encontrados por Canesin e Correa (2006), que observaram que mudas de mamoeiro cultivadas em substrato com esterco, associado ou não à adubação mineral, apresentaram maior altura e foram superiores às mudas cultivadas em substrato com apenas solo.

O uso das fontes alternativas de potássio, GK e FK, nas diferentes doses de potássio, não proporcionou diferença na altura das plantas de copo-de-leite. Porém, essa característica foi influenciada pelas doses de potássio quando se utilizou o VF como fonte de potássio. Observa-se, na Figura 2, que a altura das plantas é reduzida na medida em que se aumentam as doses de potássio. A menor altura das plantas observada na dose de $507,12 \text{ mg dm}^{-3}$ pode ser atribuída à baixa solubilização da rocha, e conseqüentemente, baixa liberação do nutriente para as plantas de copo-de-leite. O desenvolvimento das plantas na ausência de potássio pode ser explicado pela reserva de nutrientes do rizoma utilizado.

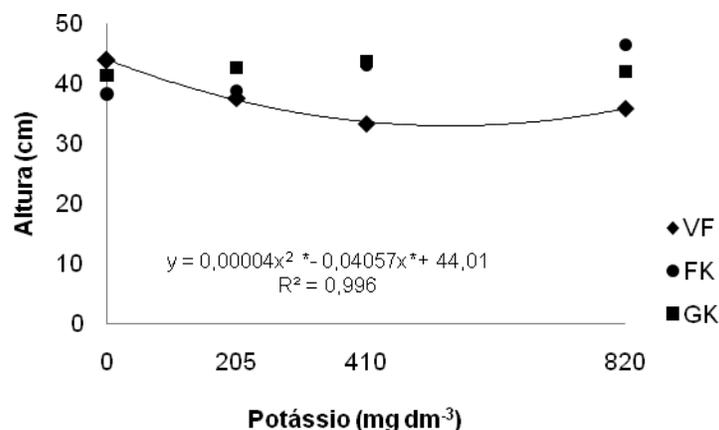


Figura 2 Altura de plantas de copo-de-leite cultivadas com diferentes fontes e doses de potássio. *Significativo a 5% pelo teste t

4.2 Diâmetro do colo

O diâmetro do colo das plantas de copo-de-leite foi influenciado pela interação das fontes e doses de potássio. Também, os substratos, isoladamente, influenciaram essa característica.

Em relação aos substratos, o cultivo em solo acrescido de esterco proporcionou maior diâmetro do colo em relação ao cultivo apenas em solo, sendo a diferença média de 11,18 mm. As plantas cultivadas em solo acrescido de esterco apresentaram diâmetro médio de 40,21 mm, enquanto que as plantas cultivadas em solo apresentaram diâmetro médio de 29,03 mm. De modo semelhante, Carneiro et al. (2011) observaram plantas de copo-de-leite com diâmetro médio de 41,7 mm de diâmetro. O diâmetro do colo das plantas tem sido considerado como um importante fator relacionado à qualidade das plantas (SCALON; MUSSURY; RIGONI, 2002).

O diâmetro do colo das plantas foi influenciado pela interação entre as doses e fontes de potássio utilizadas. Não houve diferença entre as doses de potássio nas fontes GK e FK em relação ao diâmetro do colo das plantas de

copo-de-leite. Quando se utilizou o VF, com o aumento das doses testadas, houve redução no diâmetro do colo (Figura 3), assim como ocorreu com a altura das plantas. O menor desenvolvimento das plantas novamente pode estar relacionado à baixa solubilização da rocha, e conseqüentemente, baixa liberação do nutriente para as plantas de copo-de-leite. O desenvolvimento das plantas na ausência de potássio pode ser explicado pela reserva de nutrientes do rizoma utilizado.

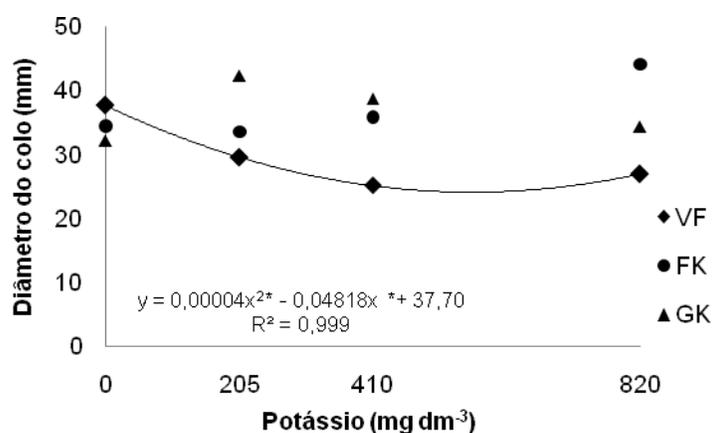


Figura 3 Diâmetro do colo de plantas de copo-de-leite cultivadas com Verdete farelado 'in natura' (VF) em diferentes doses de potássio e substratos. *Significativo a 5% pelo teste t

4.3 Número de folhas

Os substratos de cultivo influenciaram o número de folhas das plantas de copo-de-leite. As plantas cultivadas em solo acrescido de esterco produziram, em média, 4,75 folhas por planta, enquanto que, plantas cultivadas em solo apresentaram produção média de 3,91 folhas. Para a mesma cultura, Carneiro et al. (2011) observaram 41,58 folhas aos 210 dias de cultivo e Almeida (2007) encontrou 59,75 folhas aos 360 dias de cultivo. Essas diferenças podem ser justificadas pela diferença no tempo de cultivo do copo-de-leite, já que no

presente trabalho o cultivo foi de 180 dias. Outra questão se refere à época em que as plantas foram cultivadas, o que ocorreu no período do inverno, no qual, em função das épocas de baixas temperaturas, as plantas de copo-de-leite tendem a florescer (CARNEIRO, 2009), reduzindo o crescimento vegetativo. Também os substratos de cultivo diferem dos utilizados nessa pesquisa, uma vez que Carneiro et al. (2011) utilizaram fibra de coco e Almeida (2007) cultivou as plantas em solução nutritiva.

Houve interação de fontes e doses de potássio utilizadas. Quando se utilizou o FK, a dose estimada de $666,66 \text{ mg dm}^{-3}$ de potássio proporcionou maior número de folhas (Figura 4). Para as demais fontes, não houve diferença para esta característica avaliada.

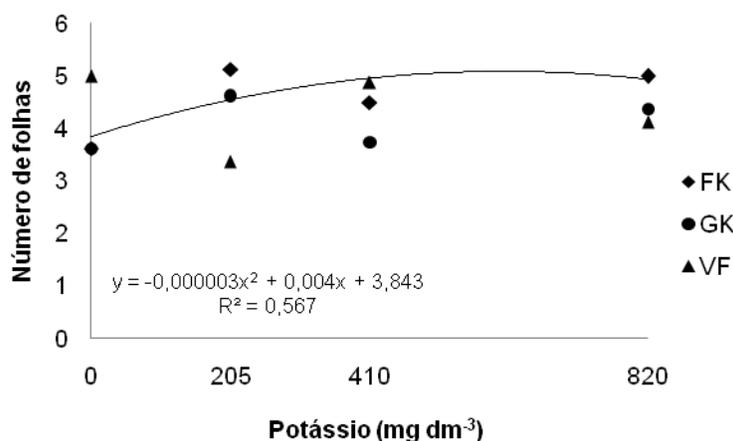


Figura 4 Número de folhas de plantas de copo-de-leite cultivadas com Termopotássio farelado fino (FK) em diferentes doses de potássio e substratos

4.4 Dimensões das folhas

Houve interação entre as fontes de potássio, as doses aplicadas e os substratos de cultivo sobre o comprimento e a largura das folhas de copo-de-

leite. As doses de potássio influenciaram o comprimento das folhas das plantas cultivadas com VF no substrato solo acrescido de esterco. Com o aumento das doses de potássio, houve decréscimo no comprimento das folhas das plantas de copo-de-leite (Figura 5).

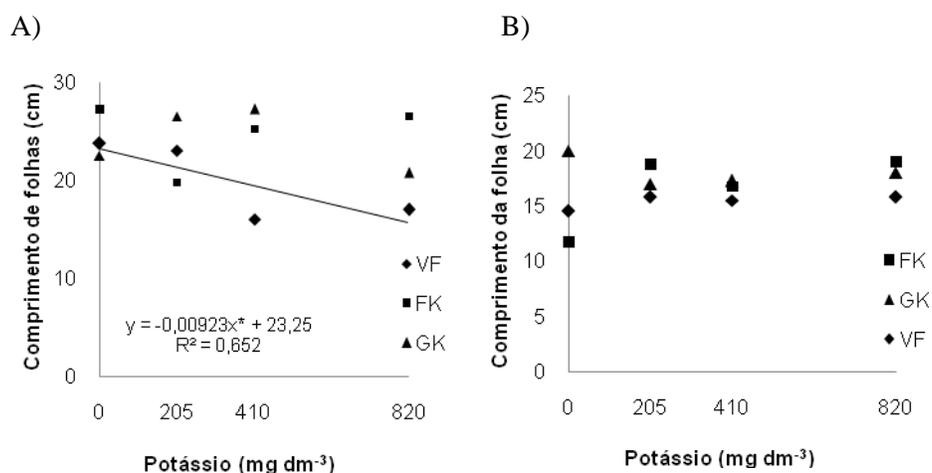


Figura 5 Comprimento das folhas das plantas de copo-de-leite cultivadas com diferentes fontes de potássio no substrato solo acrescido de esterco (A) e solo (B) em diferentes doses de potássio. *Significativo a 5% pelo teste t

A largura das folhas foi influenciada pelas doses de potássio nas plantas cultivadas no substrato solo acrescido de esterco com VF. Com o aumento das doses de potássio houve diminuição na largura das folhas (Figura 6). Para as demais fontes, não houve diferença nas dimensões das folhas de copo-de-leite nas diferentes doses de potássio e substratos de cultivo. A redução nas dimensões das folhas quando se utilizou a fonte VF pode estar relacionado à baixa solubilização da rocha, e consequentemente, baixa liberação do nutriente para as plantas de copo-de-leite. O desenvolvimento das plantas na ausência de potássio pode ser explicado pela reserva de nutrientes do rizoma utilizado.

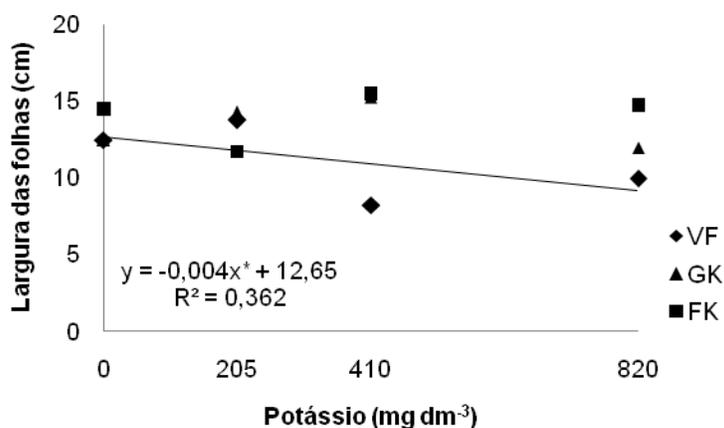


Figura 6 Largura das folhas das plantas de copo-de-leite cultivadas com diferentes fontes de potássio no substrato solo acrescido de esterco com diferentes doses de potássio. *Significativo a 5% pelo teste t

Os resultados sugerem que o desenvolvimento das folhas de copo-de-leite foi satisfatório, uma vez que Carneiro et al. (2011) e Souza et al. (2010) observaram valores semelhantes, respectivamente, 29,10 e 27,91 cm de comprimento e 24,77 e 20,99 cm de largura para a mesma cultura aos 210 dias de cultivo. No entanto, Almeida (2007) observou plantas com 16,79 cm de comprimento e 11,25 cm de largura aos 360 dias. Essa diferença entre os valores encontrados nesta pesquisa e os encontrados por Carneiro et al. (2011) e Souza et al. (2010) pode estar relacionada à diferença nos dias de cultivo, já que os valores observados nessa pesquisa se referem à apenas 180 dias.

4.5 Número de brotos

Observou-se influência da interação entre as fontes de potássio e os substratos utilizados no número de brotos produzidos pelas plantas de copo-de-leite. Quando cultivadas em solo, e acrescidas de FK, ocorreu uma produção média de 2,13 brotos por planta de copo-de-leite (Figura 7). Souza et al. (2010)

observaram plantas de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva, com produção média de 1,51 broto por planta, e foram formados 29,3 brotos por planta em pesquisa realizada por Carneiro et al. (2011). Já as plantas cultivadas no substrato solo acrescido de esterco não diferiram entre as diferentes fontes de potássio utilizadas em relação à produção de brotos, com produção média de 1,8 brotos por planta.

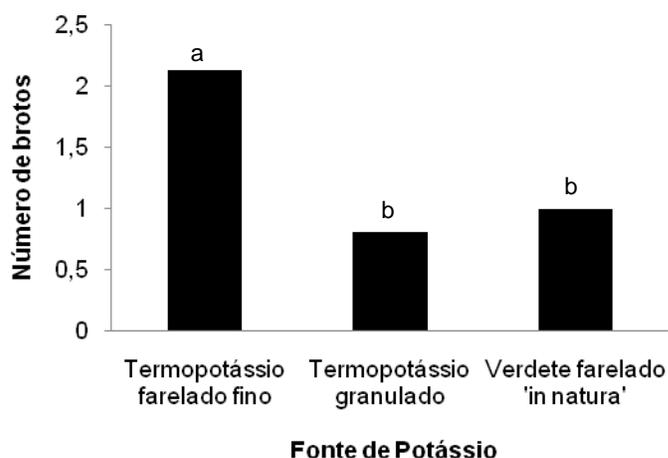


Figura 7 Número de brotos produzidos pelas plantas de copo-de-leite cultivadas com diferentes fontes de potássio no substrato solo. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

As doses de potássio testadas aplicadas nos diferentes substratos influenciaram a formação de brotos independente da fonte de potássio utilizada: com o aumento das doses de potássio, houve diminuição na produção de brotos das plantas cultivadas no substrato solo acrescido de esterco (Figura 8). As plantas cultivadas no solo nas diferentes doses de potássio não diferiram entre si em relação à produção de brotos.

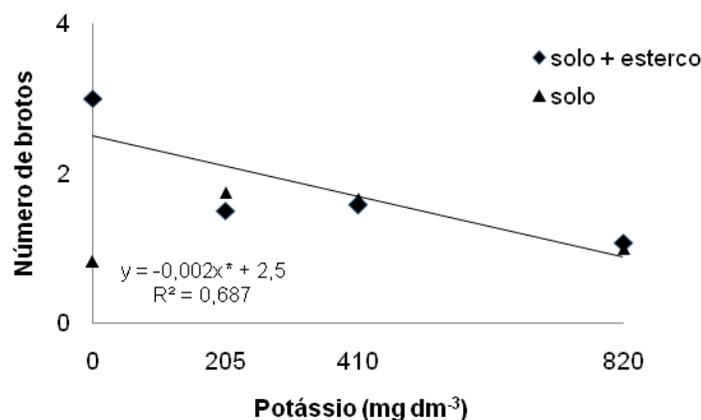


Figura 8 Número de brotos produzidos pelas plantas de copo-de-leite cultivadas em substratos com diferentes doses de potássio. *Significativo a 5% pelo teste t

4.6 Massa seca da parte aérea

A massa seca da parte aérea das plantas de copo-de-leite foi influenciada pelas fontes de potássio utilizadas, sendo maior nas plantas cultivadas com as fontes FK e GK em relação ao uso de VF, as quais apresentaram, em média, massa seca de 8,18g, 7,45g e 5,41g respectivamente.

Foi observada interação entre doses de potássio e substratos de cultivo. As plantas de copo-de-leite cultivadas em solo não diferiram entre si em relação à produção de massa seca da parte aérea nas diferentes doses de potássio utilizadas. Resende et al. (2006) encontraram resultados semelhantes no cultivo de milho e soja com as rochas biotita, brecha e ultramáfica como fontes de potássio. A dose de potássio estimada de 450 mg dm⁻³ proporcionou menor produção de massa seca de parte aérea das plantas de copo-de-leite cultivadas em solo acrescido de esterco (Figura 9), independente da fonte de potássio utilizada.

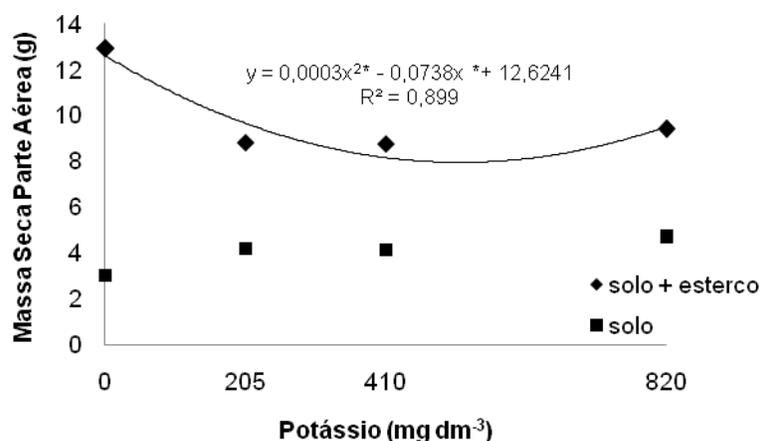


Figura 9 Massa seca da parte aérea de plantas de copo-de-leite cultivadas com diferentes doses de potássio em diferentes substratos. *Significativo a 5% pelo teste t

O melhor desenvolvimento das plantas de copo-de-leite, quando cultivadas no substrato solo acrescido de esterco, em todas as variáveis analisadas pode estar relacionado a diversos fatores relativos à matéria orgânica adicionada ao solo (esterco). A matéria orgânica é constituída por uma variedade de compostos importantes, de complexidade variável, em contínuo estado de transformação. Esse material varia de resíduos de culturas e animais à estrutura complexa de húmus após séculos de transformação (GALANTINE; SUÑER, 2008). A sua influência sobre as características do solo determinam que a matéria orgânica seja considerada como um importante indicativo da qualidade dos solos (MIELNICZUK, 1999).

O esterco bovino adicionado ao solo proporcionou melhoria em todas as características avaliadas no copo-de-leite, quando comparadas ao cultivo em solo. Pressupõe-se que o esterco possibilitou, entre outros benefícios, maior solubilização das rochas utilizadas, o que conseqüentemente liberou maior quantidade de potássio e outros nutrientes para as plantas, resultando em melhor desempenho do copo-de-leite. A maior solubilização das rochas pode estar

relacionada ao aumento da retenção de água no solo e aumento da atividade e diversidade de microrganismos no substrato de cultivo.

Para todas as variáveis analisadas, não houve diferença entre as fontes alternativas de potássio e o cloreto de potássio no crescimento das plantas de copo-de-leite.

4.7 Número de inflorescências

As plantas de copo-de-leite produziram inflorescências no período de 21 de junho a 28 de setembro, confirmando a afirmação de que o florescimento desta espécie vegetal é dependente da temperatura (CARNEIRO, 2009; TJIA, 1989).

Em relação ao número de inflorescências produzidas, as plantas de copo-de-leite foram influenciadas pelos substratos de cultivo e pela interação entre doses e substratos. O uso de solo acrescido de esterco proporcionou maior número de hastes florais quando comparado com o uso de solo. Em média, foi produzida 1,4 haste floral por planta quando se utilizou solo e esterco e 1,1 haste floral por planta com cultivo em solo. Para a mesma espécie, Souza et al. (2010) obtiveram produção de 1,24 haste floral por planta em cultivo, em solução nutritiva aos 210 dias, enquanto Carneiro et al. (2011) observaram 2,67 hastes por planta no mesmo período de cultivo. No entanto, Almeida (2007) obteve 3 hastes florais por planta em um ano de cultivo. Essas diferenças observadas na produção de inflorescências podem estar relacionadas à idade das plantas, época de plantio e sistema de cultivo. Sendo o copo-de-leite uma cultura perene, as plantas utilizadas podem não ter atingido a maturidade fisiológica para a produção máxima de inflorescências (CARNEIRO et al., 2011). No referido trabalho as plantas foram cultivadas por um maior número de dias. Ainda assim,

Carneiro et al. (2011) utilizaram fibra de coco no substrato de cultivo e Almeida (2007) cultivou as plantas em solução nutritiva.

Com o aumento das doses de potássio, houve aumento na produção de inflorescências de copo-de-leite quando cultivadas em solo, independente das fontes de potássio utilizadas. Porém, quando se utilizou solo acrescido de esterco, a dose estimada de 325 mg dm^{-3} de potássio promoveu a maior produção de hastes florais (Figura 10).

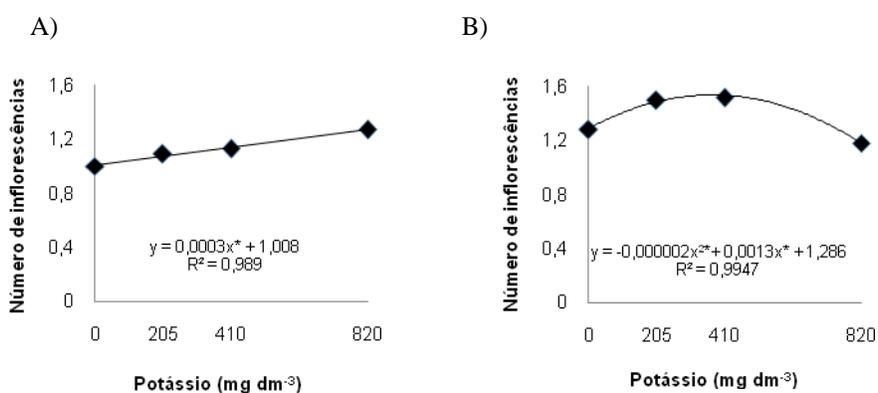


Figura 10 Número de inflorescências produzidas por planta de copo-de-leite cultivada em solo (A) e em solo acrescido de esterco (B) com diferentes fontes e doses de potássio. *Significativo a 5% pelo teste t

4.8 Altura das hastes florais

A altura das hastes florais foi influenciada apenas pelos substratos de cultivo. Em média, a altura das hastes produzidas pelas plantas cultivadas em solo acrescido de esterco foi de 38,4 cm, enquanto a altura das hastes produzidas pelas plantas cultivadas em solo foi de 31,6 cm (Figura 11). Souza et al. (2010) obtiveram hastes com 66,86 cm de altura. O mercado consumidor do setor de floricultura requer hastes florais que apresentem, em média, 60 cm de altura, no entanto, as hastes produzidas foram inferiores ao esperado. As hastes produzidas pelas plantas cultivadas com solo e esterco apresentaram altura que se aproxima

mais da exigida pelo mercado consumidor. Porém, é importante salientar que as hastes florais avaliadas são resultantes da primeira produção das plantas de copo-de-leite utilizadas neste trabalho. Em decorrência disso, pode-se inferir que as plantas ainda não tinham atingido a maturidade fisiológica e então não expressaram todo o seu potencial produtivo.

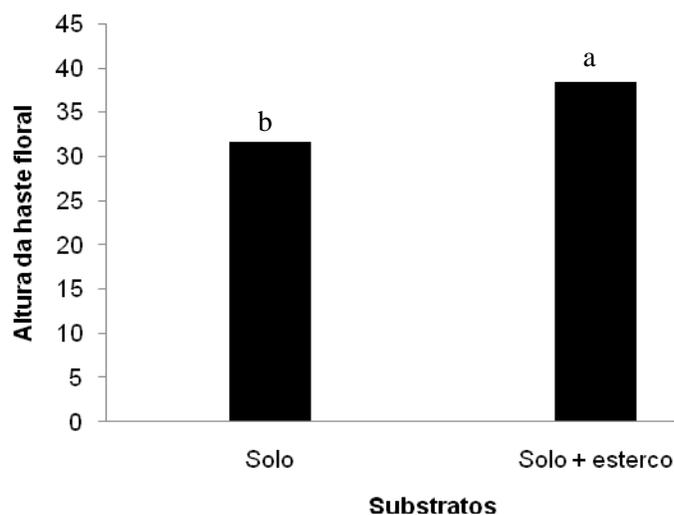


Figura 11 Altura média das hastes florais produzidas pelas plantas de copo-de-leite cultivadas em substratos com diferentes fontes e doses de potássio. Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

4.9 Largura e comprimento da espata

O comprimento e a largura da espata não diferiram entre os tratamentos aplicados, sendo encontrados valores médios de 10,65 e 9,75cm, respectivamente. Os valores encontrados estão próximos dos valores observados por Almeida (2007), em que as plantas de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva apresentaram comprimento e largura médios da espata de 9,79 e 9,35 cm, respectivamente. No entanto, essas observações diferem dos valores

encontrados por Carneiro et al. (2011), para a mesma espécie cultivada em vasos, de 16,55 cm de comprimento e 14,92 cm de largura da espata aos 210 dias. Para o mesmo período de cultivo, Souza et al. (2010) observaram inflorescências de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva com 14,53 cm de comprimento e 11,68 cm de largura da espata. Novamente, as diferenças podem ser atribuídas à idade das plantas e também podem estar relacionadas ao fato de que as hastes produzidas apresentaram menor altura, e conseqüentemente, as dimensões da espata também são menores. Também, nesta pesquisa, as avaliações foram realizadas em período menor de colheita de inflorescências, quando comparado com os trabalhos de Almeida (2007), Carneiro et al. (2011) e Souza et al. (2010).

4.10 Massa fresca e massa seca das inflorescências

Apenas os substratos de cultivo influenciaram as massas, fresca e seca das inflorescências de copo-de-leite. Em média, foram encontradas inflorescências com 26,11 g de massa fresca e 1,97 g de massa seca, quando se utilizou solo acrescido de esterco, e 16,88 g de massa fresca e 1,35 g de massa seca quando as plantas foram cultivadas em solo (Figura 12). A massa fresca das inflorescências de copo-de-leite encontradas por Carneiro (2011) aos 210 dias de cultivo, em vasos, foi de 102,76 g. A massa seca das inflorescências de copo-de-leite cultivado em solução nutritiva, segundo Fernandes (2010) foi de 2,24 g por haste floral. Porém, a altura das plantas nos referidos trabalhos também foram maiores, o que conseqüentemente influencia os valores de massa fresca e seca das inflorescências.

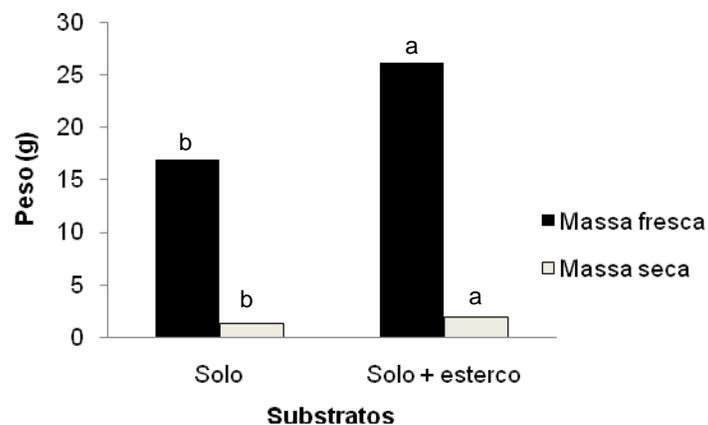


Figura 12 Massa fresca e massa seca das hastes florais produzidas pelas plantas de copo-de-leite cultivadas em substratos com diferentes fontes e doses de potássio. Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

4.11 Nutrição mineral

As plantas cultivadas sob omissão de potássio apresentaram sintomas visuais típicos de deficiência do nutriente, conforme pode ser visualizado na Figura 13. As plantas deficientes em potássio apresentam clorose seguida de necrose nas pontas e margens das folhas, ocorrendo inicialmente nas folhas mais velhas (FAQUIN, 2005).



Figura 13 Aspecto das folhas de copo-de-leite cultivadas sob omissão de potássio (esquerda) e com aplicação de 420 mg dm^{-3} de potássio no substrato (direita)

Nas plantas o teor de potássio foi influenciado pelas doses de potássio utilizadas e pela interação entre as fontes de potássio e os substratos de cultivo.

Os teores de potássio na parte aérea das plantas de copo-de-leite aumentaram com o aumento das doses de potássio utilizadas (Figura 14). Esses resultados sugerem que as fontes de potássio foram eficientes em fornecer o nutriente para as plantas, já que o aumento das doses de potássio das diferentes fontes promoveu incremento no teor do nutriente na massa seca da parte aérea das plantas.

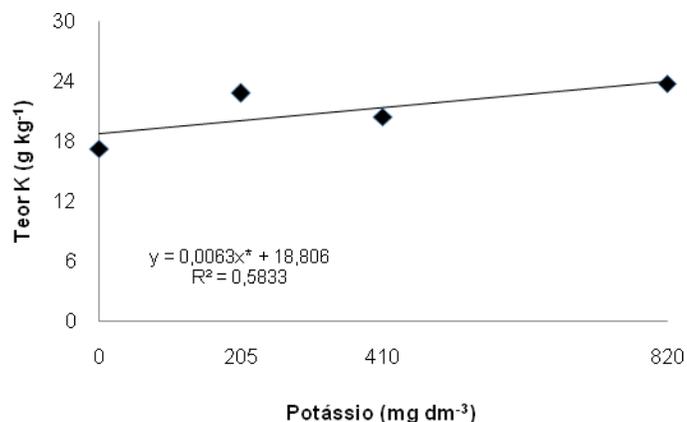


Figura 14 Teor de potássio na massa seca da parte aérea de plantas de copo-de-leite cultivadas em substratos com diferentes fontes e doses de potássio. *Significativo a 5% pelo teste t

Quando se utilizou solo, as plantas cultivadas com FK apresentaram maior teor de potássio na parte aérea, em relação às plantas cultivadas com GK, seguido do VF, com teores de potássio na massa seca da parte aérea de, respectivamente, 21,86, 12,90 e 10,09 g kg⁻¹ (Figura 15). Não houve diferença nos teores desse nutriente na parte aérea das plantas cultivadas com as diferentes fontes em solo acrescido de esterco, que apresentaram teor médio de potássio de 27,21 g kg⁻¹. Os teores de potássio encontrados na parte aérea das plantas de copo-de-leite, independente da fonte e do substrato, foram sensivelmente superiores àqueles observados por Fernandes (2010) quando cultivou a mesma espécie em solução nutritiva, o que mostra que a fonte, a dose e o substrato, influenciam na absorção do nutriente pelas plantas.

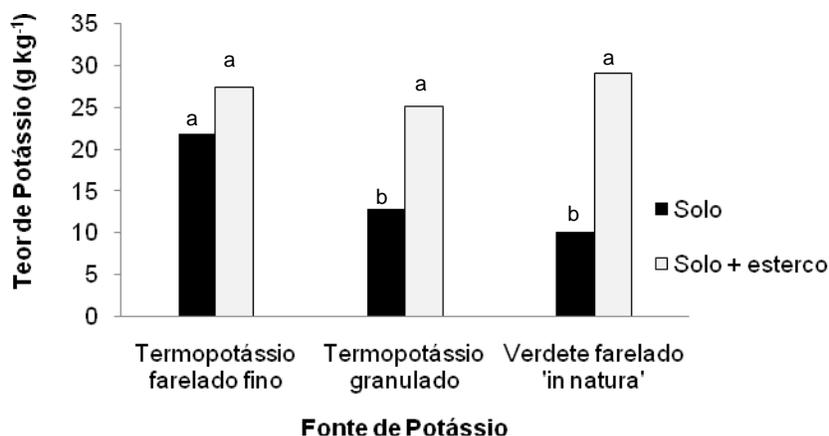


Figura 15 Teor de potássio na massa seca da parte aérea de plantas de copo-de-leite cultivadas em substratos com diferentes fontes e doses de potássio. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, para o mesmo substrato, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

As plantas cultivadas em solo acrescido de esterco apresentaram maiores teores de potássio na parte aérea em comparação às plantas cultivadas em solo, provavelmente pela maior solubilização das rochas e aumento da disponibilidade do nutriente para as plantas, quando se utilizou o esterco no substrato de cultivo. O teor de potássio foi 27,21 g kg⁻¹ na parte aérea das plantas cultivadas em solo acrescido de esterco e 14,95 g kg⁻¹ na parte aérea das plantas cultivadas em solo. O esterco, além de promover maior solubilidade dos materiais utilizados, também pode ter fornecido potássio para a cultura. A matéria orgânica do solo, além de possuir o K trocável, apresenta o nutriente no seu interior, o qual é liberado por lavagem e no processo de mineralização (FAQUIN, 2005). Como descrito anteriormente, deve-se também considerar que a matéria orgânica do solo ativa diversos processos capazes de alterar as propriedades do solo e melhorar os seus atributos físicos, químicos e biológicos, o que também pode ter influenciado a maior absorção do nutriente pelas plantas, quando do seu fornecimento via esterco bovino. Além disso, o uso de esterco bovino de boa

qualidade pode suprir as necessidades das plantas em macronutrientes, devido à elevação dos teores de N, P e K disponíveis (ARAÚJO et al., 2007), sendo o potássio o elemento cujo teor atinge valores mais elevados no solo, pelo uso contínuo da matéria orgânica (CAMARGO, 1984; RAIJ et al., 1985).

Em relação ao teor de fósforo, esse foi influenciado pelas interações entre fontes e substratos e doses e substratos de cultivo.

Não houve diferença no teor de fósforo das plantas cultivadas em solo nas diferentes doses de potássio. Porém, quando cultivadas em solo acrescido de esterco, a dose estimada de 266 mg dm^{-3} de potássio promoveu o maior teor de P (Figura 16).

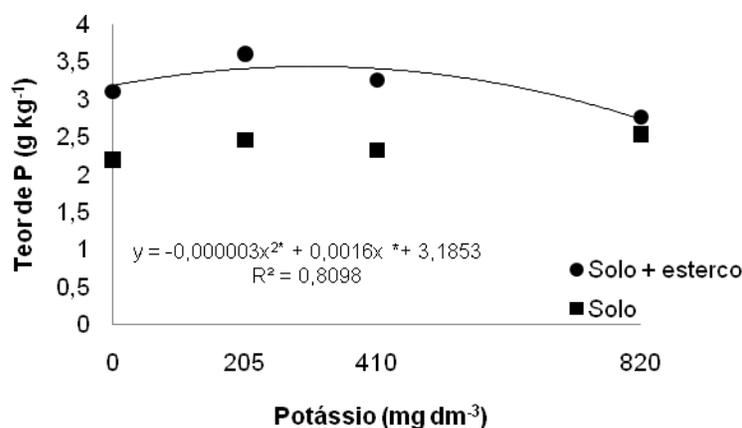


Figura 16 Teor de fósforo na parte aérea das plantas de copo-de-leite cultivadas em substratos com diferentes fontes e doses de potássio.
 *Significativo a 5% pelo teste t

Em cultivo em solo, os teores de fósforo na parte aérea das plantas de copo-de-leite fornecido por meio das diferentes fontes de potássio não diferiram entre si, porém quando se utilizou solo acrescido de esterco, as plantas que receberam o VF como fonte de potássio apresentaram maior teor do nutriente quando comparado com as demais fontes (Figura 17).

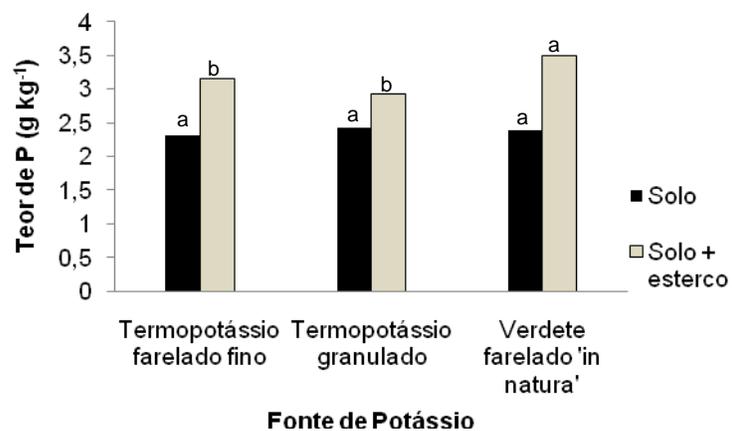


Figura 17 Teor de fósforo na massa seca da parte aérea de plantas de copo-de-leite cultivadas em substratos com diferentes fontes e doses de potássio. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, para o mesmo substrato, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

O teor de enxofre foi influenciado pelas doses de potássio e pela interação entre fontes e substratos de cultivo. Com o aumento das doses de potássio houve aumento do teor de enxofre na massa seca da parte aérea das plantas de copo-de-leite (Figura 18).

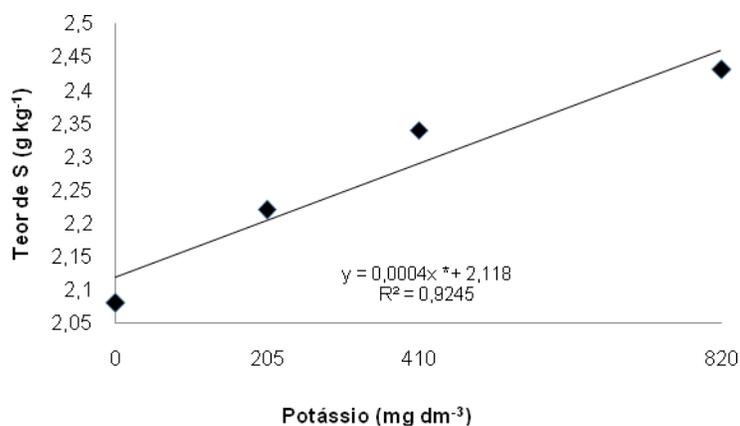


Figura 18 Teor de enxofre na parte aérea das plantas de copo-de-leite cultivadas em substratos com diferentes fontes e doses de potássio. *Significativo a 5% pelo teste t

Nas plantas cultivadas em solo, o teor de enxofre foi maior com o uso de FK, atingindo 2,17 g kg⁻¹. Por outro lado, quando as plantas foram cultivadas em solo acrescido de esterco, o teor do nutriente foi maior quando se utilizou o VF como fonte de potássio, com teor de 2,84 g kg⁻¹ (Figura 19). Sabendo-se que cerca de 95% do enxofre presente no solo encontra-se na forma orgânica e constitui importante reserva desse nutriente para as plantas (TABATABAI; BREMNER, 1972), a presença do esterco bovino pode ter influenciado o maior teor do nutriente nas plantas submetidas a este tratamento.

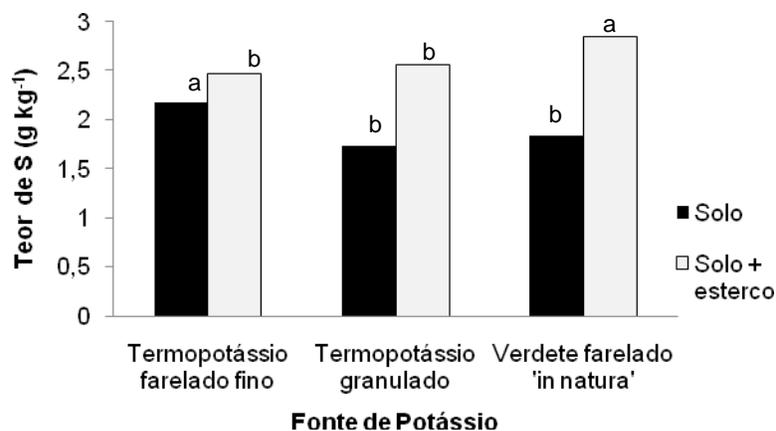


Figura 19 Teor de enxofre na massa seca da parte aérea de plantas de copo-de-leite cultivadas em substratos com diferentes fontes e doses de potássio. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, para o mesmo substrato, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

O teor de nitrogênio na parte aérea das plantas de copo-de-leite foi influenciado pelas interações entre fontes de potássio e substratos de cultivo, e doses de potássio e substratos de cultivo. O teor do nutriente foi maior nas plantas cultivadas com GK em solo (Figura 20). Quando se cultivou a espécie em solo acrescido de esterco não houve diferença no teor de nitrogênio na parte aérea das plantas, indicando que a presença do esterco bovino promoveu um nivelamento no fornecimento do nutriente, independente das doses de potássio utilizadas.

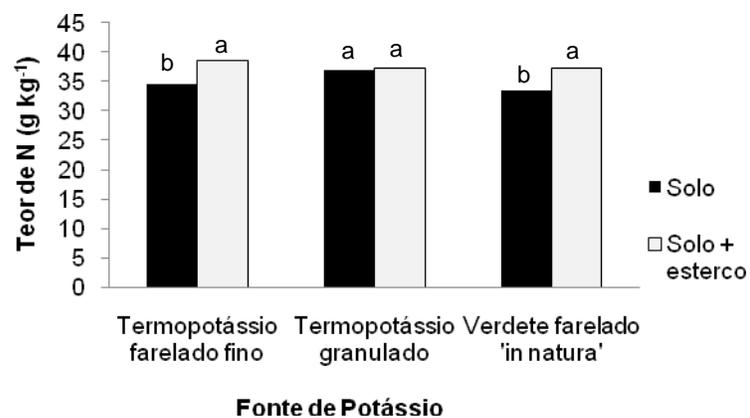


Figura 20 Teor de nitrogênio na massa seca da parte aérea de plantas de copo-de-leite cultivadas em substratos com diferentes fontes e doses de potássio. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, para o mesmo substrato, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

Em plantas cultivadas em solo acrescido de esterco, a dose estimada de 340 mg dm^{-3} de potássio promoveu o maior teor de nitrogênio na parte aérea das plantas de copo-de-leite (Figura 21). O teor de nitrogênio foi maior nas plantas cultivadas em solo acrescido de esterco em relação às cultivadas em solo. O maior teor do nutriente, nesse caso, está relacionado ao uso da matéria orgânica no substrato de cultivo, já que em geral, o esterco bovino possui nitrogênio em sua composição, no caso deste trabalho, 10 g kg^{-1} .

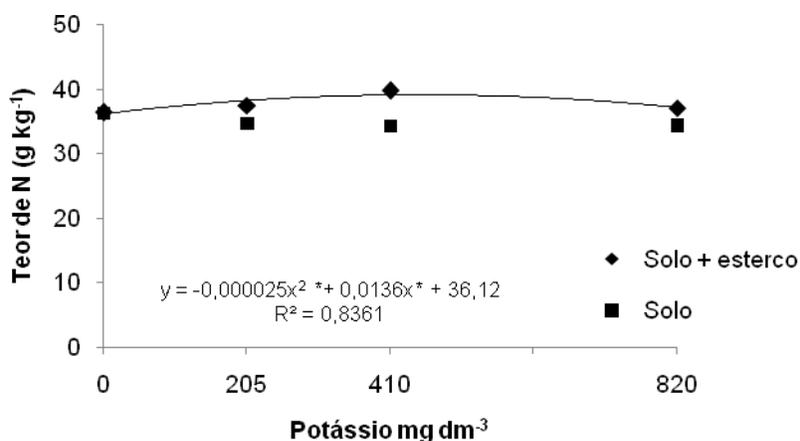


Figura 21 Teor de nitrogênio na parte aérea das plantas de copo-de-leite cultivadas em solo acrescido de esterco com diferentes fontes e doses de potássio. *Significativo a 5% pelo teste t

Os teores de cálcio nas plantas foram influenciados pelas fontes, doses e substratos utilizados.

O teor de cálcio na massa seca da parte aérea das plantas de copo-de-leite aumentou com o aumento das doses de potássio aplicadas quando se utilizou FK nos dois substratos de cultivo (Figura 22). O aumento no teor de cálcio nos tecidos da parte aérea está relacionado ao processo de calcinação das fontes utilizadas, que utilizam calcário calcítico para obtenção dos produtos. O teor máximo de cálcio nos tecidos da parte aérea das plantas foi estimado na dose de 815 mg dm⁻³ de potássio com o uso de GK no substrato solo. A dose encontrada é muito próxima da dose máxima utilizada no experimento, indicando o efeito da calcinação das fontes utilizadas em relação ao teor de cálcio nos tecidos da parte aérea das plantas de copo-de-leite.

Não houve diferença entre os teores de cálcio das plantas cultivadas com GK em solo acrescido de esterco e VF nos dois substratos de cultivo.

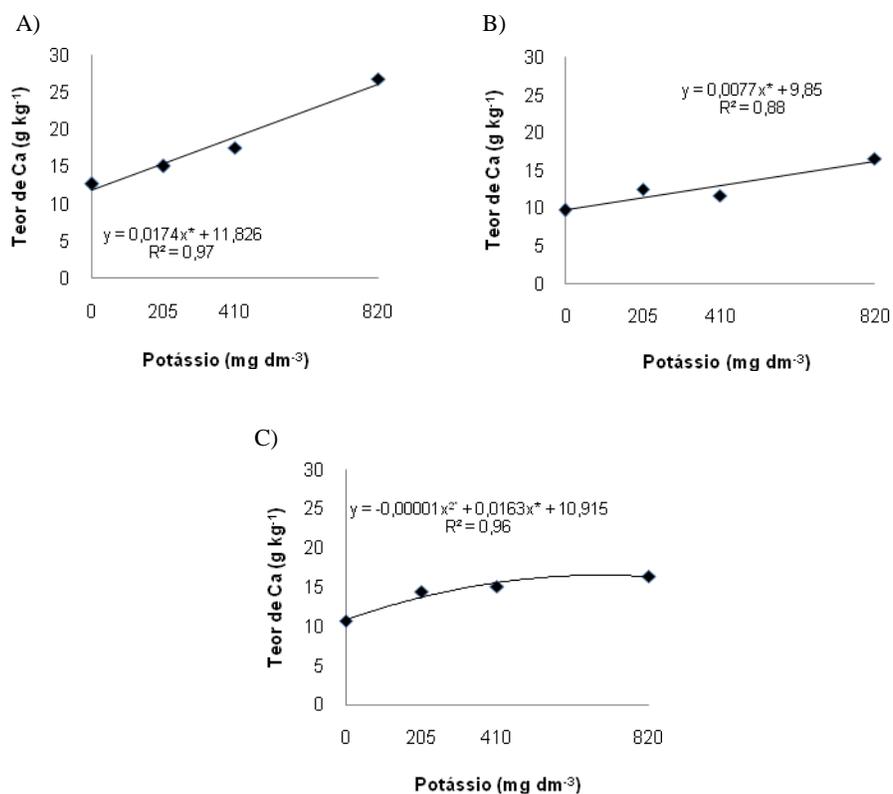


Figura 22 Teor de cálcio na massa seca da parte aérea de plantas de copo-de-leite cultivadas com: A) Termopotássio farelado fino (FK) em solo B) Termopotássio farelado fino (FK) em solo acrescido de esterco C) Termopotássio granulado (GK) em solo. *Significativo a 5% pelo teste t

O teor de magnésio foi influenciado pelas interações entre fontes e doses, doses e substratos, fontes e substratos. O teor de magnésio diminuiu com o aumento das doses de potássio quando as plantas de copo-de-leite foram cultivadas com GK e VF (Figura 23). A dose estimada de 590 mg dm⁻³ proporcionou teor mínimo de magnésio na parte aérea das plantas cultivadas com FK.

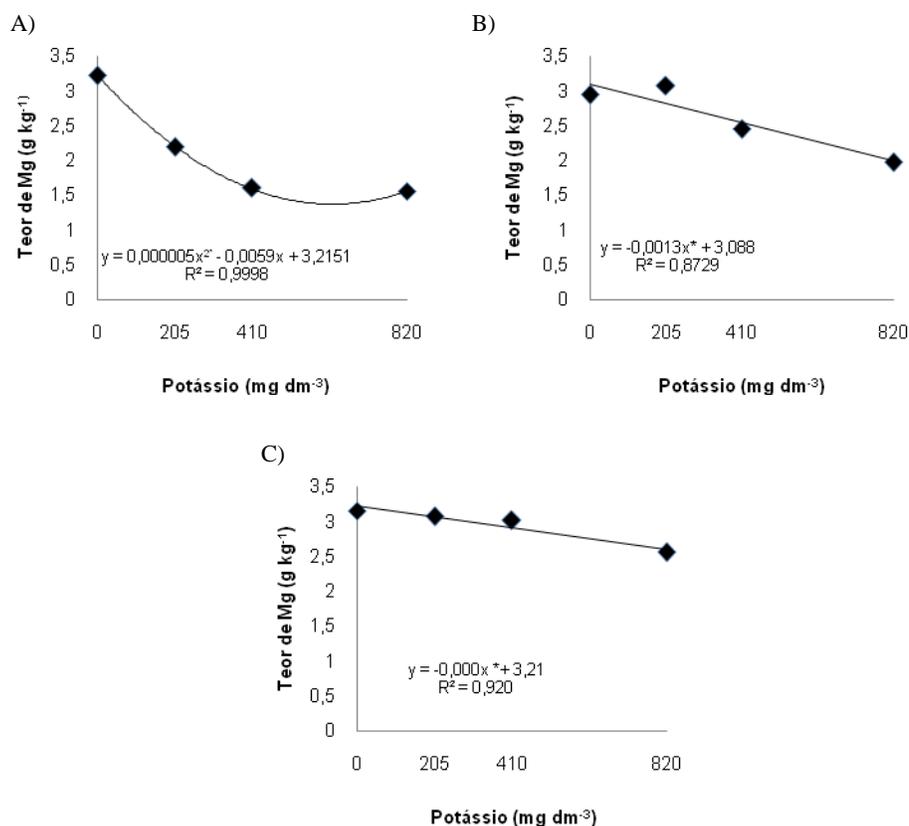


Figura 23 Teor de magnésio na massa seca da parte aérea de plantas de copo-de-leite cultivadas com: A) Termopotássio farelado fino (FK) B) Termopotássio granulado (GK) C) Verdete farelado 'in natura' (VF) em substratos com diferentes doses de potássio. Números entre parênteses referem-se à porcentagem da dose sugerida por Carneiro (2009). *Significativo a 5% pelo teste t

De acordo com Vitti, Lima e Cicarone (2006) a absorção de magnésio pode ser afetada pela absorção de outros cátions, como K^+ , Ca^{2+} , NH_4^+ e Mn^+ . Pode-se observar que houve aumento nos teores de cálcio na parte aérea das plantas de copo-de-leite e diminuição nos teores de magnésio com o aumento das doses de potássio nas diferentes fontes utilizadas, indicando que houve inibição competitiva do magnésio com o potássio e o cálcio. Resultado

semelhante foi observado por Fernandes (2010) nas inflorescências de copo-de-leite cultivadas sob omissão de nitrogênio e fósforo.

Não houve diferença nos teores de magnésio das plantas cultivadas em solo acrescido de esterco em relação às diferentes fontes de potássio utilizadas. As plantas cultivadas em solo com VF apresentaram maior teor de magnésio na massa seca da parte aérea. O uso de FK proporcionou menor teor de magnésio nas plantas de copo-de-leite. A presença de esterco bovino no substrato parece minimizar o efeito antagonístico do cálcio e do potássio em relação à absorção de magnésio pelas plantas de copo-de-leite.

O teor de magnésio na parte aérea das plantas de copo-de-leite diminuiu com o aumento das doses de potássio, nos dois substratos de cultivo (Figura 24). Novamente observa-se que a presença de esterco bovino minimiza o efeito antagonístico do cálcio e do potássio sobre a absorção de magnésio pelas plantas de copo-de-leite.

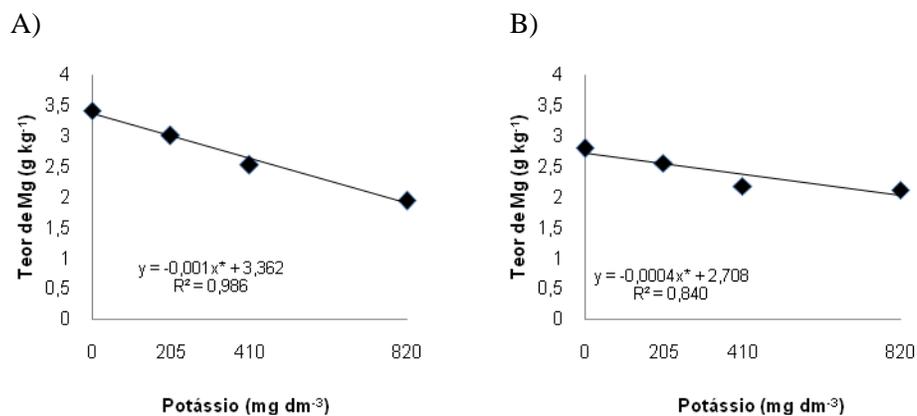


Figura 24 Teor de magnésio na parte aérea das plantas de copo-de-leite cultivadas em solo (A) e em solo acrescido de esterco (B) com diferentes fontes e doses de potássio. *Significativo a 5% pelo teste t

Os teores de Mn e Zn nas plantas foram influenciados pela interação entre doses, fontes de potássio e substratos de cultivo.

O teor de Mn decresceu com o aumento das doses de potássio quando se utilizou GK nos dois substratos de cultivo e VF em solo (Figura 25). O teor mínimo de Mn na parte aérea das plantas de copo-de-leite foi estimado na dose de 620,8 mg dm⁻³, 857,5 mg dm⁻³ e 581,83 mg dm⁻³ de potássio quando cultivadas, respectivamente, com FK em solo, FK em solo acrescido de esterco, e VF em solo acrescido de esterco.

A diminuição dos teores de manganês pode estar relacionado ao efeito corretivo das fontes de potássio, uma vez que, em condições normais, o fator mais importante que controla a disponibilidade do Mn para as plantas é a reação do solo, decrescendo com a elevação do pH (ZANÃO JÚNIOR; LIMA; GUIMARÃES, 2007). Borket (1991) afirma que a deficiência de Mn ocorre quando os valores de pH em água são superiores a 6,2, que apesar de não ter sido verificado neste trabalho, pode-se inferir que houve aumento do mesmo pelo efeito corretivo das fontes utilizadas. Segundo Lindsay (1972) a disponibilidade de Mn na solução do solo diminui aproximadamente 100 vezes para cada aumento de uma unidade no pH do solo.

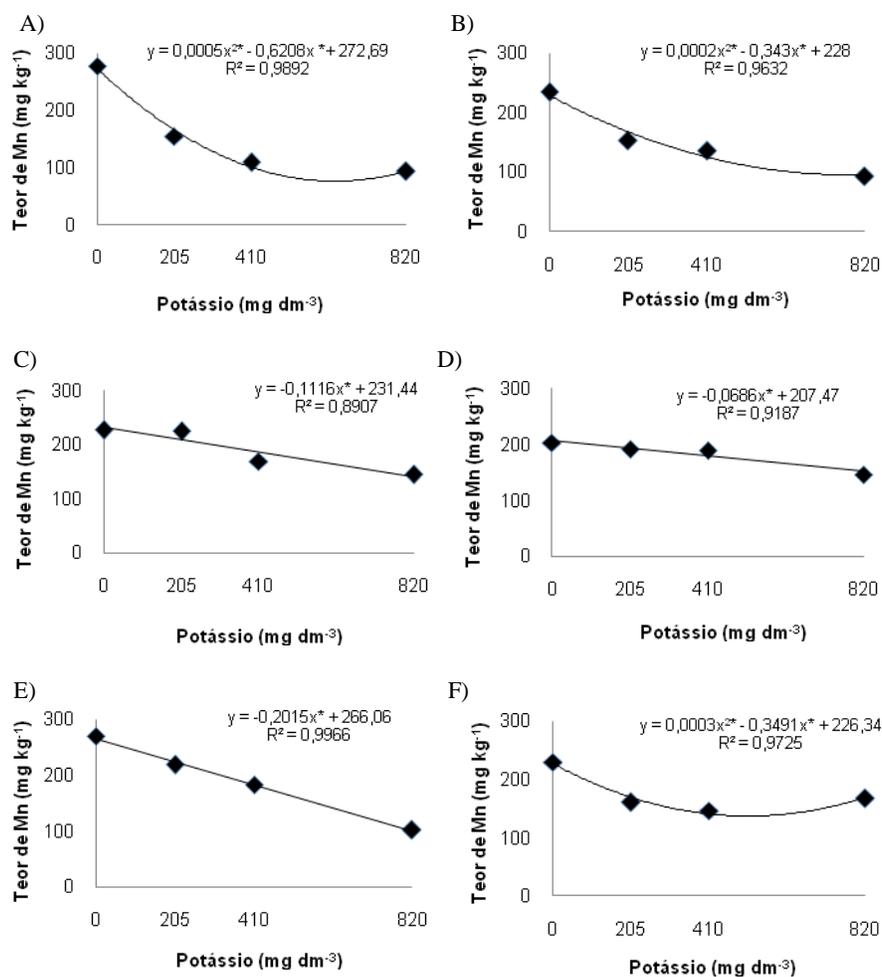


Figura 25 Teor de manganês na massa seca da parte aérea de plantas de copo-de-leite cultivadas com: A) Termopotássio farelado fino (FK) em solo B) Termopotássio farelado fino (FK) em solo acrescido de esterco C) Termopotássio granulado (GK) em solo D) Termopotássio granulado (GK) em solo acrescido de esterco E) Verdete farelado 'in natura' (VF) em solo F) Verdete farelado 'in natura' (VF) em solo acrescido de esterco. *Significativo a 5% pelo teste t

O teor de zinco na parte aérea das plantas de copo-de-leite decresceu com o aumento das doses de potássio com o uso de FK em solo acrescido de

esterco e VF nos dois substratos de cultivo (Figura 26). O teor mínimo de zinco na parte aérea das plantas foi estimado na dose de $601,5 \text{ mg dm}^{-3}$ de potássio. A disponibilidade de zinco, assim como a de manganês, cobre e ferro, está diretamente relacionada ao pH do solo. A disponibilidade destes micronutrientes diminuiu com o aumento do pH (LINDSAY, 1972). Santos et al. (2002) utilizaram o ZnSO_4 e resíduo de siderurgia como fontes de Zn para a cultura do milho, cultivado em dois valores de pH (5,0 e 6,0) e observaram que houve uma diminuição da disponibilidade de Zn com o aumento do pH do solo, independentemente da fonte utilizada. O efeito foi atribuído à diminuição das formas livres de Zn^{2+} pela formação de compostos do Zn com o OH^- , sendo formados ZnOH^- e Zn(OH)_2 .

O teor máximo de zinco foi estimado na dose de $251,11 \text{ mg dm}^{-3}$ de potássio quando foi utilizado o GK em solo acrescido de esterco. Não houve ajuste de regressão para o teor do nutriente com uso de FK em solo.

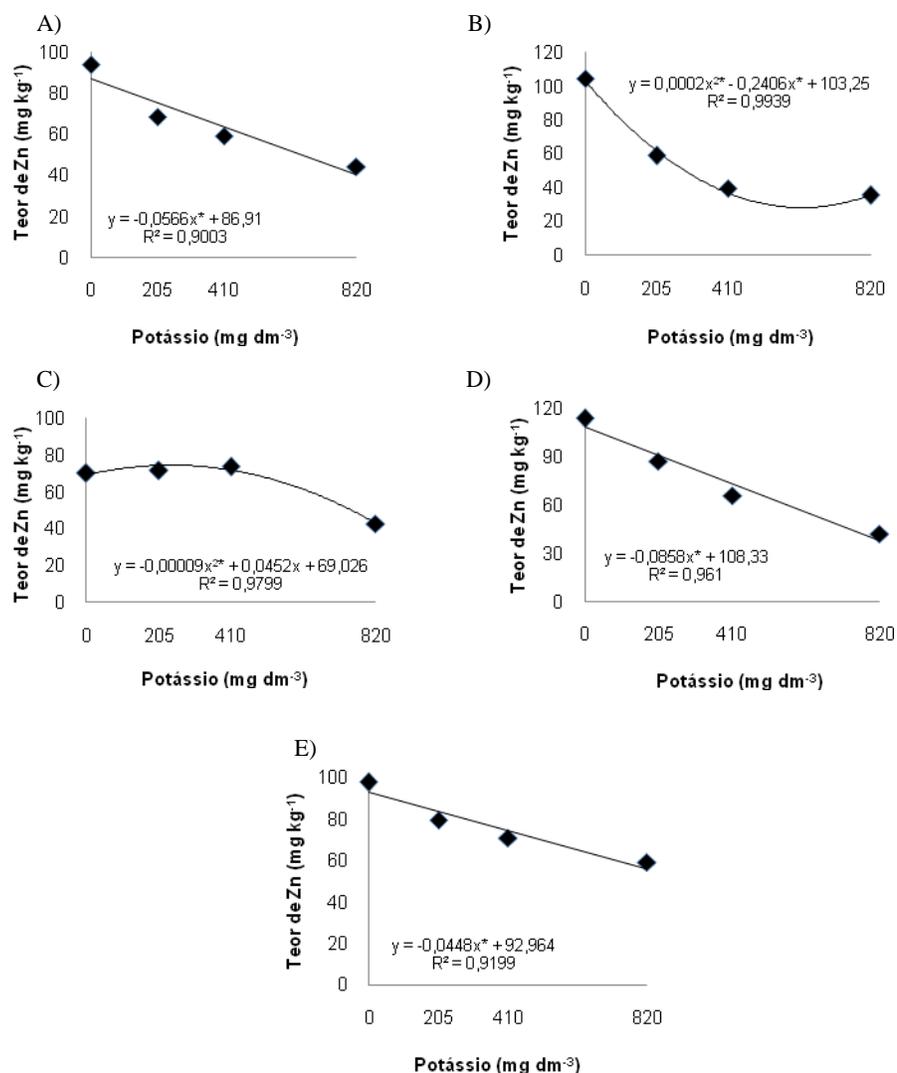


Figura 26 Teor de zinco na massa seca da parte aérea de plantas de copo-de-leite cultivadas com: A) Termopotássio farelado fino (FK) em solo acrescido de esterco B) Termopotássio granulado (GK) em solo C) Termopotássio granulado (GK) em solo acrescido de esterco D) Verdete farelado 'in natura' (VF) em solo E) Verdete farelado 'in natura' (VF) em solo acrescido de esterco. *Significativo a 5% pelo teste t

Os teores de ferro e boro não foram apresentados. O ferro devido à alta discrepância dos resultados para o mesmo tratamento, conseqüentemente alto coeficiente de variação. Em relação ao boro, no momento das análises, ocorreu um resíduo nas amostras que prejudicaram a leitura.

4.12 Eficiência Relativa

A eficiência relativa das fontes de potássio comparadas com o uso de KCl, todos na dose de 420 mg dm⁻³ de potássio (dose referência de Carneiro, 2009), nos diferentes substratos, são demonstrados na Tabela 3.

Tabela 3 Eficiência relativa das fontes de potássio nos diferentes substratos para o cultivo de copo-de-leite

Fonte	Substrato	Potássio acumulado	Eficiência relativa (%)
KCl	Solo	131,43	100
KCl	Solo + esterco	178,01	100
VF	Solo	38,95	29,63*
VF	Solo + esterco	106,25	59,69
GK	Solo	45,88	34,91
GK	Solo + esterco	299,88	168,46
FK	Solo	123,81	94,20
FK	Solo + esterco	252,45	141,82

*Eficiência relativa calculada de acordo com a fórmula proposta por Resende et al. (2006)

Pode-se observar relativa superioridade do KCl no fornecimento do nutriente para a cultura do copo-de-leite quando cultivado em solo. Entretanto, quando se utilizou solo acrescido de esterco, o GK e o FK foram superiores ao KCl no fornecimento de potássio. Mais uma vez se justifica os benefícios da matéria orgânica na solubilização das rochas e disponibilidade dos nutrientes para a cultura.

Outro aspecto a ser considerado é o próprio efeito do KCl sobre o crescimento das plantas, uma vez que esse fertilizante apresenta alto índice

salino, característica esta indesejável para algumas espécies de plantas. Segundo Marschner (1997) a alta salinidade de alguns fertilizantes, principalmente o KCl, compromete o crescimento e distribuição das raízes assim como a absorção de água e nutrientes, porque diminui o potencial osmótico próximo à rizosfera, dificultando o caminhamento dos íons até as raízes.

A presença do cloro na composição do KCl também pode ter influenciado seu efeito sobre as plantas de copo-de-leite. Aplicações de doses elevadas e contínuas de KCl no solo podem aumentar o teor de cloreto na planta, conduzindo a uma clorose e necrose das folhas, além de queda na produção (SILVA et al., 2001). De acordo com Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), o cloro não entra na constituição de compostos orgânicos, sendo necessário para a fotólise da água, durante a fotossíntese e transporte eletrônico, que leva a redução de oxidantes deletéreos produzidos fotoquimicamente.

Nesse caso, as fontes alternativas de potássio utilizadas no presente trabalho mostram novas oportunidades de utilização destas fontes em culturas de interesse comercial, como algumas espécies ornamentais; como demonstrado nos dados obtidos.

5 CONCLUSÕES

As fontes Termopotássio farelado fino (FK) e Termopotássio granulado (GK) fornecem potássio para a cultura do copo-de-leite e proporcionam bom desenvolvimento das plantas, podendo substituir a fonte convencional de potássio, o KCl.

O uso de Verdete farelado *'in natura'* não proporciona bom desenvolvimento das plantas de copo-de-leite.

O uso de esterco bovino no substrato de cultivo promove melhorias no desenvolvimento e produção de copo-de-leite, sendo recomendado o seu uso no substrato de cultivo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. F. A. **Nutrição mineral em plantas de copo-de-leite:** deficiência de nutrientes e adubação silicatada. 2007. 109 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- ALMEIDA, E. F. A.; PAIVA, P. D. O. **Floricultura 2:** cultivo de copo-de-leite. Lavras: UFLA, 2004. 28 p.
- ARAÚJO, E. N. et al. Produção do pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 5, p. 466-470, 2007.
- ARMITAGE, A. **Specialty cut flowers.** Portland: Varsity/Timber, 1993. 369 p.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. Disponível em: <<http://www.anda.org.br/estatisticas.aspx>>. Acesso em: 27 nov. 2010.
- BORKET, C. M. Manganês. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. **Micronutrientes na agricultura.** Piracicaba: Potafos, 1991. p. 173-88.
- CAMARGO, L. S. **As hortaliças e seu cultivo.** Campinas: Fundação Cargill, 1984. p. 28-29.
- CANESIN, R. C. F. S.; CORRÊA, L. S. Uso de esterco associado à adubação mineral na produção de mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 481-486, dez. 2006.
- CARNEIRO, D. N. M. **Desenvolvimento e acúmulo de nutrientes em plantas de copo-de-leite.** 2009. 49 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.
- CARNEIRO, D. N. M et. al. Development and dry mass accumulation in calla lily at the initial cultivation stage. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1085-1092, 2011.
- CURI, N.; KÄMPF, E.; MARQUES, J. J. Mineralogia e formas de potássio em solos brasileiros. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. **Potássio na agricultura brasileira.** Piracicaba: [s. n.], 2005. 841 p.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas (1961-1990).** Brasília: Ministério da Agricultura, 1992.

EICHLER, V. **Disponibilidade do potássio do verdete de Abaeté calcinado com e sem calcário magnesiano para a cultura do milho (*Zea mays* L.) em solos de textura média e argilosa.** 1983. 122 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1983.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas.** Lavras: UFLA / FAEPE, 2005. 186 p.

FERNANDES, K. D. **Nutrição mineral e índices biométricos de copo-de-leite cultivado sob deficiência múltipla de nitrogênio e fósforo.** 2010. 114 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

FONSECA, A. S. **Absorção de nutrientes em duas cultivares de copo-de-leite colorido (*Zantedeschia sp.*) sob fertirrigação.** 2010. 87 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Botucatu, 2010.

GAVIOLI, F. **Brasil prospecta aumentar exportação de flores e plantas ornamentais.** 2004. Disponível em: <<http://www.netmarinha.com.br>>. Acesso em: 22 nov. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA. **Uma visão do mercado de flores.** 2011. Disponível em: <<http://www.ibraflor.com/publicacoes/vw.php?cod=21>>. Acesso em: 11 jan. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Informações e análises da economia mineral brasileira.** Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00001456.pdf>>. Acesso em: 2 fev. 2012.

KAMPF, E.; CURI, N. Argilominerais em solos brasileiros. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, MG, n. 3, p. 1-54, 2003.

LANDGRAF, P. R. C.; PAIVA, P. D. O. Produção de flores cortadas no estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 120-126, 2009.

LAPIDO-LOUREIRO, F. E. V. et al. Tecnologias de aplicação de glauconita como fonte de potássio na agricultura: o caso brasileiro e a experiência indiana.

In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 1., 2010, Planaltina.
Anais... Planaltina: Embrapa Cerrados, 2010. 322 p.

LAPIDO-LOUREIRO, F. E. V.; RIBEIRO, R. C. C. Fertilização natural: rochagem, agricultura orgânica e plantio direto: breve síntese conceitual. In: LAPIDOLOUREIRO, F. E. V.; MELAMED, R.; FIGUEIREDO NETO, J. **Fertilizantes: agroindústria e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2009.

LIMA, O. N. B.; UHLEIN, A.; BRITTO, W. Estratigrafia do Grupo Bambuí na Serra da Saudade e geologia do depósito fosfático de cedro de Abaeté, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, v. 37, n. 4, p. 204-215, 2007. Suplemento.

LINDSAY, W. L. Inorganic phase equilibria of micronutrients in soil. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L. (Ed.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1972. p. 41-57.

LOPES, A. S. et al. Contribuição ao estudo da rocha potássica: “Verdete de Abaeté” – (Glaucônita) para fins agrícolas. **Agros**, Lisboa, v. 2, n. 2, p. 32-42, 1972.

LOPES, A. S. Reservas de minerais potássicos e produção de fertilizantes potássicos no Brasil. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2005. p.21-32.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. **Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. p. 273.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**, 2nd ed. San Diego: Academic, 1997.

MIELNICZUK, J. et. al. Manejo de solo e culturas e sua relação com estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI, N. et al. (Ed.). **Tópicos em Ciência**

do Solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v. 3, p. 209-248.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais.** Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 1-9.

NASCIMENTO, M.; LAPIDO-LOUREIRO, F. E. L. O potássio na agricultura brasileira: fontes e rotas alternativas. In: LAPIDOLOUREIRO, F. E. V.; MELAMED, R.; FIGUEIREDO NETO, J. **Fertilizantes: agroindústria e sustentabilidade.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2009.

NOWAK, J.; RUDNICKI, R. M. **Postharvest handling and storage of cut flowers, florist greens and potted plants.** Portland: Timber Press, 1990.

ORIOLI JÚNIOR, V. **Avaliação da eficiência do termofosfato magnésiano potássico para o capim-marandu.** 2008. 48 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Jaboticabal, 2008.

PIZA, P. A. T.; FRANÇA, S. C. A.; BERTOLINO, L. C. Verdete do cedro de Abaeté (MG) como fonte alternativa para potássio. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO CETEM, 17., 2009, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CETEM, 2009. p. 1-7.

RAIJ, B. VAN et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** Campinas: IAC, 1985. 170 p. (Boletim, 100).

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

RIBEIRO, A. C.; GUIMRÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação.** Viçosa, MG: UFV, 1999. 359 p.

RISCH, O. A. **O setor de floricultura e plantas ornamentais no Brasil e no mundo.** Curitiba: UFPR, 2003.

SALINGER, J. P. **Producción comercial de flores.** Zaragoza: Acribia, 1991. 371 p.

SANTOS, G. C. G. et al. Pó-de-aciaria como fonte de zinco para o milho e seu efeito na disponibilidade de metais pesados. **Bragantia**, Campinas, v. 61, p. 257- 266, 2002.

SCALON, S. P. U.; MUSSURY, R. M.; RIGONI, M. R. Crescimento inicial de mudas de espécies florestais nativas sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 1, p. 1-5, 2002.

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.

SOUZA, R. R. et al. Doses de boro no desenvolvimento de copo-de-leite em solução nutritiva. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 6, p. 1396-1403, 2010.

TABATABAI, M. A.; BREMNER, J. M. Distribution of total and available sulfur in selected soils and soil profiles. **Agronomy Journal**, Madison, v. 64, p. 40-44, 1972.

TJIA, B.O. *Zantedeschia*. In: HANDBOOK of flowering. Boca Raton: CRC, 1989. v. 6, 753 p.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Calcium, magnesium and sulfur. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 299-325.

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LANA, R. M. Q.; GUIMARAES, E. C. Variabilidade espacial do pH, teores de matéria orgânica e micronutrientes em profundidades de amostragem num Latossolo Vermelho sob semeadura direta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 1000-1007, ago. 2007.