



VIVIANE AMARAL TOLEDO COELHO

**ASPECTOS NUTRICIONAIS DE
ZINGIBERÁCEAS ORNAMENTAIS EM MEIOS
DE CULTIVO**

LAVRAS – MG

2015

VIVIANE AMARAL TOLEDO COELHO

**ASPECTOS NUTRICIONAIS DE ZINGIBERÁCEAS ORNAMENTAIS
EM MEIOS DE CULTIVO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Mozart Martins Ferreira

LAVRAS – MG

2015

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Coelho, Viviane Amaral Toledo.

Aspectos nutricionais de zingiberáceas ornamentais em meios
de cultivo / Viviane Amaral Toledo Coelho. – Lavras: UFLA,
2015.

106 p. : il.

Tese (doutorado)–Universidade Federal de Lavras, 2015.

Orientador: Mozart Martins Ferreira.

Bibliografia.

1. Interação. 2. Plantas ornamentais. 3. Adubação. 4.
Zingiberáceas. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

VIVIANE AMARAL TOLEDO COELHO

**ASPECTOS NUTRICIONAIS DE ZINGIBERÁCEAS ORNAMENTAIS
EM MEIOS DE CULTIVO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 13 de março de 2015.

Dra. Ana Cecília Ribeiro de Castro	EMBRAPA
Dr. Cecílio Fróis Caldeira	UFLA
Dr. Cleber Lázaro Rodas	UFLA
Dra. Maria Ligia de Souza Silva	UFLA
Dra. Vivian Loges	UFRPE

Dr. Mozart Martins Ferreira
Orientador

LAVRAS – MG

2015

Aos meus pais Wilson e Ana Maria pelo amor, dedicação e ensinamentos que me acompanharão por toda vida.

A minha irmã Ariane e cunhado Danilo, pelo amor e apoio quando sempre precisei.

Ao meu sobrinho João Pedro pela alegria que traz a minha vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter guiado em todos os momentos dessa caminhada.

Aos meus pais Wilson e Ana e minha irmã Ariane, que me ensinaram a viver com dignidade, que iluminaram meu caminho com amor, e por muitas vezes renunciarem seus sonhos para que os meus se realizassem.

Ao meu sobrinho João Pedro pela alegria e por sonhar com futuro melhor.

A toda minha família, em especial a Maria José e Heleise, pelo afeto e dedicação.

À saudosa professora Janice Guedes de Carvalho, pela amizade e exemplo.

Ao orientador Mozart Martins Ferreira, pela orientação, amizade e ensinamentos.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência do Solo pela oportunidade de realização do doutorado, em especial a Dircinha por toda a ajuda nos momentos difíceis e por toda a descontração.

A The University of Queensland pela oportunidade de realização do doutorado sanduíche.

A professora Maria Lígia de Souza Silva pela receptividade e por auxiliar nas análises de laboratório.

A CAPES e ao CNPq, pela concessão de minha bolsa de estudos.

Aos membros da banca examinadora Prof. Dr.^a. Maria Lígia de Souza Silva, Dr. Cleber Lazaro Rodas, Dra. Vivian Loges, Dr. Cecílio Frois Caldeira e Dr.^a. Ana Cecília Ribeiro de Castro por gentilmente aceitar fazer parte da banca e pelo enriquecimento de meu trabalho.

A Gabrielen e ao professor Moacir Pasqual pela ajuda na condução dos experimentos no Laboratório de Cultura de Tecidos, do Departamento de Agricultura.

A minha “Best friend”, Ana Paula Corguinha pela amizade, pelos momentos de alegria e ajuda incondicional.

Aos amigos e colegas do Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Ciência do solo: Cleber, Lívia, Adalberto, Lorena, Eder, Julia, Cibelle e Ewerton durante este período de convivência, ajuda profissional e agradável companhia.

Aos amigos que fiz durante meu curso de mestrado e doutorado nesta Universidade, em especial a Nilma, Geila, Paulinha, Marcele, Bombinha, Dani, Vanessa, Gabi, Amanda, Malu, Paula e Paulo Boldrin.

Aos amigos de uma vida Deyse, Roberta, Debrinha, Felipe, Mariana e Keninha por me proporcionarem alegria nos momentos de descanso e pela amizade, apesar da distância física nunca foi obstáculo.

As minhas queridas amigas e irmãs de república: Tenille, Ana Clara, Débora, Talita e Mônica, convivência, amizade e companheirismo.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

“Ninguém pode voltar atrás e fazer um novo começo. Mas qualquer um pode
recomeçar e fazer um novo fim”.
(Chico Xavier)

RESUMO GERAL

Em plantas ornamentais, a avaliação de produção máxima é muito subjetiva, sendo esse critério para essas espécies muito menos rígido quando comparado a outras culturas, muitas vezes baseados em testes conduzidos pelos próprios produtores. Por isso, o balanço adequado de nutrientes é importante para atingir um melhor padrão de qualidade. Embora a literatura sobre espécies ornamentais seja vasta, a parte relativa à nutrição e adubação dessas ainda deixa grandes lacunas de informações quanto às exigências nutricionais e à identificação de problemas na produção decorrentes de estresses nutricionais, deficiências ou excessos. Diante disso, experimentos foram realizados em cultivo *in vitro* e solução nutritiva. Primeiramente trabalhos foram conduzidos para avaliar o desenvolvimento de espécies *Etilingera elatior*, *Zingiber spectabile* e *Alpinia purpurata* em função de diferentes relações de K, Ca e Mg *in vitro*. Outro experimento foi conduzido em casa de vegetação com objetivo de avaliar os sintomas de deficiência, crescimento e composição mineral em plantas de *Zingiber spectabile* submetidas a relações K:Na, em solução nutritiva. As três espécies apresentaram diferentes respostas as relações K:Ca:Mg *in vitro*, com sugestão de novas concentrações do meio MS para as mesmas. Em relação ao trabalho com relações K:Na, o Na é um elemento benéfico para o crescimento inicial de *Zingiber spectabile*. O Na substitui em parte o K no cultivo inicial de *Zingiber spectabile* em solução nutritiva.

Palavras-chave: Interação. Plantas ornamentais. Adubação. Zingiberáceas.

GENERAL ABSTRACT

In ornamental plants, the maximum yield is subjective, and there is no criterion for fertilization of those species when compared to other cultures, often based on tests conducted by the farmers themselves. Although the literature about ornamental species is wide, topics about nutrition and fertilization still leave large lacks of information especially about how to identify problems in production due to nutritional stress, deficiencies or toxicity. Therefore, studies were performed *in vitro* and solution culture. Firstly the aim of this study was to evaluate the development *in vitro* of species *Etilingera elatior*, *Zingiber spectabile* and *Alpinia purpurata* under different ratios of K, Ca and Mg. Another study was conducted in a greenhouse to evaluate the symptoms of deficiency, early growth and mineral composition of *Zingiber spectabile* plants under different ratios of K:Na, in solution culture. The three species showed different responses to relations K: Ca: Mg *in vitro*, with suggestion of new concentrations of MS medium to them. The study about ratios of K:Na showed that Na is a beneficial element for the initial growth of *Zingiber spectabile*. Na partly replaces the K in the initial growth of *Zingiber spectabile*.

Keywords: Interaction. Ornamental plants. Fertilizers. Zingiberaceae.

LISTA DE FIGURAS

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1

- Figura 1 Panorama geral de plântulas de *Etilingera elatior* sob diferentes relações K:Mg (mmol L^{-1}) aos 80 dias, na colheita..... 42
- Figura 2 Variáveis de crescimento, produção de massa seca e relação parte aérea/raiz em plântulas de *Etilingera elatior* com diferentes relações K:Mg (mmol L^{-1}) 43
- Figura 3 Panorama geral de plântulas de *Zingiber spectabile* sob diferentes relações K:Mg (mmol L^{-1}) aos 80 dias, na colheita..... 45
- Figura 4 Variáveis de crescimento, produção de massa seca e relação parte aérea/raiz em plântulas de *Zingiber spectabile* com diferentes relações K:Mg(mmol L^{-1}) 46
- Figura 5 Panorama geral de mudas de *Alpinia purpurata* sob diferentes relações K:Mg (mmol L^{-1}) aos 80 dias, na colheita..... 47
- Figura 6 Variáveis de crescimento, produção de massa seca e relação parte aérea/raiz em plântulas de *Alpinia purpurata* com diferentes relações K:Mg (mmol L^{-1}) 48
- Figura 7 Panorama geral de plântulas *Etilingera elatior* sob diferentes relações K:Ca (mmol L^{-1}) aos 80 dias, na colheita..... 52
- Figura 8 Variáveis de crescimento, produção de massa seca e relação parte aérea/raiz em plântulas de *Etilingera elatior* com diferentes relações K:Ca (mmol L^{-1}) 53
- Figura 9 Panorama geral de plântulas de *Zingiber spectabile* sob diferentes relações K:Ca (mmol L^{-1}) aos 80 dias, na colheita..... 54

Figura 10	Variáveis de crescimento, produção de massa seca e relação parte aérea/raiz em plântulas de <i>Zingiber spectabile</i> com diferentes relações K:Ca (mmol L^{-1})	55
Figura 11	Panorama geral de mudas de <i>Alpinia purpurata</i> sob diferentes relações K:Ca (mmol L^{-1}) aos 80 dias, na colheita.....	57
Figura 12	Variáveis de crescimento, produção de massa seca e relação parte aérea/raiz em plântulas de <i>Alpinia purpurata</i> com diferentes relações K:Ca (mmol L^{-1})	58
Figura 13	Panorama geral de plântulas de <i>Zingiber spectabile</i> sob diferentes relações Ca:Mg (mmol L^{-1}) aos 80 dias, na colheita	62
Figura 14	Variáveis de crescimento, produção de massa seca e relação parte aérea/raiz em plântulas de <i>Zingiber spectabile</i> com diferentes relações Ca:Mg (mmol L^{-1}).....	63
Figura 15	Panorama geral de mudas de <i>Alpinia purpurata</i> sob diferentes relações Ca:Mg (mmol L^{-1}) aos 80 dias, na colheita	64
Figura 16	Variáveis de crescimento, produção de massa seca e relação parte aérea/raiz em plântulas de <i>Alpinia purpurata</i> com diferentes relações Ca:Mg (mmol L^{-1}).....	65

ARTIGO 2

Figura 1	Aspecto geral das plantas de <i>Zingiber spectabile</i> : parte aérea (A) e do sistema radicular (B) da planta do tratamento 6K:0Na (esquerda) comparada com planta do tratamento 0K:6Na (direita) aos 120 dias	81
Figura 2	Aspecto geral das plantas de <i>Zingiber spectabile</i> : parte aérea (A) e do sistema radicular (B) da planta do tratamento 6K:0Na (esquerda) comparada com planta do tratamento 1K:5Na (direita) aos 120 dias	82

Figura 3	Sintomas visuais de deficiência de K em <i>Zingiber spectabile</i> : detalhe da haste sintomática nos tratamentos 1K:5Na e 0K:6Na aos 180 dias, na colheita	83
Figura 4	Aspecto geral das plantas de <i>Zingiber spectabile</i> : parte aérea e sistema radicular das plantas dos tratamentos 6K:0Na, 3K:3Na e 2K:4Na aos 180 dias, na colheita	85
Figura 5	Variáveis de crescimento em plantas de <i>Zingiber spectabile</i> sob relações K:Na (mmol L ⁻¹), em solução nutritiva	87
Figura 6	Produção de massa seca e relação parte aérea/raiz em plantas de <i>Zingiber spectabile</i> sob relações K:Na (mmol L ⁻¹), em solução nutritiva.....	88

ANEXO

Figura 1	Panorama geral de plantas de <i>Alpinia caerulea</i> sob diferentes concentrações de N e K aos 20 dias	101
Figura 2	Panorama geral de plantas de <i>Alpinia caerulea</i> sob diferentes concentrações de N e K aos 20 dias	101
Figura 3	Panorama geral de plantas de <i>Alpinia caerulea</i> sob diferentes concentrações de K aos 35 dias, na colheita	103
Figura 4	Detalhe da folha sintomática de <i>Alpinia caerulea</i> do tratamento K0 aos 35 dias, na colheita	104
Figura 5	Panorama geral de plantas de <i>Alpinia caerulea</i> sob diferentes concentrações de N aos 35 dias, na colheita	104

LISTA DE TABELAS

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

ARTIGO 1

Tabela 1	Teores nutricionais (g kg^{-1}) em plântulas de <i>Etilingera elatior</i> com diferentes relações K:Mg (mmol L^{-1}).....	49
Tabela 2	Teores nutricionais (g kg^{-1}) em plântulas de <i>Zingiber spectabile</i> com diferentes relações K:Mg (mmol L^{-1}).....	50
Tabela 3	Teores nutricionais (g kg^{-1}) em plântulas de <i>Alpinia purpurata</i> com diferentes relações K:Mg (mmol L^{-1}).....	50
Tabela 4	Teores nutricionais (g kg^{-1}) em plântulas de <i>Etilingera elatior</i> com diferentes relações K:Ca (mmol L^{-1}).....	59
Tabela 5	Teores nutricionais (g kg^{-1}) em plântulas de <i>Zingiber spectabile</i> com diferentes relações K:Ca (mmol L^{-1}).....	60
Tabela 6	Teores nutricionais (g kg^{-1}) em plântulas de <i>Alpinia purpurata</i> com diferentes relações K:Ca (mmol L^{-1}).....	60
Tabela 7	Teores nutricionais (g kg^{-1}) em plântulas de <i>Zingiber spectabile</i> com diferentes relações Ca:Mg(mmol L^{-1})	66
Tabela 8	Teores nutricionais (g kg^{-1}) em plântulas de <i>Alpinia purpurata</i> com diferentes relações Ca: Mg (mmol L^{-1})	67

ARTIGO 2

Tabela 1	Teores nutricionais na parte aérea, rizoma e raiz em plantas de <i>Zingiber spectabile</i> sob relações K:Na (mmol L^{-1}), em solução nutritiva.....	90
----------	--	----

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	
1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVOS	18
3	HIPÓTESES	19
4	REVISÃO DE LITERATURA	20
4.1	Floricultura	20
4.2	Nutrição e adubação de plantas ornamentais	21
4.2.1	Potássio	21
4.2.2	Cálcio	22
4.2.3	Magnésio	23
4.3	Elementos benéficos	23
4.3.1	Sódio	23
4.4	Balanco adequado de K, Ca e Mg	24
4.5	Micropropagação	25
4.6	Aspectos gerais das culturas	26
4.6.1	<i>Etilingera elatior</i> (Jack) R. M. SMITH	26
4.6.2	<i>Zingiber spectabile</i> Griff.	27
4.6.3	<i>Alpinia purpurata</i> (Vieill) R. Schum	28
5	CONSIDERAÇÕES GERAIS	29
	REFERENCIAS	30
	SEGUNDA PARTE - ARTIGOS	36
	ARTIGO 1 Potássio, cálcio e magnésio na micropropagação de zingiberáceas ornamentais	36
1	INTRODUÇÃO	38
2	MATERIAL E MÉTODOS	40
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4	CONCLUSÕES	68
	REFERÊNCIAS	70
	ARTIGO 2 Potássio e sódio em plantas de <i>Zingiber spectabile</i>: crescimento e composição mineral	74
1	INTRODUÇÃO	76
2	MATERIAL E MÉTODOS	78
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	80
3.1	Sintomas de deficiência de K	80
3.2	Crescimento das plantas de <i>Zingiber spectabile</i>	86
3.3	Teores de nutrientes nas diferentes partes da planta de <i>Zingiber spectabile</i>	89
4	CONCLUSÕES	95
	REFERÊNCIAS	97

ANEXO	100
--------------------	-----

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

O setor produtivo de flores e plantas ornamentais no Brasil vem consolidando posições mais relevantes no agronegócio nacional, destacando-se como atividade economicamente crescente. Essa atividade agrícola apresenta alto potencial de expansão e representa uma das principais atividades geradoras de ocupação, emprego e renda para micro e pequenos produtores em todo o país (JUNQUEIRA; PEETZ, 2014).

Em função da diversidade climática do Brasil é possível produzir flores, folhagens e outros derivados, todos os dias do ano a um custo reduzido (FRANÇA; MAIA, 2008). O país apresenta ainda vantagens como disponibilidade de terras, água, energia e mão-de-obra abundante (ARRUDA; OLIVETTE; CASTRO, 1996).

Este ramo se consolida como uma atividade econômica relevante, porém o principal aspecto deste segmento é o seu lado social. O agronegócio de flores e plantas ornamentais é uma atividade praticada por pequenos produtores rurais, o que contribui para uma melhor distribuição de renda. A capacidade geradora de ocupação e renda pela floricultura é alta, empregando aproximadamente 120 mil pessoas, sendo que 80% da mão de obra é formada por mulheres, além de 18,7% de origem familiar. Entre as atividades agrícolas, a floricultura destaca-se por empregar, em média, de 10 a 15 funcionários por hectare, superando os demais cultivos (FRANÇA; MAIA, 2008).

As flores tropicais possuem características que as favorecem e as diferenciam das demais plantas ornamentais como exotismo, coloração vibrante e longevidade pós-colheita. Tais características representam uma das razões pelas quais as flores tropicais têm atraído tantos consumidores (LAMAS, 2004).

O agronegócio de plantas ornamentais no Brasil é um setor competitivo, que exige a utilização de tecnologias avançadas e conhecimentos técnicos pelos produtores (LANDGRAF, 2006). Dentro desse contexto, estudos em relação ao melhor aproveitamento dos nutrientes e recomendações para estas plantas ainda estão incipientes. De acordo com Barbosa et al.(2009) são necessários conhecimentos das concentrações dos nutrientes e de suas relações, para um fornecimento nutricional adequado.

Em trabalhos realizados por Coelho et al. (2012) e Frazão et al. (2010), gengibre ornamental e bastão do imperador mostraram-se exigentes em relação ao suprimento de K, e a deficiência nutricional desse macronutriente afetou drasticamente o crescimento dessas plantas. Além da exigência nutricional, observou-se ser importante verificar a interação deste macronutriente com outros elementos como Ca, Mg e Na para flores tropicais.

2 OBJETIVOS

Foram conduzidos trabalhos com objetivos de avaliar o desenvolvimento e exigência nutricional de espécies da família Zingiberaceae (*Etlingera elatior*, *Zingiber spectabile* e *Alpinia purpurata*) em função de diferentes relações K, Ca, Mg e Na em condições *in vitro* e em solução nutritiva.

3 HIPÓTESES

As concentrações do meio MS de 20 mmol L⁻¹ para K; 6mmol L⁻¹ para Ca e 3 mmol L⁻¹ para Mg são as recomendadas para melhor crescimento *in vitro* de plântulas de zingiberáceas.

O fato de o Na substituir parcialmente o K, levanta a possibilidade do fornecimento de Na como parte da adubação potássica para o crescimento inicial de *Zingiber spectabile*.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Floricultura

A floricultura abrange o cultivo de plantas ornamentais desde flores para corte até árvores de grande porte para qualquer fim (LUZ et al., 2005). Essa atividade representa um dos mais promissores segmentos do agronegócio brasileiro, pois é uma alternativa para a geração de emprego e renda em todas as regiões do país (CARVALHO et al., 2013).

O mercado interno para a floricultura brasileira possui grande potencial de expansão, devido ao baixo consumo per capita, em torno de US\$ 4,70 por habitante. Segundo Junqueira e Peetz (2014) o mercado interno de plantas ornamentais no ano de 2013 foi de R\$ 5,22 bilhões, com previsão de aumento de 8% para o ano de 2014.

O mercado externo é outra opção e de acordo com Anuário da Agricultura Brasileira (2014), as exportações conquistaram sucessivos recordes ao longo da década com valores em cerca de US\$ 28 milhões em 2011, com destino para países como Holanda, Estados Unidos, Japão, Itália e Bélgica. As condições climáticas do Brasil permitem a produção de inúmeras espécies de clima temperado e tropical, o que garante aos produtos brasileiros oportunidade de conseguir um bom lugar no mercado internacional (FRANÇA; MAIA, 2008).

A floricultura é atualmente uma atividade bastante consolidada com grande importância econômica em vários Estados, como São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraná e Nordeste Brasileiro (OPITZ, 2014). A região Sudeste concentra a grande parte do cultivo dessas plantas, com cerca de 53% do total produzido no país (JUNQUEIRA; PEETZ, 2014).

4.2 Nutrição e adubação de plantas ornamentais

Em plantas ornamentais, a avaliação de produção máxima ou ótima é subjetiva quando comparada a outras culturas, com critérios muito menos rígidos, muitas vezes baseados em testes conduzidos pelos próprios produtores (PRICE; CRESSWELL; HANDRECK, 1997).

Nesse setor produtivo há falta de pesquisas nas áreas de nutrição mineral e fertilidade do solo, com vistas a recomendações mais seguras para cada sistema de cultivo, que garantam a produtividade e a qualidade das culturas (FURLANI; CASTRO, 2001). Além da nutrição e adubação, a relação entre os nutrientes também deixa lacunas em informações quanto às exigências nutricionais e à identificação de problemas na produção decorrentes de estresses nutricionais, deficiências ou excessos, ou ainda a concentração entre esses nutrientes, como as interações K, Ca e Mg e interações K e Na.

4.2.1 Potássio

O teor de K nas plantas só é inferior, em geral, ao de N. A maior parte do K é absorvida pelas plantas durante a fase de crescimento vegetativo. As altas taxas de absorção implicam em uma forte competição com a absorção de outros cátions (RAIJ, 1991). Malavolta (2006) afirma que, uma das razões possíveis para a alta exigência de K pelas culturas, é a necessidade de concentrações elevadas no citoplasma para garantir atividade enzimática ótima, tendo em vista, que esse nutriente é responsável pela ativação de mais de 50 enzimas.

O K é absorvido como cátion monovalente pelas plantas e mantém-se nessa forma, não fazendo parte de compostos específicos. Sua função não é estrutural, mas com papel de ativador de funções enzimáticas e de manutenção da turgidez das células (WAKEEL et al., 2010). Como exemplos de enzimas as quais o K participa pode-se citar a piruvato quinase e a amido sintetase

(HAWKESFORD, 2011), além de enzimas envolvidas nos processos de síntese de proteínas (WAKEEL et al., 2010).

O primeiro sintoma da deficiência de K é a redução na taxa de crescimento do vegetal. Posteriormente, ocorrem clorose e necrose das folhas mais velhas, iniciando-se nas margens e nas extremidades. Com o decréscimo no turgor sob estresse hídrico e flacidez, há deformação de xilema e de floema, além do colapso nos cloroplastos e mitocôndrias (BERGMANN, 1992).

4.2.2 Cálcio

O Ca é um nutriente consumido em quantidades muito variadas, em diferentes culturas (RAIJ, 1991). É essencial para manter a integridade estrutural e funcional das membranas e da parede celular, e com funções diversificadas no crescimento e no desenvolvimento vegetal, podendo atrasar o amadurecimento e a senescência, melhorar a qualidade dos frutos, alterar a fotossíntese e outros processos como a divisão celular e movimentos citoplasmáticos. A morte da célula é um sintoma da deficiência de Ca, resultando na desorganização de funções críticas, como a permeabilidade seletiva da membrana e a não operação dos mecanismos de sinalização em que o Ca opera como mensageiro (MALAVOLTA, 2006).

Segundo Epstein e Bloom (2004), os sintomas de deficiência de Ca aparecem mais cedo e mais severamente nas regiões meristemáticas e folhas jovens. A demanda desse nutriente parece ser alta nos tecidos mais novos e o Ca, contido em tecidos mais velhos, tende a se tornar imobilizado. Dessa forma, pode haver morte dos pontos de crescimento. Outro sintoma de deficiência característico é que o crescimento das raízes é severamente afetado (MALAVOLTA, 2006).

4.2.3 Magnésio

As exigências de Mg pelas culturas são relativamente modestas e uma das funções mais importantes é ser elemento central da molécula da clorofila, além de ativador de várias enzimas (RAIJ, 1991). Quase todas as enzimas fosforilativas dependem da presença do Mg e a absorção de H_2PO_4^- é máxima na sua presença (MALAVOLTA, 2006).

Os sintomas de deficiência de Mg ocorrem, primeiramente, nas folhas mais velhas com clorose internerval e, sob deficiência severa, ocorre necrose. As folhas tornam-se rígidas e quebradiças e as nervuras intercostais torcidas (CAKMAK; YAZICI, 2010). Segundo Epstein e Bloom (2004), a variedade de sintomas em diferentes espécies é tão grande que uma descrição generalizada dos sintomas desse nutriente é ainda mais difícil do que para outras deficiências.

4.3 Elementos benéficos

Os elementos benéficos são caracterizados como aqueles que, sua ausência não acarreta na morte da planta, porém em dadas condições, sua presença pode elevar o crescimento e a produção dos vegetais (FAQUIN, 2005). São vários esses elementos e como exemplos podem ser citados o Si, Se e Na.

4.3.1 Sódio

O Na é elemento essencial para os animais, sendo a sua principal função relacionada à regulação da pressão osmótica dentro da célula, papel esse realizado pelo K nas plantas (IVAHUPA et al., 2006). São encontradas na literatura algumas espécies de metabolismo C4 nas quais o Na é considerado elemento essencial, como por exemplo, *Amaranthus tricolor* (BROADLEY, 2011).

O K é o contra-íon responsável pelo influxo de H⁺ através das membranas dos tilacoides dos cloroplastos induzido pela luz. Em plantas de beterraba e outras responsivas ao Na, são encontrados valores semelhantes de Na e K, indicando assim o papel do Na na fotossíntese e em outras funções (MALAVOLTA, 2006.)

O fato de o Na substituir parcialmente o K, levanta a possibilidade de se fornecer Na como parte da adubação potássica, diminuindo assim, o custo com o uso desse insumo agrícola (BROADLEY, 2011).

O Na pode substituir parcialmente o K quando este estiver em baixa oferta, para algumas espécies como, por exemplo, *Chloris gayana* Kunth. (SMITH, 1974), tomate, algodão e beterraba (IVAHUPA et al., 2006), café (BALIZA et al., 2010) e pinhão manso (SILVA et al., 2014).

4.4 Balanço adequado de K, Ca e Mg

Além de quantidades adequadas de nutrientes para o pleno desenvolvimento das plantas, é necessário também que ocorra o equilíbrio entre os mesmos. A presença de um dado nutriente pode afetar seriamente a disponibilidade outro. São vários os casos de competição durante o processo de absorção, tratados na nutrição mineral de plantas (FURTINI et al., 2001), sendo a interação entre K:Ca:Mg amplamente discutida para as principais culturas.

De acordo com Rosolem (2005), a interação K:Ca:Mg é de extrema importância. O K compete fortemente na absorção de Ca e de Mg (PAIVA; SAMPAIO; MARTINEZ, 1998). O incremento da concentração de K na solução nutritiva (o que varia com cada espécie) apresenta efeito inibitório na absorção de Mg e Ca (FONSECA; MEURER, 1997).

Devido a grande competição que existe entre esses cátions, pode ser observada deficiência induzida de algum desses nutrientes quando são aplicadas altas doses de qualquer fertilizante ou corretivo, sem preocupação do

balanceamento entre os mesmos (HAWKESFORD et al., 2011; JONES JUNIOR; WOLF; MILLS, 1991).

Os cátions monovalentes são absorvidos mais rapidamente pelas raízes do que os divalentes. Assim, a relação adequada entre eles é fundamental para tornar eficientes as suas respectivas absorções (PAIVA; SAMPAIO; MARTINEZ, 1998; SILVA; TREVISAM, 2015).

4.5 Micropropagação

A cultura de tecidos vegetais (micropropagação ou cultivo *in vitro*) pode ser definida como um conjunto de técnicas nas quais um explante (célula, tecido ou órgão) é isolado, e cultivado em condições assépticas em um meio nutritivo artificial. Isso ocorre devido à totipotência celular, que é a capacidade de qualquer célula no organismo vegetal possuir toda a informação genética necessária para a regeneração completa da planta (TORRES; CALDAS; BUSO, 1998). A utilização das técnicas de propagação visa à rápida multiplicação e produção de plantas, em quantidade e qualidade superiores, possibilitando maior rapidez e uniformidade das mudas produzidas além do controle efetivo de doenças (ARDITTI; ERNEST, 1993; SOUZA; CORDEIRO; TRINDADE, 2000).

Os meios nutritivos utilizados para micropropagação (meios de cultura) fornecem todas as condições necessárias para pleno desenvolvimento da planta (TORRES; CALDAS; BUSO, 1998). A composição do meio baseia-se nas exigências dos vegetais, podendo haver modificações para atender alguma especificidade da planta em questão. Esse meio é constituído por componentes essenciais (água, nutrientes, fonte de carbono e energia, vitaminas e hormônios) e componentes adicionais como aminoácidos e ácidos orgânicos (GUERRA et al., 1999).

Para que a micropropagação de plantas ornamentais tenha sucesso é preciso que o comportamento dessas espécies seja avaliado em todos os aspectos, inclusive o nutricional (CARVALHO et al., 2013).

Carvalho et al. (2011) verificaram que, quase 40% das plantas cultivadas *in vitro* no Brasil correspondem a flores e plantas ornamentais, os quais incluem helicônias e zingiberáceas.

4.6 Aspectos gerais das culturas

Dentre as plantas ornamentais, as flores tropicais apresentam características favoráveis à comercialização como beleza, exotismo, diversas cores e formas, resistência ao transporte e durabilidade pós-colheita. A procura por flores tropicais para ornamentação vem aumentando a cada dia no mercado nacional, sendo que as principais espécies cultivadas são: antúrios, helicônias, estrelícias, bastões do imperador, gengibres ornamentais, alpínias, entre outras (LUZ et al., 2005).

4.6.1 *Etilingera elatior* (Jack) R. M. SMITH

A espécie *Etilingera elatior* (Jack) R. M. Smith, também conhecida como bastão do imperador, flor da redenção e gengibre de tocha, é uma planta herbácea, rizomatosa, ereta, entouceirada e robusta. Originária da Malásia, pertence à ordem Zingiberales e à família Zingiberaceae, com mais de 1.200 espécies distribuídas em 49 gêneros (LAMB et al., 2013; LARSEN et al., 1999).

As inflorescências são grandes, sustentadas por hastes grossas, com aproximadamente 1,5 a 2m de altura, de forma cônico-piramidal, com escamas verdes e brácteas vermelho-rosadas (LAMB et al., 2013; LARSEN et al., 1999; LINS; COELHO, 2003). As hastes vegetativas apresentam folhagem grande e

vistosa, com coloração que varia de verde a marrom-avermelhada, com porte de 3 a 6m de altura (LAMB et al., 2013; LARSEN et al., 1999).

No Brasil são cultivadas e comercializadas quatro cultivares: uma de inflorescência de brácteas vermelhas (cultivar Red Torch); duas de brácteas rosadas (cultivares Pink Torch e Porcelana); e uma de brácteas rubras (BEZERRA; LOGES, 2005).

4.6.2 *Zingiber spectabile* Griff.

O *Zingiber spectabile* Griff., também conhecido como, gengibre ornamental, xampu, maracá ou sorvetão, é uma planta ornamental tropical, nativa da Malásia (BEZERRA; LOGES, 2005; LAMB et al., 2013). É uma planta herbácea, rizomatosa, robusta, perene, com hastes eretas, podendo atingir até 2,50m de altura. Possui folhas alongadas, lanceoladas e aveludadas na parte inferior. Requer solos orgânicos e úmidos para um desenvolvimento satisfatório (LARSEN et al., 1999; LARSEN; LARSEN, 2006).

Produz inflorescências terminais que têm forma cilíndrica e suas brácteas são de coloração amarelo brilhante e, à medida que envelhecem se tornam amarelo-avermelhadas. Essas inflorescências são sustentadas por uma haste ereta de 0,30m a 0,80m que originam diretamente do sistema de rizomas, sendo completamente separadas das hastes vegetativas e emergem de novembro a abril. As hastes vegetativas velhas fenecem e são aproveitadas para propagação (LAMAS, 2004).

Essas plantas têm se mostrado muito resistentes ao manuseio e sua durabilidade é bem grande, além da produtividade excepcional associada ao perfume levemente adocicado. A produtividade pode chegar a 100 flores/ano/touceira. Os principais produtores são alguns países asiáticos (Filipinas e Tailândia), Jamaica, Havaí, Colômbia e Equador. Os principais importadores são Estados Unidos, Canadá, Holanda, Alemanha, Dinamarca,

Bélgica, França e Itália. O pico de oferta ocorre entre os meses de dezembro e maio (BEZERRA; LOGES, 2005).

4.6.3 *Alpinia purpurata* (Vieill) R. Schum

A espécie *Alpinia purpurata* (Vieill) R. Schum pertence a ordem Zingiberales e família Zingiberaceae (LAMB et al., 2013; LARSEN et al., 1999). Esta planta é nativa da Indonésia e dentro do gênero *Alpinia* é a espécie mais comum para ornamentação (LARSEN; LARSEN, 2006). Segundo Lamas (2004) essas plantas são tropicais perenes, de crescimento vigoroso, formando touceiras espessas, de até 4,0m de altura. As hastes reprodutivas possuem inflorescências terminais, com flores brancas e pequenas, protegidas por brácteas, que dependendo da variedade, podem ter colorações rosa, vermelho e cores intermediárias as duas (LORENZI; SOUZA, 2008).

Essa espécie se caracteriza por grande valor ornamental, em razão do seu florescimento durante todo o ano, principalmente em regiões de clima tropical (BEZERRA; LOGES, 2005). As principais cultivares de alpínias, plantadas para produção de flores de corte são: Red Ginger, Eillen McDonald, Jungle King e Jungle Queen (LUZ et al., 2005).

5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O setor de flores e plantas ornamentais tropicais tem se tornado uma atividade cada vez mais importante no cenário do agronegócio brasileiro, uma vez que gera emprego, ocupação e renda. Entretanto, para que o setor continue em expansão, são necessários investimentos em tecnologias específicas, bem como estudos que busquem aumento de produtividade sem comprometer a qualidade do produto.

Desse modo, o conhecimento das exigências nutricionais dessas espécies e a relação dos nutrientes, são importantes ferramentas para garantir o fornecimento nutricional adequado e permitir a produção e comercialização de flores e plantas de qualidade.

REFERENCIAS

- ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA. **Flores**. São Paulo: FNP, 2014. 410 p.
- ARDITTI, J.; ERNEST, R. **Micropropagation of orchids**. New York: John Wiley, 1993. 682 p.
- ARRUDA, S. T.; OLIVETTE, M. P. A.; CASTRO, C. E. F. Diagnóstico da floricultura do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 2, n. 2, p. 1-18, jun./dez. 1996.
- BALIZA, D. P. et al. Crescimento e nutrição de mudas de cafeeiro influenciadas pela substituição do potássio pelo sódio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 5, n. 3, p. 272-282, set./dez. 2010.
- BARBOSA, J. G. et al. Nutrição mineral e adubação de plantas ornamentais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 30, n. 249, p. 16-21, mar./abr. 2009.
- BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants**. New York: Gustav Fischer Verlag, 1992. 741 p.
- BEZERRA, F. C.; LOGES, V. Zingiberaceae. In: TERAPO, D.; CARVALHO, A. C. P. P. de; BARROSO, T. C. da S. F. (Ed.). **Flores tropicais**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 102-127.
- BROADLEY, M. Beneficial elements. In: MARSCHNER, P. (Ed). **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Academic Press, 2011. p. 249-269.
- CAKMAK, I.; YAZICI, A. M. Magnésio:um elemento esquecido na produção agrícola. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 132, p. 14-16, dez. 2010.
- CARVALHO, A. C. P. P. et al. Panorama da cultura de tecidos no Brasil com ênfase em flores e plantas ornamentais. In: JUNGHANS, T. G.; SOUZA, A. S. (Org.). **Aspectos práticos da micropropagação de plantas**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2013. Cap. 1, p. 13-53.
- CARVALHO, A. C. P. P. et al. Glossário de culturas de tecidos de plantas. **Plant Cell Culture and Micropropagation**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 30-60, 2011.

COELHO, V. A. T. et al. Caracterização de sintomas visuais de deficiências de macronutrientes e boro em plantas de gengibre ornamental. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 47-55, abr. 2012.

DEBIASI, C.; FELTRIN, F.; MICHELUZZI, F. C. Micropropagação de gengibre (*Zingiber officinale*). **Revista Brasileira de Agrociência**, Londrina, v. 10, n. 1, p. 61-65, jan./mar. 2004.

DREW, M. C. Comparison of effects of a localized supply of phosphate, nitrate, ammonium and potassium on growth of seminal root system, and shoot, in barley. **New Phytologist**, Cambridge, v. 75, n. 3, p. 479-490, Nov. 1975.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Mineral nutrition of plants**. Sunderland: Sinauear Associates, 2004. 403 p.

FAGERIA, V. D. Nutrient interactions in crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 24, n. 8, p. 1269-1290, 2001.

FAQUIN, V. **Nutrição de plantas**. Lavras: Editora da UFLA, 2005. 183 p.

FIGUEIREDO, M. A. et al. Fontes de K no crescimento *in vitro* de plântulas de orquídea *Cattleya loddigesii*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 255-257, abr./jun. 2008.

FONSECA, J. A.; MEURER, E. J. Inibição da absorção de magnésio pelo potássio em plântulas de milho em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 47-50, 1997.

FRANÇA, C. A. M.; MAIA, M. B. R. **Panorama do agronegócio de flores e plantas ornamentais no Brasil**. Porto Velho: Editora da UNIR, 2008. 10 p. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/761.p>>. Acesso em: 22 dez. 2014.

FRAZAO, J. E. M. et al. Deficiência nutricional em bastão do imperador (*Etilingera elatior* (Jack) R. M. Smith): efeito na produção de matéria seca e índices biométricos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 294-299, mar./abr. 2010.

FURLANI, A. M. C.; CASTRO, C. E. F. Plantas ornamentais e flores. In: FERREIRA, M. E. et al. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq, 2001. p. 533-552.

FURTINI NETO, A. E. et al. **Fertilidade do solo**. Lavras: Editora da FAEPE, 2001. 252 p.

FUZITANI, E. J.; NOMURA, E. S. Produção de mudas *in vitro*. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 10, n. 1-2, p. 14-17, 2004.

GUERRA, M. P. et al. Estabelecimento de um protocolo regenerativo para a micropropagação do abacaxizeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 9, p. 1557-1563, set. 1999.

GUNES, A.; ALPASLAN, M.; INAL, A. Critical nutrient concentrations and antagonistic and synergistic relationships among the nutrients of NFT-grown young tomato plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 21, n. 10, p. 2035-2047, 1998.

HAWKESFORD, M et al. Functions of macro nutrients. In: MARSCHNER, P. (Ed). **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Academic Press, 2011. p. 135-189.

IVAHUPA, S. R. et al. Effects of sodium on potassium nutrition in three tropical root crop species. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 29, n. 6, p. 1095-1108, 2006.

JONES JUNIOR, J. B.; WOLF, B.; MILLS, H. A. **Plant analysis handbook**. Athens: Micro-Macro, 1991. 213 p.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. 2011: balanço do comércio exterior da floricultura brasileira. **Contexto e Perspectiva**, São Paulo, p. 1-5, mar. 2011. Disponível em: <<http://www.ibraflor.com/publicacoes/vw.php?cod=160>>. Acesso em: 19 jan. 2015.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. O setor produtivo de flores e plantas ornamentais do Brasil, no período de 2008 a 2013: atualizações, balanços e perspectivas. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 115-120, 2014.

LAMAS, A. M. **Flores: produção, pós-colheita e mercado**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2004. 109 p. Disponível em: <<http://www.unitins.br/ates/arquivos/Agricultura/Plantas%20Ornamentais/Flores%20-%20Produ%C3%A7%C3%A3o%20e%20Mercado.pdf>>. Acesso em: 30 dez. 2014.

LAMB, A. et al. **A guide to gingers of Borneo**. Kota Kinabalu: Natural History Publications, 2013. 144 p.

LANDGRAF, P. R. C. **Diagnóstico da floricultura no estado de Minas Gerais**. 2006. 110 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

LARSEN, K. et al. **Gingers of Peninsular Malaysia and Singapore**. Kota Kinabalu: Natural History Publications, 1999. 135 p.

LARSEN, K.; LARSEN, S. S. **Ginger of Thailand**. Chiang Mai: Queen Sirikit Botanic Garden, 2006. 184 p.

LINS, S. R. O.; COELHO, R. S. B. Antracnose em inflorescências de bastão do imperador (*Etilingera elatior*): ocorrência e métodos de inoculação. **Summa Phytopathologica**, Jaguariuna, v. 29, n. 4, p. 355-358, 2003.

LOGES, V. et al. Potencial de mercado de bastão do imperador e sorvetão. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 15-22, 2008.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. de. **Plantas ornamentais no Brasil**: arbustivas, herbáceas e trepadeiras. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 1088 p.

LUZ, P. B. et al. Cultivo de flores tropicais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 227, p. 62-72, jul./ago. 2005.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 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.

MINITAB 17 STATISTICAL SOFTWARE. **[Computer software]**. State College: Minitab, 2014.

MOREIRA, R. A. et al. Diferentes meios de cultura no crescimento *in vitro* de sorvetão. **Agraria**, Recife, v. 7, n. 3, p. 409-413, jul./set. 2012.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. Revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. **Physiologia Plântarum**, Copenhagen, v. 15, n. 2, p. 473-497, 1962.

OPITZ, R. Atualização fotografia do setor: 2014. **Informativo Ibraflor**, Campinas, v. 51, n. 5, p. 1-6, nov./ dez. 2014.

ORLANDO FILHO, J. O. et al. Relações K, Ca e Mg de solo areia quartzosa e produtividade da cana-de-açúcar. **STAB: açúcar, álcool e subprodutos**, Piracicaba, v. 14, n. 5, p. 13-17, 1996.

PAIVA, E. A. S.; SAMPAIO, R. A.; MARTINEZ, H. E. P. Composition and quality of tomato fruit cultivated in nutrient solutions containing different calcium concentrations. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 21, n. 12, p. 2653-2661, 1998.

PAULA, Y. C. M. **Nutrição mineral na micropropagação da bananeira**. 2010. 57 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

PRICE, G. H.; CRESSWELL, G. C.; HANDRECK, K. A. Ornamentals. In: REUTER, D. J.; ROBINSON, J. B. (Ed.). **Plant analysis: an interpretation manual**. Collingwood: Csiro, 1997. p. 467-502.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, 1991. 343 p.

ROSOLEM, C. A. Interação do potássio com outros íons. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Potafós, 2005. p. 239-260.

SILVA, M. L. S.; TREVISAM, A. R. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 149, p. 10-16, mar. 2015.

SILVA, P. S. et al. Crescimento e nutrição de mudas de pinhão manso influenciados pela substituição do potássio pelo sódio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 1, p. 194-199, jan./mar. 2014.

SMITH, F. W. The effect of sodium on potassium nutrition and ionic relations in Rhodes grass. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 25, p. 407-414, 1974.

SOUZA, A da S.; CORDEIRO, Z. J. M.; TRINDADE, A. V. Produção de mudas. In: CORDEIRO, Z. J. M. (Org.). **Banana produção**: aspectos técnicos. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 39-46.

TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**: volume 1. Brasília: Embrapa, 1998. 509 p.

WAKEEL, A. et al. Potassium substitution by sodium in sugar beet (*Beta vulgaris*) nutrition on K-fixing soils. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Weinheim, v. 173, n. 1, p. 127–134, Feb. 2010.

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

ARTIGO 1 Potássio, cálcio e magnésio na micropropagação de zingiberáceas ornamentais

Viviane Amaral Toledo Coelho¹
Gabrielen de Maria Gomes Dias²
Cleber Lázaro Rodas³
Moacir Pasqual⁴
Mozart Martins Ferreira⁵
Maria Lígia de Souza Silva⁶

Artigo formatado de acordo com a NBR 6022 (ABNT, 2003), conforme orienta o manual de normalização da UFLA.

¹ Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, MG, Brasil. Email: vivianeatc@yahoo.com.br

² Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, MG, Brasil.

³ Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, MG, Brasil.

⁴ Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, MG, Brasil.

⁵ Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, MG, Brasil.

⁶ Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, MG, Brasil.

RESUMO

Considerando a crescente importância das espécies da família Zingiberaceae e para a floricultura e as vantagens das técnicas aplicadas ao cultivo *in vitro* para estas plantas, torna-se necessária a realização de estudos que avaliem o crescimento de espécies dessa família nestas condições. Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar o desenvolvimento de espécies *Etilingera elatior*, *Zingiber spectabile* e *Alpinia purpurata* em função de diferentes relações de K, Ca e Mg. Os tratamentos foram baseados no meio MS básico com relações K:Mg (mmol L^{-1}) de: 22K:1Mg, 20K:3Mg, 16K:7Mg, 12K:11Mg, 8K:15Mg e 4K:19Mg; relações K:Ca (mmol L^{-1}) de: 22K:4Ca, 20K:6Ca, 16K:10Ca, 12K:14Ca, 8K:16Ca e 4K:22Ca e relações Ca:Mg (mmol L^{-1}) de: 8Ca:1Mg, 6Ca:3Mg, 4Ca:5Mg, 2Ca:7Mg e 1Ca:8Mg, com cinco repetições, sendo a parcela experimental composta de duas plântulas por frasco. Foram utilizados como explantes rizomas de plântulas *in vitro*, mantidas em sala de crescimento, a temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, sob irradiância $52 \text{ W m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e fotoperíodo de 16 horas. Após 80 dias de cultivo, as plântulas foram avaliadas em relação às variáveis: número de folhas, altura e comprimento da raiz. Posteriormente, foram determinadas as massas secas da parte aérea e raiz, relação parte aérea/raiz e realizada a análise química do tecido vegetal. Foi possível melhorar o crescimento das plantas de zingiberáceas avaliadas, na fase de micropropagação, mudando-se as concentrações de K, Ca e Mg da formulação original do meio MS, sendo recomendadas as concentrações de K de 22 mmol L^{-1} para *Etilingera elatior* e *Zingiber spectabile* e de 16 mmol L^{-1} para *Alpinia purpurata* e concentrações de Ca de 4 mmol L^{-1} para *Etilingera elatior* e *Zingiber spectabile* e entre 8 a 10 mmol L^{-1} para *Alpinia purpurata*. Uma maior concentração de Mg para o cultivo *in vitro* de *Etilingera elatior* é necessário. Para *Zingiber spectabile* e *Alpinia purpurata* são recomendadas a concentração proposta no meio MS de 3 mmol L^{-1} de Mg.

Palavras-chave: Cultura de tecidos. Nutrição mineral. Plantas ornamentais.

1 INTRODUÇÃO

A floricultura tropical, classificada como um negócio lucrativo vem se expandindo e sendo considerada uma alternativa viável para pequenas áreas rurais. O Brasil apresenta potencial para tornar-se grande destaque na produção de flores e plantas ornamentais tropicais, devido principalmente ao clima propício para sua produção (JUNQUEIRA; PEETZ, 2011).

As espécies *Etilingera elatior* (bastão do imperador), *Zingiber spectabile* (gengibre ornamental) e *Alpinia purpurata* pertencem à ordem Zingiberales e a família Zingiberaceae, com origem no continente asiático (LAMB et al., 2013; LARSEN et al., 1999). As espécies dessa família apresentaram características favoráveis para comércio como flores de corte, como os formatos atípicos e cores vibrantes das inflorescências dessas plantas (LOGES et al., 2008).

No cultivo dessas espécies a produção de mudas é realizada vegetativamente, por rizomas. Porém esta prática pode acarretar problemas fitossanitários, dentre eles a disseminação de doenças, levando até à destruição total das plantações devido à disseminação rápida, principalmente de fungos, e bactérias (DEBIASI; FELTRIN; MICHELUZZI, 2004).

A micropropagação tem assessorado a produção comercial de plantas, livre de doenças, possibilitando a multiplicação rápida de materiais promissores, em períodos de tempo e de espaço reduzidos. Além disso, a essa técnica de propagação mantém a identidade genética do material propagado (FUZITANI; NOMURA, 2004). O meio de cultura

MS (MURASHIGE; SKOOG, 1962) é um dos mais utilizados para a propagação de várias espécies vegetais, inclusive as ornamentais. A concentração de nutrientes do meio MS é elevada, e neste sentido, modificações têm sido sugeridas objetivando-se maior desempenho e redução de custos (MOREIRA et al., 2012).

Além de quantidades adequadas de nutrientes para o pleno desenvolvimento das plântulas, é necessário, também, que ocorra o equilíbrio entre os mesmos. A presença de um dado nutriente pode alterar a disponibilidade outro e afetar o equilíbrio nutricional de outro (FURTINI NETO et al., 2001).

Assim, estudos são conduzidos para verificar o desenvolvimento de diferentes espécies no que diz respeito ao crescimento e nutrição mineral na micropropagação.

Entretanto, envolvendo plantas ornamentais, especificamente as Zingiberaceae são encontradas poucos estudos sobre equilíbrio nutricional. O objetivo do trabalho foi avaliar o desenvolvimento de espécies da família Zingiberaceae em função de diferentes relações K, Ca e Mg.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As plantas estabelecidas *in vitro* foram cedidas pela Unidade da Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária – Agroindústria Tropical (EMBRAPA), localizada em Fortaleza, Ceará.

As plântulas de *Etilingera elatior* (variedade porcelana), *Zingiber spectabile* e *Alpinia purpurata* foram subcultivadas, sob condições assépticas, em meio de cultura MS (MURASHIGE; SKOOG, 1962), acrescido de 2,5 mg L⁻¹ de 6-benzilammonopurina (BAP) e solidificado com ágar, na concentração de 5,5 g L⁻¹.

Segmentos de rizoma (explantes) com aproximadamente 0,5 cm foram retirados destas plântulas micropropagadas e inoculados em diferentes relações K:Mg, K:Ca e Ca:Mg. Os tratamentos foram baseados no meio MS básico (MURASHIGE; SKOOG, 1962) com relações K:Mg (mmol L⁻¹) de: 22K:1Mg, 20K:3Mg, 16K:7Mg, 12K:11Mg, 8K:15Mg e 4K:19Mg; relações K:Ca (mmol L⁻¹) de: 22K:4Ca, 20K:6Ca, 16K:10Ca, 12K:14Ca, 8K:16Ca e 4K:22Ca e relações Ca:Mg (mmol L⁻¹) de: 8Ca:1Mg, 6Ca:3Mg, 4Ca:5Mg, 2Ca:7Mg e 1Ca:8Mg. As concentrações de 20 mmol L⁻¹ para K, 6mmol L⁻¹ para Ca e 3 mmol L⁻¹ para Mg são as recomendadas por Murashige e Skoog (1962) e consideradas como referência. O balanceamento do nitrogênio foi realizado com a utilização de Nitrato de amônio. Os explantes foram mantidos durante todo o período experimental em salas de crescimento, a temperatura de 25±2°C, sob irradiância 52 W m⁻² s⁻¹ e fotoperíodo de 16 horas. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, sendo a parcela experimental composta de duas explantes por frasco.

Após 80 dias, as plântulas foram avaliadas na colheita em relação às seguintes variáveis de crescimento: altura, número de folhas e comprimento da raiz. Para tanto, as plântulas foram retiradas dos frascos, lavadas em água destilada, e o material vegetal acondicionado em saco de papel e mantido em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até massa constante. Após a determinação de massa seca da parte aérea e raiz, foi realizada a moagem do material vegetal em moinho Willey com peneira de 20 mesh, para determinações da composição mineral segundo metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias avaliadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas e os gráficos foram realizados com o auxílio do software Minitab 17 (MINITAB 17 STATISTICAL SOFTWARE, 2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Crescimento e teores nutricionais da parte aérea em plântulas de zingiberáceas sob diferentes relações K:Mg

As plântulas de *Etilingera elatior* do tratamento 20K:3Mg apresentaram incremento no número de folhas, enquanto houve redução neste parâmetro nas plântulas do tratamento 16K:7Mg (Figuras 1 e 2). A altura e a massa seca da parte aérea não foram influenciadas pelas diferentes relações K:Mg.



Figura 1 Panorama geral de plântulas de *Etilingera elatior* sob diferentes relações K:Mg (mmol L^{-1}) aos 80 dias, na colheita

Fonte: Universidade Federal de Lavras (2015).

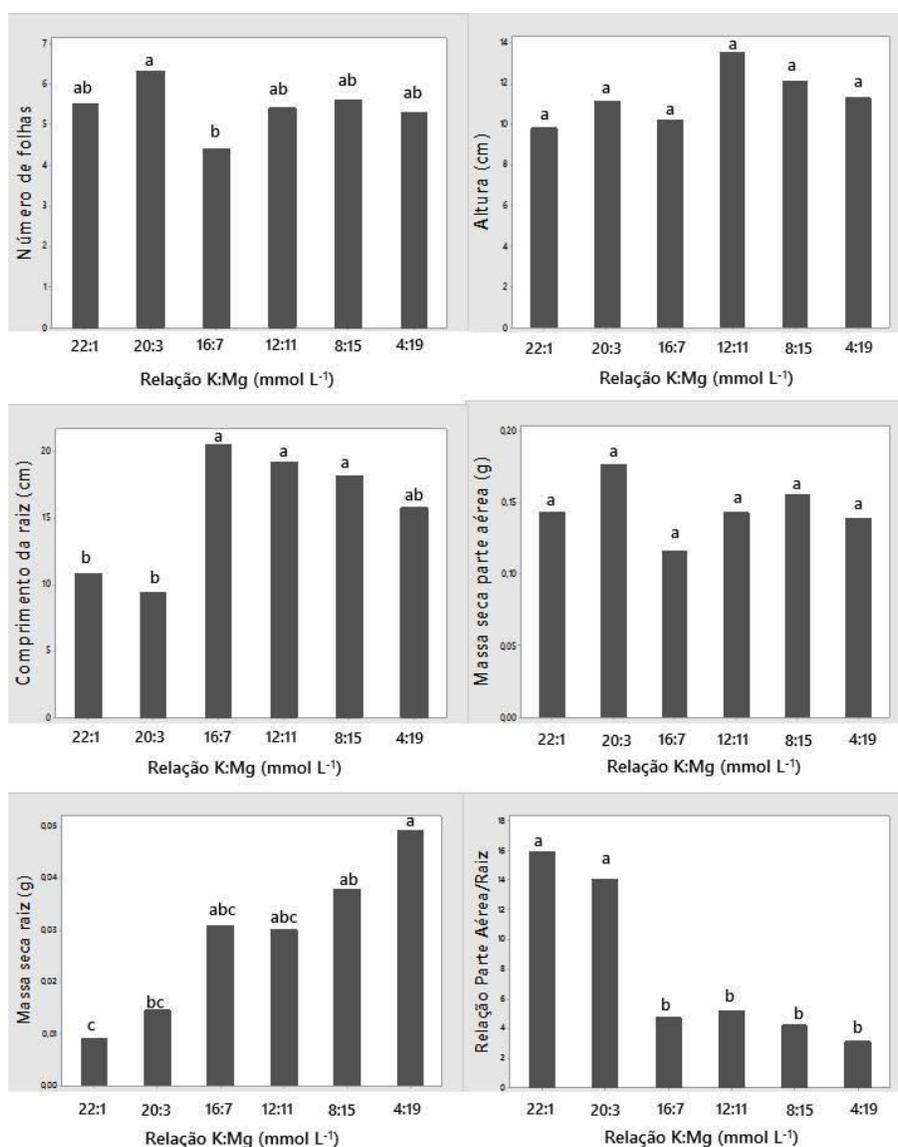


Figura 2 Variáveis de crescimento, produção de massa seca e relação parte aérea/raiz em plântulas de *Etilingera elatior* com diferentes relações K:Mg (mmol L⁻¹)

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Durante o período experimental não foram detectados sintomas de deficiência de K e Mg na parte aérea de *Etilingera elatior* em nenhum tratamento. O sistema radicular das plântulas cultivadas sob as relações de 22K:1Mg e 20K:3Mg, visualmente, apresentaram menor desenvolvimento. A maior produção de massa seca de raiz foi constatada nas plântulas do tratamento 4K:19Mg, enquanto o menor valor foi observado nas plântulas do tratamento 22K:1Mg.

Drew (1975), estudando o crescimento de plantas de cevada em solução de cultivo com baixas concentrações de K, constatou que o crescimento radicular das plantas desse tratamento foi similar ao tratamento controle. Apesar de baixas concentrações de K em meio de cultivo, as mesmas foram suficientes para o desenvolvimento radicular das plântulas.

As plântulas de *Etilingera elatior* dos tratamentos 22K:1Mg e 20K:3Mg apresentaram maior relação parte aérea/raiz (PA/Raiz), indicando o menor desenvolvimento da parte aérea dessas plântulas quando comparados com os outros tratamentos. A menor concentração de Mg no meio de cultivo acarretou em menor desenvolvimento da parte aérea visto que a deficiência nutricional de Mg pode afetar o desenvolvimento do vegetal.

Cakmak (1994 apud CAKMAK; YAZICI, 2010) verificou que, plantas de feijoeiro deficientes em Mg apresentaram queda no crescimento na parte aérea e raiz. De acordo com Bergmann (1992), o baixo desenvolvimento vegetal é sintoma de deficiência nutricional de forma geral, incluindo o Mg.

Para número de folhas, as plântulas de *Zingiber spectabile* do tratamento 22K:1Mg apresentaram aumento, enquanto as plantas do tratamento 16K:7Mg diminuíram essa variável (Figuras 3 e 4). Em relação à altura e massa seca da parte aérea, as plantas dos tratamentos 20K:3Mg apresentaram aumento nessa variável. Entre os tratamentos estudados, não houve diferenças para comprimento radicular e relação PA/Raiz. Para massa seca da raiz, as plantas do tratamento e 4K:19Mg apresentaram os maiores valores, assim como as plântulas de *Etlingera elatior*.



Figura 3 Panorama geral de plântulas de *Zingiber spectabile* sob diferentes relações K:Mg (mmol L^{-1}) aos 80 dias, na colheita

Fonte: Universidade Federal de Lavras (2015).

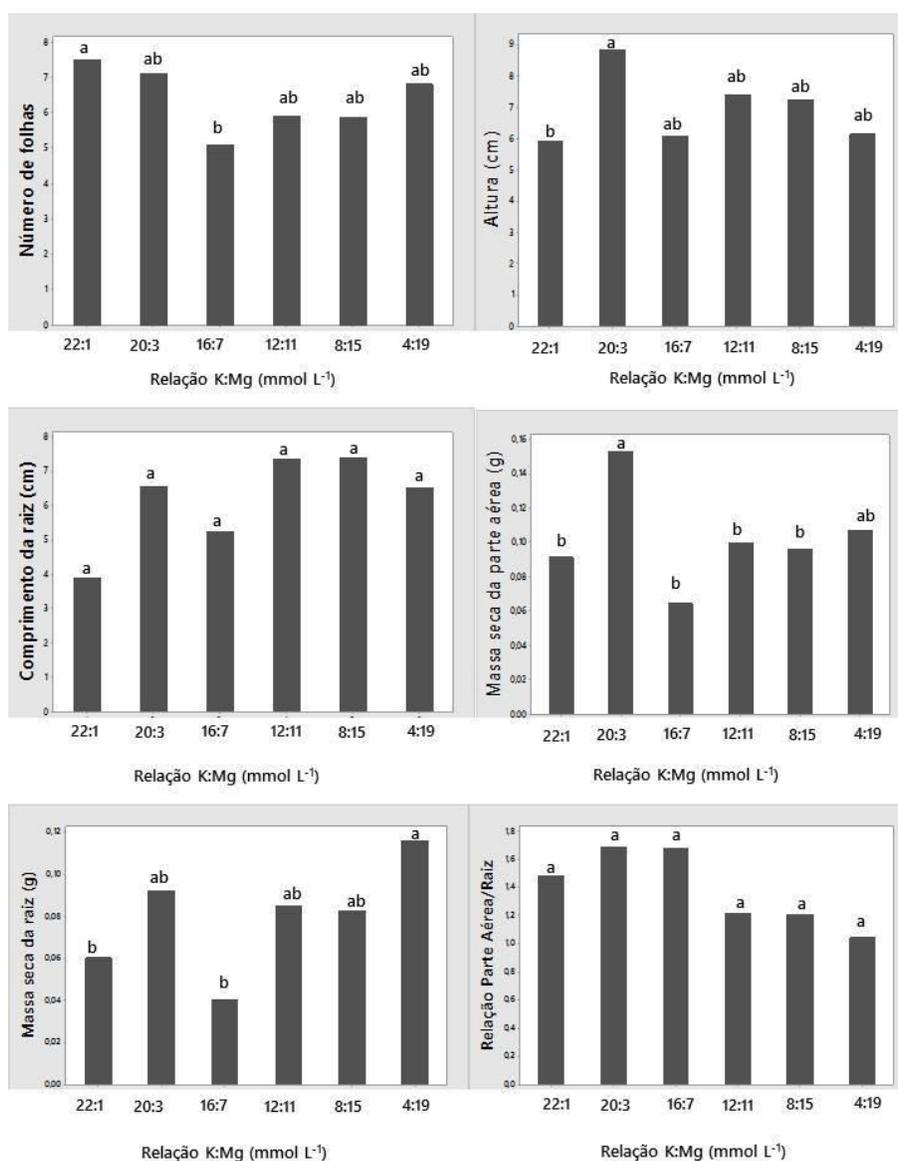


Figura 4 Variáveis de crescimento, produção de massa seca e relação parte aérea/raiz em plântulas de *Zingiber spectabile* com diferentes relações K:Mg (mmol L⁻¹)

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Visualmente, as plântulas de *Zingiber spectabile* cultivadas em meios com relações de 8K:15Mg e 4K:19Mg, apresentaram queda no porte e clorose generalizada em relação às demais. O desequilíbrio nutricional causado pelo excesso de Mg em solução de cultivo, acarretou em deficiência induzida de outros nutrientes.

As plântulas de *Alpinia purpurata* dos tratamentos estudados não diferiram em relação ao número de folhas e massa seca da parte aérea (Figuras 5 e 6). Para altura e comprimento da raiz, as plântulas do tratamento 16K:7Mg apresentaram aumento nessas variáveis.



Figura 5 Panorama geral de mudas de *Alpinia purpurata* sob diferentes relações K:Mg (mmol L^{-1}) aos 80 dias, na colheita

Fonte: Universidade Federal de Lavras (2015).

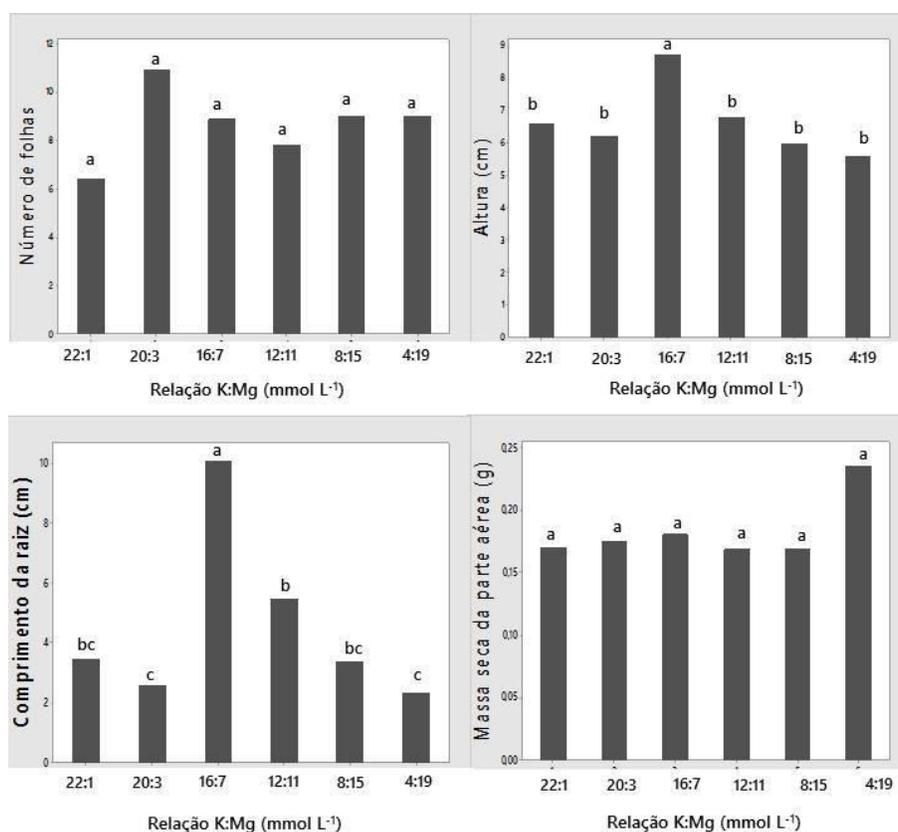


Figura 6 Variáveis de crescimento, produção de massa seca e relação parte aérea/raiz em plântulas de *Alpinia purpurata* com diferentes relações K:Mg (mmol L⁻¹)

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Paula (2010), avaliando relações K:Mg em três cultivares de bananeira, observaram que as cultivares Caipira e Tropical obtiveram melhores resultados para crescimento da parte aérea e raiz no tratamento 20K:3Mg, enquanto as plântulas da cultivar Japira se desenvolveram melhor na relação 22K:1Mg. As três espécies do presente apresentaram comportamentos distintos para relações K:Mg.

Não foram observadas diferenças para os teores de P e Ca nas plântulas de *Etilingera elatior*, para os teores de K e S de *Zingiber spectabile* e teores de P de *Alpinia purpurata* submetidas a meio de cultura com diferentes relações K:Mg (Tabelas 1, 2 e 3).

Tabela 1 Teores nutricionais (g kg^{-1}) em plântulas de *Etilingera elatior* com diferentes relações K:Mg (mmol L^{-1})

Relação	P	K	Ca	Mg	S
K:Mg	----- gkg^{-1} -----				
22:1	4,06a	35,45a	5,83a	0,93d	0,82b
20:3	3,04a	36,15a	5,54a	1,48c	0,86b
16:7	3,75a	36,11a	6,25a	3,14b	1,07a
12:11	3,53a	37,19a	5,84a	4,33b	1,18a
8:15	2,87a	28,82b	5,41a	6,42ab	1,51a
4:19	4,55a	25,79b	5,83a	7,91a	1,74a

Fonte: Universidade Federal de Lavras (2015).

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2 Teores nutricionais (g kg^{-1}) em plântulas de *Zingiber spectabile* com diferentes relações K:Mg (mmol L^{-1})

Relação	P	K	Ca	Mg	S
K:Mg	-----g.kg ⁻¹ -----				
22:1	3,8ab	35,7a	13,5a	2,1de	1,4a
20:3	2,9b	35,5a	7,4b	1,1e	0,7a
16:7	2,1b	36,7a	6,8b	3,7d	0,6a
12:11	3,1b	33,8a	5,4b	5,3c	0,6a
8:15	3,1b	32,6a	4,5b	7,1b	0,7a
4:19	4,7a	31,8a	4,7b	10,2a	0,9a

Fonte: Universidade Federal de Lavras (2015).

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3 Teores nutricionais (g kg^{-1}) em plântulas de *Alpinia purpurata* com diferentes relações K:Mg (mmol L^{-1})

Relação	P	K	Ca	Mg	S
K:Mg	-----g.kg ⁻¹ -----				
22:1	2,97a	22,66a	1,75a	0,98d	3,67e
20:3	2,93a	25,62a	1,63a	1,27cd	4,71d
16:7	2,95a	22,66a	2,65a	3,45b	3,66e
12:11	2,75a	25,36a	1,97a	2,88c	5,43c
8:15	2,60a	25,16a	1,44a	3,30b	6,15b
4:19	2,72a	12,77b	0,80b	4,39a	9,53a

Fonte: Universidade Federal de Lavras (2015).

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O meio de cultivo com relação de 4K:19Mg possibilitou maior absorção de P pelas plântulas de *Zingiber spectabile*. O alto teor de Mg em meio de cultivo favoreceu a absorção de P, visto que ocorre

sinergismo entre esses íons (FAGERIA, 2001). Acredita-se que as interações entre P e Mg estejam relacionadas às reações de transferência de energia na célula (BERGMANN, 1992), como na atividade das enzimas quinases e nas reações de transferência de fosfato (FAGERIA, 2001).

Os menores teores de K foram observados nas plântulas de *Etilingera elatior* e *Alpinia purpurata* dos tratamentos com menores concentrações de K em meios de cultivo (8K:15Mg e 4K:19Mg). Houve incremento nos teores de Mg com o aumento da sua concentração em meio de cultivo para todas as espécies estudadas.

A primeira condição para que o íon seja absorvido é que o mesmo esteja na forma disponível e em contato com a superfície da raiz. Quanto menor a concentração desse íon em meio de cultivo, menor será a absorção do mesmo pela plântula (FAQUIN, 2005).

Os maiores teores de Ca foram observados nas plântulas do tratamento 22K:1Mg para *Zingiber spectabile* e *Alpinia purpurata*. Pode-se observar que, a menor concentração de Mg em meio de cultura favoreceu a absorção de Ca. Na nutrição vegetal, esse fato está relacionado às suas propriedades químicas muito similares, como o grau de valência e a mobilidade, fazendo com que haja competição pelos sítios de adsorção no solo e na absorção pelas raízes. Como consequência, a presença excessiva de um pode prejudicar a absorção do outro (ORLANDO FILHO et al., 1996).

Houve aumento nos teores de S das plântulas de *Zingiber spectabile* e *Alpinia purpurata* à medida que se diminuiu o K e aumentou o Mg no meio de cultivo.

Crescimento e teores nutricionais da parte aérea em plântulas de zingiberáceas sob diferentes relações K:Ca

A relação de 20K:6Ca acarretou na redução no número de folhas e altura das plântulas de *Etilingera elatior* (Figuras 7 e 8). Para comprimento radicular, as plântulas do tratamento 16K:10Ca foi superior. A produção de massa seca de raiz não foi influenciada pelas diferentes relações K:Ca.



Figura 7 Panorama geral de plântulas *Etilingera elatior* sob diferentes relações K:Ca (mmol L^{-1}) aos 80 dias, na colheita

Fonte: Universidade Federal de Lavras (2015).

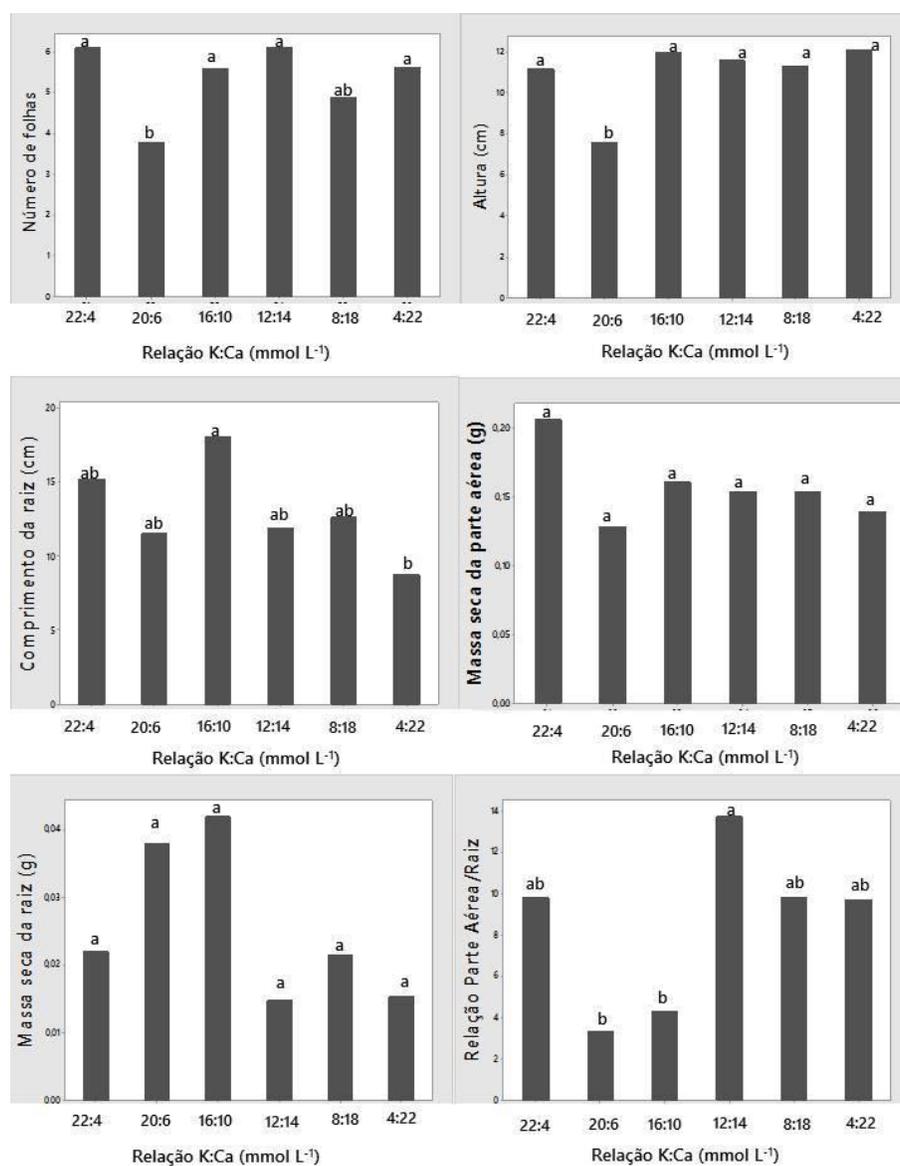


Figura 8 Variáveis de crescimento, produção de massa seca e relação parte aérea/raiz em plântulas de *Etilingera elatior* com diferentes relações K:Ca (mmol L⁻¹)

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

As menores relações PA/raiz foram encontradas nas plântulas de *Etilingera elatior* dos tratamentos 20K:6Ca e 16K:10Ca, indicando maior crescimento da parte aérea, o que no caso da micropropagação é uma característica favorável.

Para *Zingiber spectabile*, houve queda na produção de folhas do tratamento 16K:10Ca em comparação aos demais (Figuras 9 e 10). A altura e relação PA/raiz das plântulas dessa espécie não foram influenciadas pelas diferentes relações de K:Ca.



Figura 9 Panorama geral de plântulas de *Zingiber spectabile* sob diferentes relações K:Ca (mmol L^{-1}) aos 80 dias, na colheita

Fonte: Universidade Federal de Lavras (2015).

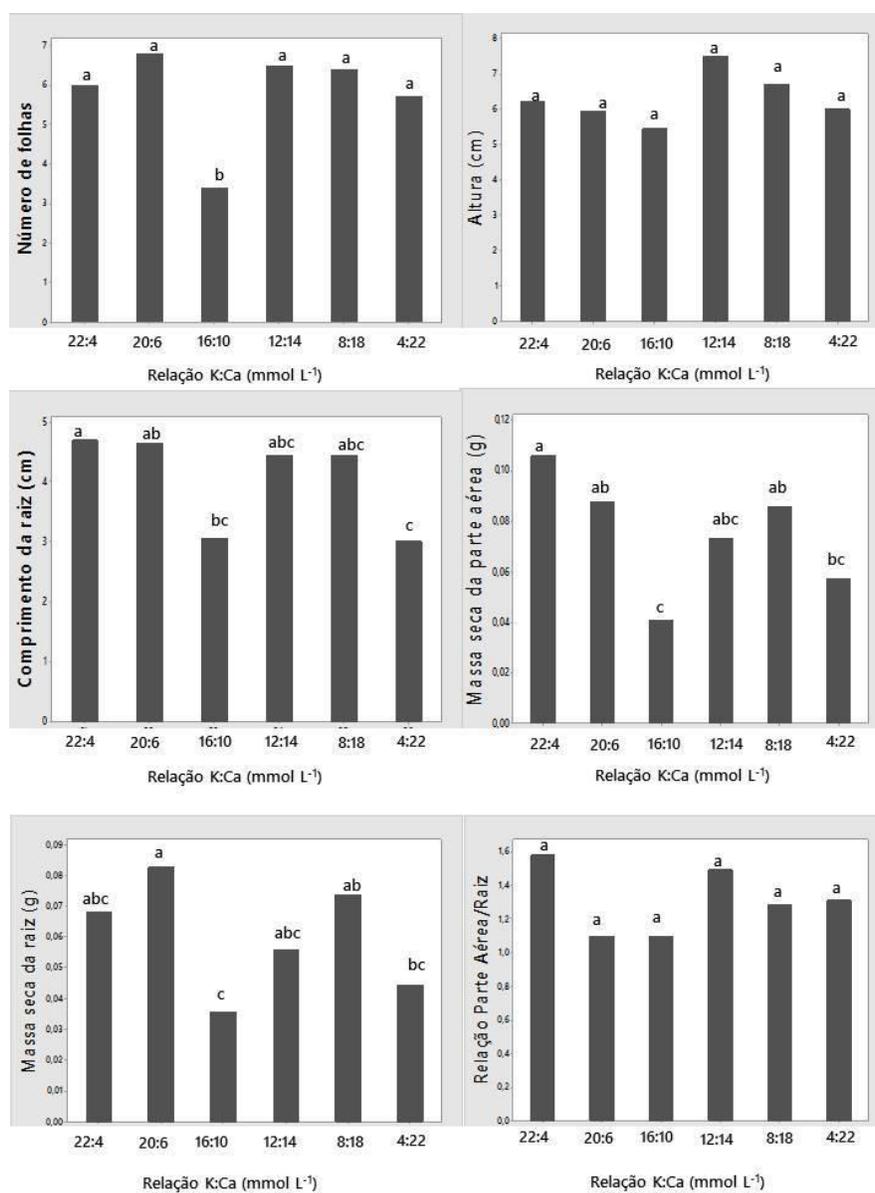


Figura 10 Variáveis de crescimento, produção de massa seca e relação parte aérea/raiz em plântulas de *Zingiber spectabile* com diferentes relações K:Ca (mmol L⁻¹)

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

As plântulas de *Zingiber spectabile* cultivadas sob a relação 22K:4Ca apresentaram maior comprimento de raiz, enquanto aquelas em meio com 4 mmol L⁻¹ de K e 22 mmol L⁻¹ de Ca tiveram queda nesta característica. Para a massa seca da parte aérea, as plântulas do tratamento 22K:4Ca foram superiores, ao passo que as plântulas do tratamento 16K:10Ca foram inferiores.

Como o K possui papel importante na regulação do potencial osmótico das células vegetais e ativação de várias enzimas, a sua deficiência acarreta primeiramente em redução do crescimento vegetal (FAQUIN, 2005, MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Apresentaram menor produção de massa seca de raiz às plântulas de *Zingiber spectabile* cultivadas no tratamento 20K:6Ca, enquanto a relação de 16K:10Ca resultou nas menores produções.

As plântulas de *Alpinia purpurata* com relação 16K:10Ca apresentaram visualmente maior crescimento da parte aérea e do sistema radicular (Figura 11).



Figura 11 Panorama geral de mudas de *Alpinia purpurata* sob diferentes relações K:Ca (mmol L^{-1}) aos 80 dias, na colheita

Fonte: Universidade Federal de Lavras (2015).

O número de folhas e massa seca da parte aérea não diferiu entre os tratamentos estudados para *Alpinia purpurata* (Figura 12). As variáveis que apresentaram diferença estatística foram altura e comprimento de raiz. As plântulas com proporção de 16K:10Ca apresentaram aumento nessas variáveis em comparação as plântulas dos outros tratamentos.

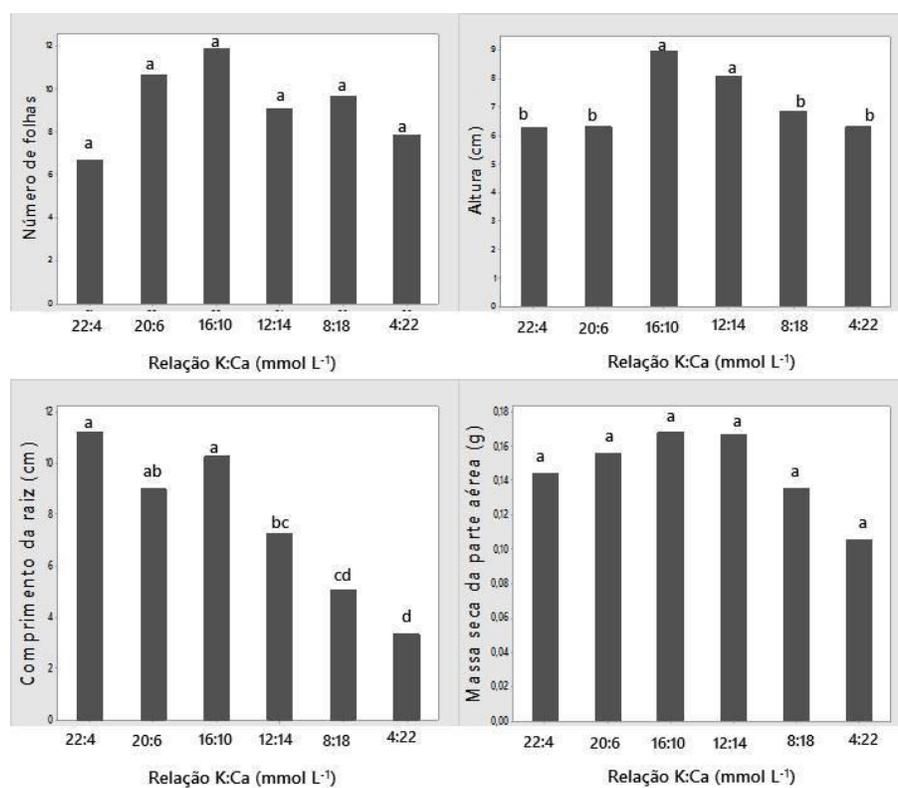


Figura 12 Variáveis de crescimento, produção de massa seca e relação parte aérea/raiz em plântulas de *Alpinia purpurata* com diferentes relações K:Ca (mmol L⁻¹)

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A literatura mostra que concentrações mais elevadas de K (25,6 mmol L⁻¹) propiciam melhor crescimento *in vitro* para algumas plantas ornamentais (FIGUEIREDO et al., 2008; SANTOS et al., 2008).

Sousa et al. (2004), avaliando diferentes relações de K, Ca e Na no crescimento inicial de açazeiro em solução nutritiva, concluíram que as plantas obtiveram melhores resultados quando foram cultivadas sob a

relação de 2K:4Ca (mmol L^{-1}) independente da presença do Na em solução. Normalmente a demanda de K pelas plântulas é muito superior a de Ca.

Os teores de P, K, Mg e S em plântulas de *Etilingera elatior*, teores de P e S de *Zingiber spectabile* e teores de Ca de *Alpinia purpurata* não foram influenciados pelas diferentes relações de K:Ca (Tabelas 4, 5 e 6).

Tabela 4 Teores nutricionais (g kg^{-1}) em plântulas de *Etilingera elatior* com diferentes relações K:Ca (mmol L^{-1})

Relação K:Ca	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg^{-1} -----				
22:4	2,76a	35,32a	5,25d	2,16a	0,52a
20:6	3,23a	36,15a	7,26c	2,36a	1,02a
16:10	3,18a	35,14a	9,04b	1,79a	0,76a
12:14	2,46a	35,46a	9,73b	2,09a	0,79a
8:18	2,66a	32,52a	12,43a	1,95a	0,96a
4:22	3,30a	34,08a	13,49a	1,91a	1,09a

Fonte: Universidade Federal de Lavras (2015).

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5 Teores nutricionais (g kg^{-1}) em plântulas de *Zingiber spectabile* com diferentes relações K:Ca (mmol L^{-1})

Relação	P	K	Ca	Mg	S
K:Ca	-----g.kg ⁻¹ -----				
22:4	3,1a	34,9b	4,4c	2,9a	0,6a
20:6	3,6a	35,0b	5,8c	2,7a	0,6a
16:10	2,7a	50,6a	8,0b	3,0a	0,4a
12:14	3,4a	26,3b	11,2ab	2,4ab	0,7a
8:18	3,2a	39,6b	14,6a	2,4ab	0,8a
4:22	3,3a	37,6b	10,3ab	1,9b	0,6a

Fonte: Universidade Federal de Lavras (2015).

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 6 Teores nutricionais (g kg^{-1}) em plântulas de *Alpinia purpurata* com diferentes relações K:Ca (mmol L^{-1})

Relação	P	K	Ca	Mg	S
K:Ca	-----g.kg ⁻¹ -----				
22:4	1,62b	25,20a	4,32a	2,98a	2,73b
20:6	3,15a	27,48a	5,67a	3,14a	2,83b
16:10	2,82a	24,12a	5,97a	2,26b	2,93b
12:14	3,01a	22,66a	4,78a	1,76b	3,17b
8:18	3,42a	23,56a	3,85a	1,70b	4,38a
4:22	2,76a	20,54b	5,05a	2,18b	4,84a

Fonte: Universidade Federal de Lavras (2015).

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

As plântulas de *Alpinia purpurata* do tratamento 22K:4Ca apresentaram os menores teores de P. Gunes, Alpaslan e Inal (1998), citam efeito sinérgico o K em plantas de tomate em relação ao P.

Houve aumento nos teores de K nas plântulas de *Zingiber spectabile* do tratamento 16K:10Ca. Para *Alpinia purpurata*, houve diminuição nos teores de K nas plantas do tratamento com menor concentração desse nutriente em solução de cultivo (4K:22Ca). Ressalta que, os teores de K em função das relações K:Ca, apresentaram comportamentos distintos nas três espécies avaliadas.

Os teores de Ca nas plântulas de *Etiligera elatior* e *Zingiber spectabile* variaram em função das concentrações desse nutriente no meio de cultivo, em que quanto maior a disponibilidade de Ca na solução, maior foi à absorção do mesmo pela plântula.

Para as plântulas de *Zingiber spectabile* e *Alpinia purpurata*, houve aumento nos teores de Mg nas plântulas dos tratamentos com menor concentração de Ca em solução de cultivo. A menor concentração de Ca em meio de cultivo favoreceu a absorção de Mg, provavelmente pela diminuição da inibição competitiva existente entre esses cátions (BERGMANN, 1992).

Em plântulas de *Alpinia purpurata*, houve aumento nos teores de S nos tratamentos 8K:18Ca e 4K:22Ca. O mesmo ocorreu com esta espécie para relação K:Mg, confirmando que a baixa concentração de K no meio de cultura favoreceu a absorção do S, porém essa interação não é citada na literatura.

Crescimento e teores nutricionais da parte aérea em plântulas de zingiberáceas sob diferentes relações Ca:Mg

As plântulas de *Zingiber spectabile* dos tratamentos com diferentes relações de Ca:Mg não apresentaram diferenças em relação ao controle para todas as variáveis de crescimento avaliadas (Figuras 13 e 14).



Figura 13 Panorama geral de plântulas de *Zingiber spectabile* sob diferentes relações Ca:Mg (mmol L^{-1}) aos 80 dias, na colheita

Fonte: Universidade Federal de Lavras (2015).

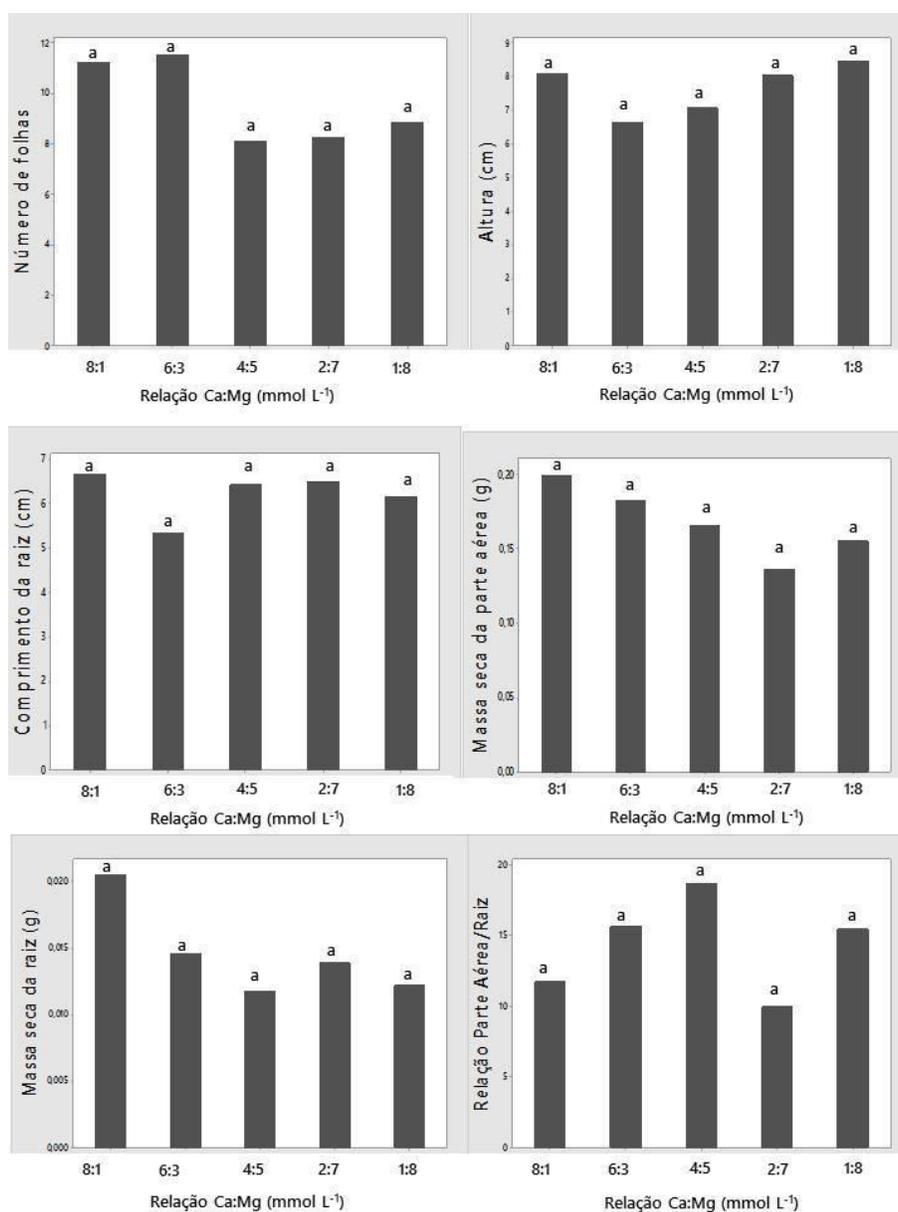


Figura 14 Variáveis de crescimento, produção de massa seca e relação parte aérea/raiz em plântulas de *Zingiber spectabile* com diferentes relações Ca:Mg (mmol L⁻¹)

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Analisando-se o número de folhas de *Alpinia purpurata*, as plântulas do tratamento 8Ca:1Mg e 6Ca:3Mg apresentaram aumento nessa característica (Figuras 15 e 16). Para a altura e comprimento radicular não foram observadas diferenças entre os tratamentos estudados. Em relação à massa seca da parte aérea, as plântulas do tratamento 6Ca:3Mg apresentaram os melhores resultados.



Figura 15 Panorama geral de mudas de *Alpinia purpurata* sob diferentes relações Ca:Mg (mmol L^{-1}) aos 80 dias, na colheita

Fonte: Universidade Federal de Lavras (2015).

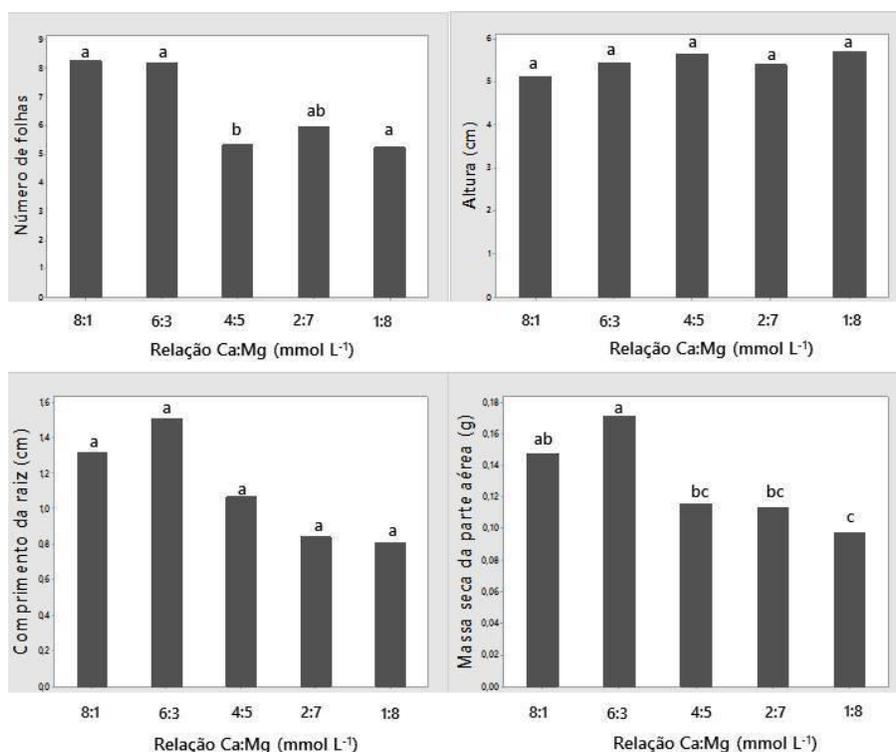


Figura 16 Variáveis de crescimento, produção de massa seca e relação parte aérea/raiz em plântulas de *Alpinia purpurata* com diferentes relações Ca:Mg (mmol L⁻¹)

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Veloso et al. (2001), avaliando diferentes proporções de Ca e Mg em função de doses de K em plântulas de milho, observaram que, na proporção de 50% de Ca e Mg cada e na dose de 100 mg dm⁻³ de K houve maior produção de massa seca da parte aérea, enquanto na proporção de 25% de Ca e 75% de Mg na dose de 100 mg dm⁻³ ocorreu maior crescimento de raiz. Esses dados mostram que a relação entre esses nutrientes varia de acordo com a espécie.

Salvador, Carvalho e Lucchesi (2011) avaliando diferentes proporções de Ca:Mg no crescimento inicial da soja, concluíram que, o melhor desempenho dessa cultura ocorreu quando a proporção estava 3:1. Para o presente estudo, o melhor desenvolvimento das plântulas de *Alpinia purpurata* ocorreu na relação 6Ca:3Mg, ou seja, na relação Ca:Mg de 2:1.

Não foram observadas diferenças significativas para os teores de P e S em plântulas de *Zingiber spectabile* e para os teores de P, K e S em plântulas de *Alpinia purpurata* (Tabelas 7 e 8).

Tabela 7 Teores nutricionais (g kg^{-1}) em plântulas de *Zingiber spectabile* com diferentes relações Ca:Mg (mmol L^{-1})

Relação Ca:Mg	P	K	Ca	Mg	S
	-----g.kg ⁻¹ -----				
8:1	4,3a	33,5a	5,4a	2,0b	2,8a
6:3	4,7a	23,5b	3,5b	2,4b	3,2a
4:5	3,6a	24,2b	2,7b	3,1b	3,6a
2:7	4,6a	24,2b	1,7bc	3,8ab	3,7a
1:8	4,1a	22,3b	1,2c	4,5a	4,0a

Fonte: Universidade Federal de Lavras (2015).

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 8 Teores nutricionais (g kg^{-1}) em plântulas de *Alpinia purpurata* com diferentes relações Ca: Mg (mmol L^{-1})

Relação Ca:Mg	P	K	Ca	Mg	S
	-----g.kg ⁻¹ -----				
8:1	2,76a	24,64a	2,25a	1,05b	3,45a
6:3	2,80a	25,28a	1,82a	1,42b	4,53a
4:5	2,81a	24,65a	1,08ab	1,67b	4,74a
2:7	2,81a	23,52a	0,65b	2,06a	5,46a
1:8	3,03a	26,06a	0,43b	2,27a	5,65a

Fonte: Universidade Federal de Lavras (2015).

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

As plântulas de *Zingiber spectabile* do tratamento 8Ca:1Mg apresentaram os maiores teores de K. Os baixos teores de Mg em meio de cultura favoreceu a absorção de K, diminuindo a inibição competitiva existente entre esses cátions (FONSECA; MEURER, 1997; PAIVA; SAMPAIO; ARTINEZ, 1998).

Para as duas espécies, houve aumento nos teores de Ca nas plântulas do tratamento com maior concentração desse elemento em solução de cultivo (8Ca:1Mg) apresentaram os maiores valores, sendo que o mesmo ocorreu para os teores de Mg.

4 CONCLUSÕES

É possível melhorar o crescimento das plantas de zingiberáceas na micropropagação, mudando-se as concentrações de K, Ca e Mg da formulação original de MS.

As concentrações de K de 22 mmol L⁻¹ para *Etilingera elatior* e *Zingiber spectabile* e de 16 mmol L⁻¹ para *Alpinia purpurata* são recomendadas.

As concentrações de Ca de 4 mmol L⁻¹ para *Etilingera elatior* e *Zingiber spectabile* e entre 8 a 10 mmol L⁻¹ para *Alpinia purpurata* são recomendadas.

Uma maior concentração de Mg para o cultivo *in vitro* de *Etilingera elatior* é necessário, com sugestão de futuros estudos para determinar a concentração exata. Para *Zingiber spectabile* e *Alpinia purpurata*, é recomendada a concentração de Mg de 3 mmol L⁻¹, a mesma recomendada pelo meio MS.

Potassium, calcium and magnesium in micropropagation of zingiberaceae ornamental plants

ABSTRACT

Considering increasing of species of Zingiberaceae family for floriculture and advantages of techniques applied for micropropagation of these plants, it is necessary to carry out studies about growth of species in these conditions. The aim of this study was to evaluate the development *in vitro* of species *Etlingera elatior*, *Zingiber spectabile* and *Alpinia purpurata* under different ratios of K, Ca and Mg. The treatments were based on MS medium with K: Mg ratios (mmol L^{-1}) of: 22K:1Mg, 20K:3Mg, 16K:7Mg, 12K:11Mg, 8K:15Mg 4K:19Mg; K:Ca ratios (mmol L^{-1}) of: 22K:4Ca, 20K:6Ca, 16K:10Ca, 12K:14Ca, 8K:16Ca and 4K:22Ca; and Ca: Mg ratios (mmol L^{-1}) of: 8Ca:1Mg, 6Ca:3Mg, 4Ca:5Mg, 2Ca:7Mg and 1Ca:8Mg, with five replications, and two seedlings per pot. Explants used were from rhizome, kept in a growth room at a temperature of $25 \pm 2^\circ\text{C}$ under irradiance $52\text{W m}^{-2} \text{s}^{-1}$ and a photoperiod of 16 hours. After 80 days, seedlings were harvest and measured about number of leaves, height and length of root. After, seedlings were separated in shoots and roots, dried and carried out chemical analysis of plant tissue. It is possible to improve growth of Zingiberaceae plants in micropropagation, changing concentrations of original formulation MS medium. For K are recommended concentrations of 22 mmol L^{-1} for *Etlingera elatior* and *Zingiber spectabile* and 16 mmol L^{-1} for *Alpinia purpurata*. For Ca are recommended concentrations of 4 mmol L^{-1} for *Etlingera elatior* and *Zingiber spectabile* and from 8 to 10 mmol L^{-1} for *Alpinia purpurata*. A higher concentration of Mg for *in vitro* cultivation *Etlingera elatior* is required. For *Zingiber spectabile* and *Alpinia purpurata* are recommended the proposed merger among MS original concentration of 3 mmol L^{-1} of this macronutrient.

Keywords: Tissue culture. Mineral nutrition. Ornamental plants.

REFERÊNCIAS

- BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants**. New York: Gustav Fischer Verlag, 1992. 741 p.
- CAKMAK, I.; YAZICI, A. M. Magnésio:um elemento esquecido na produção agrícola. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 132, p. 14-16, dez. 2010.
- DEBIASI, C.; FELTRIN, F.; MICHELUZZI, F. C. Micropropagação de gengibre (*Zingiber officinale*). **Revista Brasileira de Agrociência**, Londrina, v. 10, n. 1, p. 61-65, jan./mar. 2004.
- FAQUIN, V. **Nutrição de plantas**. Lavras: Editora da UFLA, 2005. 183 p.
- FONSECA, J. A.; MEURER, E. J. Inibição da absorção de magnésio pelo K em plântulas de milho em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 1, p. 47-50, 1997.
- DREW, M. C. Comparison of effects of a localized supply of phosphate, nitrate, ammonium and potassium on growth of seminal root system, and shoot, in barley. **New Phytologist**, Cambridge, v. 75, n. 3, p. 479-490, Nov. 1975.
- FAGERIA, V. D. Nutrient interactions in crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 24, n. 8, p. 1269-1290, 2001.
- FAQUIN, V. **Nutrição de plantas**. Lavras: Editora da UFLA, 2005. 183 p.
- FIGUEIREDO, M. A. et al. Fontes de K no crescimento *in vitro* de plântulas de orquídea *Cattleya loddigesii*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 255-257, abr./jun. 2008.
- FONSECA, J. A.; MEURER, E. J. Inibição da absorção de magnésio pelo potássio em plântulas de milho em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 47-50, 1997.

FURTINI NETO, A. E. et al. **Fertilidade do solo**. Lavras: Editora da FAEPE, 2001. 252 p.

FUZITANI, E. J.; NOMURA, E. S. Produção de mudas *in vitro*. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 10, n. 1-2, p. 14-17, 2004.

GUNES, A.; ALPASLAN, M.; INAL, A. Critical nutrient concentrations and antagonistic and synergistic relationships among the nutrients of NFT-grown young tomato plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 21, n. 10, p. 2035-2047, 1998.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. 2011: balanço do comércio exterior da floricultura brasileira. **Contexto e Perspectiva**, São Paulo, p. 1-5, mar. 2011. Disponível em:
<<http://www.ibraflor.com/publicacoes/vw.php?cod=160>>. Acesso em: 19 jan. 2015.

LAMB, A. et al. **A guideto gingers of Borneo**. Kota Kinabalu: Natural History Publications, 2013. 144 p.

LARSEN, K. et al. **Gingers of Peninsular Malaysia and Singapore**. Kota Kinabalu: Natural History Publications, 1999. 135 p.

LOGES, V. et al. Potencial de mercado de bastão do imperador e sorvetão. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 15-22, 2008.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plântulas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 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.

MINITAB 17 STATISTICAL SOFTWARE. [**Computer software**]. State College: Minitab, 2014.

MOREIRA, R. A. et al. Diferentes meios de cultura no crescimento *in vitro* de sorvetão. **Agraria**, Recife, v. 7, n. 3, p. 409-413, jul./set. 2012.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. Revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. **Physiologia Plântarum**, Copenhagen, v. 15, n. 2, p. 473-497, 1962.

ORLANDO FILHO, J. O. et al. Relações K, Ca e Mg de solo areia quartzosa e produtividade da cana-de-açúcar. **STAB: açúcar, álcool e subprodutos**, Piracicaba, v. 14, n. 5, p. 13-17, 1996.

PAIVA, E. A. S.; SAMPAIO, R. A.; MARTINEZ, H. E. P. Composition and quality of tomato fruit cultivated in nutrient solutions containing different calcium concentrations. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 21, n. 12, p. 2653-2661, 1998.

PAULA, Y. C. M. **Nutrição mineral na micropropagação da bananeira**. 2010. 57 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

ROSOLEM, C. A. Interação do potássio com outros íons. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Potafós, 2005. p. 239-260.

SALVADOR, J. T.; CARVALHO, T. C.; LUCCHESI, L. A. Relações cálcio e magnésio presentes no solo e teores foliares de macronutrientes. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 27-32, jan./mar. 2011.

SANTOS, F. C. et al. Influência de fontes de K na multiplicação *in vitro* de crisântemo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 6, p. 532-536, 2008.

SILVA, M. L. S.; TREVISAM, A. R. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 149, p. 10-16, mar. 2015.

SILVA, P. S et al. Crescimento e nutrição de mudas de pinhão manso influenciados pela substituição do potássio pelo sódio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 1, p. 194-199, jan./mar. 2014.

SMITH, F. W. The effect of sodium on potassium nutrition and ionic relations in Rhodes grass. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 25, p. 407-414, 1974.

SOUSA, H. U. et al. Nutrição de mudas de açazeiro sob relações cálcio:potássio:sódio em solução nutritiva. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 1, p. 56-62, jan./fev. 2004.

SOUZA, A da S.; CORDEIRO, Z. J. M.; TRINDADE, A. V. Produção de mudas. In: CORDEIRO, Z. J. M. (Org.). **Banana produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 39-46.

TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas: volume 1**. Brasília: Embrapa, 1998. 509 p.

VELOSO, C. A. C. et al. Relações cálcio, magnésio e K sobre a produção de massa seca de milho. **Acta Amazônica**, Belém, v. 31, n. 2, p. 193-204, 2001.

WAKEEL, A. et al. Potassium substitution by sodium in sugar beet (*Beta vulgaris*) nutrition on K-fixing soils. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Weinheim, v. 173, n. 1, p. 127-134, Feb. 2010.

ARTIGO 2 Potássio e sódio em plantas de *Zingiber spectabile*: crescimento e composição mineral

Viviane Amaral Toledo Coelho¹
Mozart Martins Ferreira²
Cleber Lázaro Rodas³
Maria Ligia de Souza Silva⁴
Ewerton Dilelis Ferreira⁵
Lorena Solar Silva Oliveira⁶

Artigo formatado de acordo com a NBR 6022 (ABNT, 2003), conforme orienta o manual de normalização da UFLA.

¹ Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, MG, Brasil. E-mail: vivianeatc@yahoo.com.br

² Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, MG, Brasil.

³ Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, MG, Brasil.

⁴ Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, MG, Brasil.

⁵ Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, MG, Brasil.

⁶ Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, MG, Brasil.

RESUMO

O Na é considerado um elemento benéfico para algumas espécies. Para plantas ornamentais tropicais não há informações na literatura referente à interação do Na com outros nutrientes, principalmente o K. Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi avaliar os sintomas de deficiência nutricionais, crescimento e composição mineral em plantas de *Zingiber spectabile* submetidas a relações K:Na, em solução nutritiva. Os tratamentos com diferentes relações K: Na (mmol L^{-1}) foram: 6K:0Na, 5K:1Na, 4K:2Na, 3K:3Na, 2K:4Na, 1K:5Na e 0K:6Na. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições, sendo a parcela experimental composta por uma planta por vaso. Após 180 dias, as plantas foram colhidas, sendo os índices biométricos e massas secas das diferentes partes das plantas avaliadas, e posteriormente realizada a análise química dos tecidos vegetais. O Na é um elemento benéfico para o crescimento inicial de *Zingiber spectabile*. O Na substitui em parte o K no cultivo inicial de *Zingiber spectabile* em solução nutritiva.

Palavras-chave: Gengibre ornamental. Nutrientes. Plantas ornamentais tropicais.

1 INTRODUÇÃO

As plantas ornamentais tropicais possuem características que as favorecem e as diferenciam das demais plantas ornamentais como inflorescência de formas peculiares, coloração vibrante e longevidade pós-colheita (LAMAS, 2004).

O *Zingiber spectabile* Griff., também conhecido como gengibre ornamental, pertence à família Zingiberaceae. É uma planta ornamental tropical, nativa da Ásia, mais precisamente da região malaia (LAMB et al., 2013; LARSEN; LARSEN, 2006). Esta espécie apresenta inflorescências com brácteas amarelas até a coloração róseo-avermelhada (LAMB et al. 2013; LARSEN et al., 1999). As inflorescências dessa espécie têm se mostrado muito resistentes ao manuseio e sua durabilidade é bem grande, além da produtividade excepcional, que pode chegar a 100 inflorescências/ano/touceira (BEZERRA; LOGES, 2005).

Quanto às informações a respeito de adubação e nutrição de plantas ornamentais tropicais, ainda existem grande lacunas a serem elucidadas, portanto trabalhos que tenham enfoque no equilíbrio nutricional dessas espécies são de suma importância para a floricultura. A relação entre os nutrientes e os mesmos com outros elementos dentro da planta, como é o caso da relação entre K e Na já estudada em outras espécies, tem grande relevância para a literatura referente às espécies ornamentais tropicais.

O Na é considerado um elemento benéfico para algumas espécies, pois sua presença pode contribuir para o crescimento vegetal, para maior produção ou para resistência a condições desfavoráveis, no entanto a

planta completa seu ciclo de vida sem esse elemento (MALAVOLTA, 2006). O papel desse elemento no metabolismo vegetal ainda é ponto de discussão (REUTER; ROBINSON, 1986). Em algumas espécies o Na pode substituir algumas funções de K, como *Chloris gayana*, em que os teores críticos de K diminuíram de 2,1 para 0,4% com adição de Na no meio (SMITH, 1974).

Para plantas ornamentais tropicais não há informações na literatura referente à interação do Na com outros nutrientes, principalmente o K. Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi de avaliar os sintomas de deficiência, crescimento e composição mineral em plantas de *Zingiber spectabile* submetidas a relações K:Na, em solução nutritiva.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, Brasil. A condução do experimento teve a duração de 180 dias, entre os meses de abril a outubro de 2012.

As mudas de *Zingiber spectabile* foram provenientes de cultura de tecidos, e cedidas pela Unidade da Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (EMBRAPA), localizada em Fortaleza, Ceará. Quando as plantas atingiram aproximadamente 10 cm em condições *in vitro*, as mesmas foram colocadas em adaptação à solução nutritiva em casa de vegetação, com solução de Hoagland e Arnon (1950) com 10% de sua força iônica. Durante o período de adaptação, a força iônica da solução nutritiva foi aumentada gradativamente até atingir 100%. As soluções foram renovadas quinzenalmente.

Após o período de adaptação (30 dias), as plantas foram individualizadas em vasos com capacidade para oito litros e então estabelecidos os tratamentos. Os vasos foram pintados, em sua superfície externa, com tinta alumínio e foi colocada uma tampa de isopor com pequeno orifício no centro, para a fixação da planta.

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições e sete tratamentos, sendo os mesmos adaptações da solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) com diferentes relações K e Na, em mmol L⁻¹, 6K:0Na (controle), 5K:1Na, 4K:2Na, 3K:3Na, 2K:4Na, 1K:5Na e 0K:6K.

As soluções estoque dos nutrientes foram preparadas com reagentes p.a. e água destilada. As soluções nutritivas foram preparadas com água deionizada e durante o intervalo de renovação das soluções, o volume dos vasos foi completado, sempre que necessário, utilizando-se água deionizada.

Durante todo o experimento, o desenvolvimento das plantas foi caracterizado visualmente e os sintomas característicos de deficiência de K fotografados. Após 180 dias, por ocasião da colheita, as plantas foram avaliadas quanto à altura, ao diâmetro das hastes, ao número de folhas emitidas por haste e número de hastes.

O material vegetal foi colhido, lavado em água destilada, separado em parte aérea, rizoma e raiz e acondicionado em saco de papel e colocado em estufa com circulação forçada de ar, a 65-70°C, até massa constante. Após a secagem, o material foi moído em moinho tipo Wiley, passado em peneiras de malha 1,0mm (20 mesh) e armazenado em frascos de vidro para posterior determinação dos teores de macro e micronutrientes.

Segundo metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn e Na.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias avaliadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa computacional Minitab 17 (MINITAB 17 STATISTICAL SOFTWARE, 2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Sintomas de deficiência de K

As plantas dos tratamentos 1K:5Na e 0K:6Na apresentaram sintomas característicos de deficiência de K aproximadamente após 51 dias de estabelecidos os tratamentos. Os primeiros sintomas foram redução no crescimento das plantas tanto da parte aérea quanto do sistema radicular (Figuras 1 e 2). Com a evolução dos sintomas, as folhas mais velhas das plantas desses tratamentos, apresentaram, apresentaram clorose com posterior necrose na sua extremidade, que se prolongava até aproximadamente um terço do limbo foliar (Figura 3). Sintomas semelhantes de deficiência de K foram descritos por Coelho et al. (2012), estudando deficiências nutricionais nesta mesma espécie.



Figura 1 Aspecto geral das plantas de *Zingiber spectabile*: parte aérea (A) e do sistema radicular (B) da planta do tratamento 6K:0Na (esquerda) comparada com planta do tratamento 0K:6Na (direita) aos 120 dias

Fonte: Universidade Federal de Lavras (2015).



Figura 2 Aspecto geral das plantas de *Zingiber spectabile*: parte aérea (A) e do sistema radicular (B) da planta do tratamento 6K:0Na (esquerda) comparada com planta do tratamento 1K:5Na (direita) aos 120 dias

Fonte: Universidade Federal de Lavras (2015).

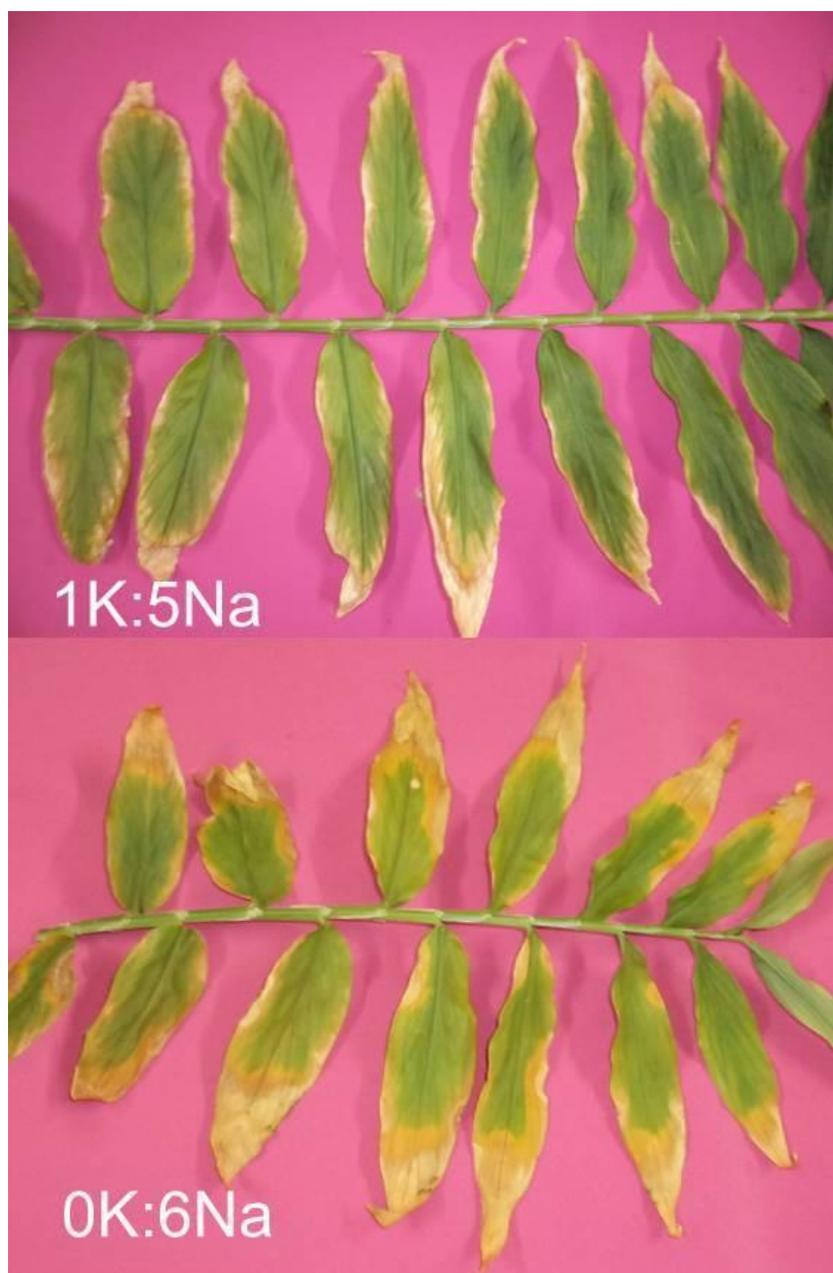


Figura 3 Sintomas visuais de deficiência de K em *Zingiber spectabile*: detalhe da haste sintomática nos tratamentos 1K:5Na e 0K:6Na aos 180 dias, na colheita

Fonte: Universidade Federal de Lavras (2015).

Ressalta-se que, os sintomas observados foram mais severos nas plantas com omissão total de K em comparação às plantas do tratamento em que foi fornecido 1mmol L^{-1} do nutriente. As plantas de outros tratamentos como 2K:4Na e 3K:3Na, mesmo com baixo suprimento de K, não apresentaram sintomas de deficiência (Figura 4), reforçando a hipótese de que o Na substituiu parte do K nessas plantas.

Acredita-se que elementos semelhantes, tais como Na e K podem substituir um ao outro, em certas funções metabólicas inespecíficas. Assim, um elemento pode estar envolvido numa atividade vital e o mesmo não seria considerado um nutriente. Além disso, esses elementos benéficos reduzem o nível crítico de um elemento essencial (SUBBARAO et al., 2003; WAKEEL et al., 2010).

Ivahupa et al. (2006) estudando plantas de batata doce e taioba, verificaram que, a presença de Na em solução nutritiva diminuiu o nível crítico de K dessas espécies, no caso da batata doce de 4,8 para 2,5% e para taioba de 25, para 1,2%.



Figura 4 Aspecto geral das plantas de *Zingiber spectabile*: parte aérea e sistema radicular das plantas dos tratamentos 6K:0Na, 3K:3Na e 2K:4Na aos 180 dias, na colheita

Fonte: Universidade Federal de Lavras (2015).

As raízes das plantas sob omissão de K foram menos desenvolvidas em comparação ao tratamento 6K:0Na (Figura 1). Sintomas semelhantes foram observados por Naiff (2007) em plantas de *Alpinia purpurata*, submetidas a deficiências nutricionais. Com exceção das raízes das plantas com maiores teores de K em solução nutritiva (6K:0Na e 5K:1Na), todos os outros tratamentos apresentaram coloração mais escura (Figuras 1 e 4).

O primeiro sintoma característico da deficiência de K além da redução no crescimento vegetal é a clorose marginal, que evolui para uma necrose, ocorrendo nas folhas mais velhas devido à mobilidade desse elemento no tecido vegetal (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Esses sintomas ocorrem devido às mudanças químicas nas plantas deficientes de K, como aumento no teor de putrescina, no conteúdo de ácidos orgânicos e menor teor de açúcar e amido nos órgãos de reserva (HAWKES FORD et al., 2011; MALAVOLTA, 2006).

3.2 Crescimento das plantas de *Zingiber spectabile*

A omissão de K acarretou em redução de todas as variáveis de crescimento avaliadas (Figura 5). Para número de folhas e número de hastes, as plantas do tratamento 4K:2Na apresentaram aumento dessas variáveis, enquanto para diâmetro da haste principal, o aumento ocorreu nas plantas dos tratamentos 5K:1Na e 3K:3Na.

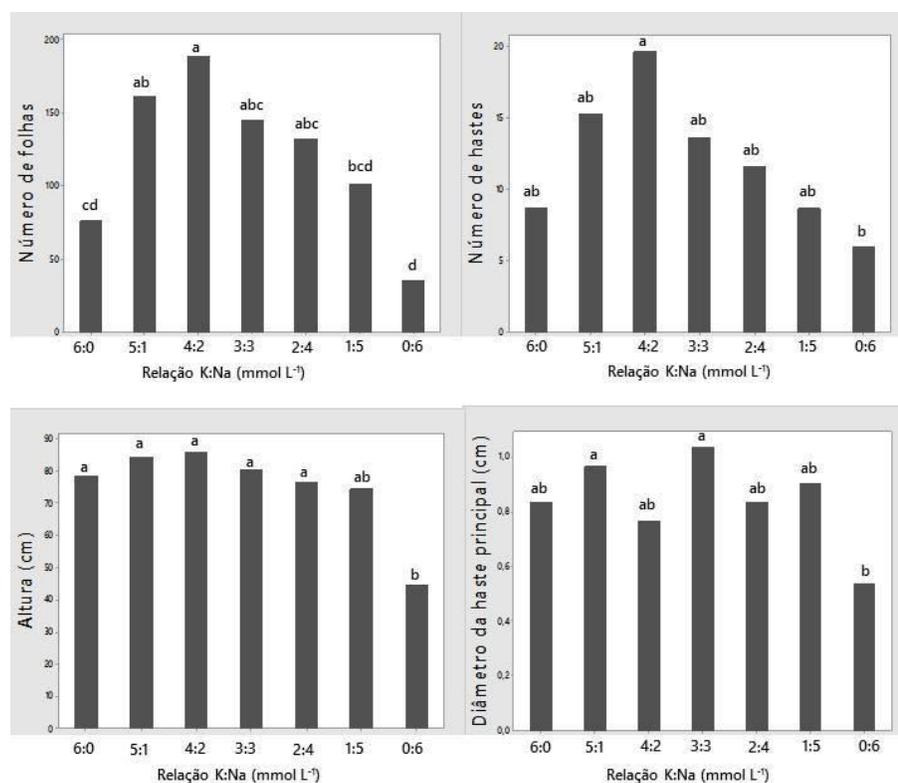


Figura 5 Variáveis de crescimento em plantas de *Zingiber spectabile* sob relações K:Na (mmol L⁻¹), em solução nutritiva

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Houve diminuição na produção de massa seca de todas as partes da planta e total nas plantas com omissão de K (Figura 6). A produção de massa seca da parte aérea aumentou nas plantas dos tratamentos 5K:1Na e 3K:3Na, enquanto esse aumento na massa seca do rizoma ocorreu nas plantas do tratamento 4K:2Na. Para massa seca da raiz, as plantas dos tratamentos 5K:1Na, 3K:3Na e 1K:5Na apresentaram os maiores

incrementos. Não houve diferença entre as diferentes relações K:Na na avaliação da relação PA/Raiz.

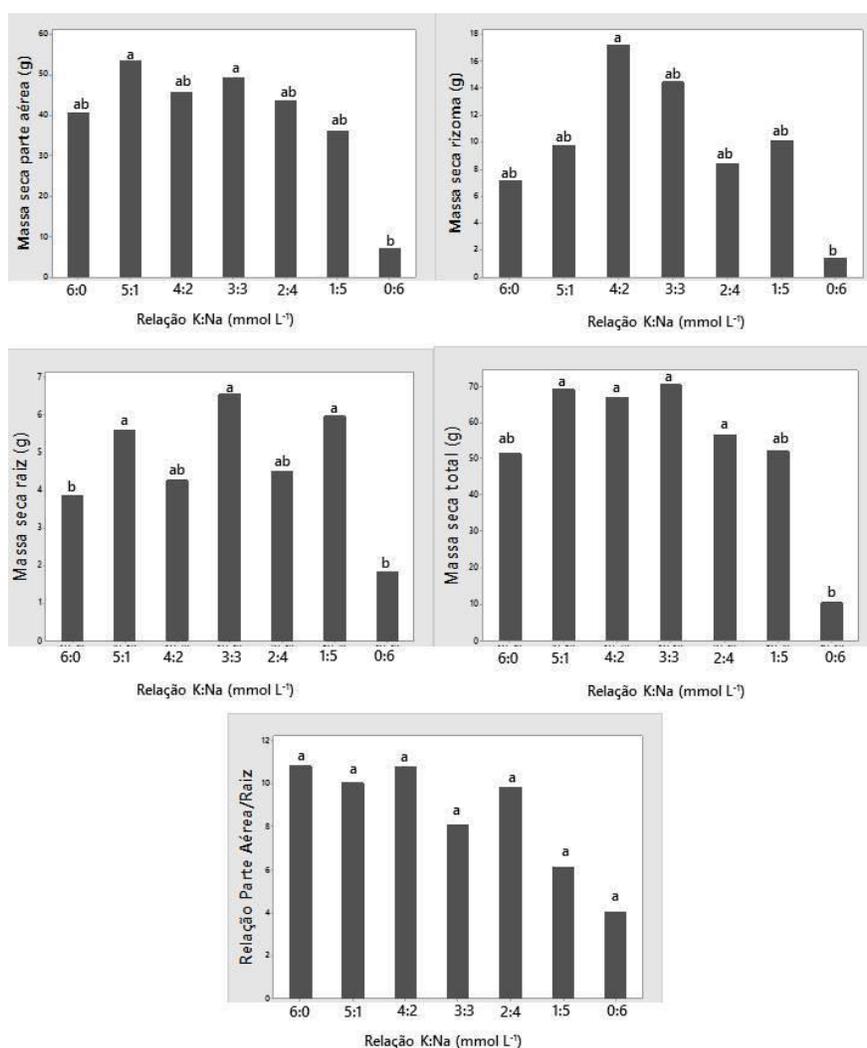


Figura 6 Produção de massa seca e relação parte aérea/raiz em plantas de *Zingiber spectabile* sob relações K:Na (mmol L⁻¹), em solução nutritiva

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O K possui papel importante na regulação do potencial osmótico das células vegetais e ativação de aproximadamente 50 enzimas. Devido a esse fato, a sua deficiência acarreta, primeiramente, em redução do crescimento vegetal (HAWKESFORD et al., 2011).

Há trabalhos que reportam o crescimento de diferentes espécies em função de K e Na. Baliza et al. (2010), avaliando plantas de café, concluíram que até 25% da substituição de K pelo Na não afetou o crescimento.

3.3 Teores de nutrientes nas diferentes partes da planta de *Zingiber spectabile*

Os teores de N na parte aérea não apresentaram diferenças (Tabela 1). Para esse mesmo nutriente, as plantas do tratamento com omissão de K os teores no rizoma apresentaram aumento, enquanto na raiz houve diminuição nos teores de N. Como o N é um nutriente de alta mobilidade no tecido vegetal, explica-se o fato que em deficiência de K a planta mobilizou o nutriente para as outras partes do tecido vegetal (BERGMANN, 1992).

Tabela 1 Teores nutricionais na parte aérea, rizoma e raiz em plantas de *Zingiber spectabile* sob relações K:Na (mmol L⁻¹), em solução nutritiva

Tratamento K:Na	Teores Nutricionais na Parte aérea										
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g.kg ⁻¹						mg.kg ⁻¹				
6:0	28,7a	5,3abc	37,0a	11,7b	3,9b	2,0ab	35,4c	7,0a	321,1a	651,6b	70,4ab
5:1	27,8a	4,8bc	31,3ab	12,8b	4,1b	1,8b	54,1bc	6,0ab	279,6a	548,7b	50,3b
4:2	28,9a	4,4bc	32,6ab	12,1b	3,3b	1,8b	56,3bc	6,1ab	286,6a	637,6b	63,9ab
3:3	28,7a	4,3c	28,6abc	12,7b	5,4b	1,8b	46,1c	5,1b	225,9a	420,5b	47,6b
2:4	26,8a	4,6bc	25,5bc	14,0ab	5,3b	1,8b	54,1bc	4,9b	301,2a	657,2b	59,0ab
1:5	30,6a	5,5ab	20,9cd	18,9a	7,7b	2,1ab	71,8ab	6,5ab	292,4a	779,4ab	67,9ab
0:6	28,6a	6,3a	11,4d	18,7a	18,3a	2,6a	86,1a	7,7a	227,7a	1355,2a	96,2a
Teores Nutricionais no Rizoma											
6:0	24,4ab	7,1ab	39,1a	4,1a	3,8c	2,5a	12,7d	9,6b	456,7a	338,4b	80,2bc
5:1	24,9b	7,5ab	35,9ab	8,9a	4,1c	2,1b	17,2bcd	9,0b	462,9a	290,7b	53,2bc
4:2	23,9b	7,1ab	38,9a	6,4a	5,1bc	2,5a	14,2cd	8,5b	574,8a	230,9b	46,9c
3:3	24,5ab	6,7ab	32,4abc	3,8a	5,7bc	1,7bc	13,0d	8,3b	246,1a	281,8b	80,9bc
2:4	23,5b	6,2b	27,6bc	5,3a	6,2bc	1,6c	22,7ab	6,9b	207,6a	280,4b	71,7bc
1:5	23,8ab	7,0ab	25,3c	4,3a	9,0b	1,7bc	20,6bc	9,8ab	410,7a	388,7b	99,9b
0:6	27,1a	8,1a	9,2d	3,0a	14,8a	2,7a	28,8a	12,9a	495,9a	957,5a	363,4a

“Tabela 1, conclusão”

Tratamento K:Na	Teores Nutricionais na Parte aérea										
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g.kg ⁻¹						mg.kg ⁻¹				
	Teores Nutricionais na Raiz										
6:0	20,9bc	8,4a	19,9a	12,8ab	7,1ab	4,8ab	25,6a	53,4a	4908,5b	420,0a	48,1a
5:1	21,8abc	10,0a	20,3a	14,5a	6,4b	4,2b	29,5a	52,1a	7225,7b	437,1a	47,6a
4:2	23,0ab	9,7a	21,9a	14,6a	5,9b	4,6ab	32,7a	64,1a	7038,9b	509,7a	55,6a
3:3	24,9a	7,6a	17,3ab	8,0abc	8,6ab	4,1b	34,9a	58,3a	3714,3b	308,3a	39,1a
2:4	23,3ab	9,9a	17,4ab	9,9abc	8,8ab	4,1b	31,8a	51,8a	7177,4b	471,2a	43,3a
1:5	21,8abc	5,6a	19,1a	6,2bc	13,2a	6,3a	33,3a	82,4a	3543,0b	405,5a	52,1a
0:6	18,6c	8,1a	7,5c	4,9c	9,5ab	5,7ab	29,7a	63,3a	13152,6a	365,9a	41,1a

Fonte: Universidade Federal de Lavras (2015).

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey 5% de probabilidade.

Os maiores teores de P na parte aérea e rizoma ocorreram nas plantas dos tratamentos 0K:6Na, enquanto para as raízes não houve diferença para os teores desse nutriente. A menor produção de matéria seca da parte aérea e rizoma pelas plantas cultivadas sob omissão de K resultou em efeito de concentração de P nessas partes das plantas.

O aumento nos teores de K na parte aérea e rizoma, ocorreu nas plantas do tratamento 6K:0Na, enquanto na raiz ocorreu nas plantas dos tratamentos 6K:0Na, 5K:1Na e 4K:2Na. A primeira condição para que o íon seja absorvido é que o mesmo esteja na forma disponível e em contato com a superfície da raiz. Quanto menor a concentração desse íon em meio de cultivo, menor será a absorção do mesmo pelo vegetal (FAQUIN, 2005).

Em relação aos teores de Ca, na parte aérea houve aumento nos teores desse macronutriente com a diminuição de K em solução de cultivo (0K:6Na e 1K:5Na). Nas plantas do tratamento 0K:6Na houve efeito de concentração de Ca, pois houve baixa produção de matéria seca. Em contrapartida, os teores de Ca nas raízes reduziram com a diminuição dos teores de K em solução nutritiva.

A diminuição na absorção de Ca com o aumento das concentrações de K pode ser relacionada com a competição entre K e Ca devido às propriedades fisiológicas desses íons (FAGERIA, 2001). Segundo Jones Junior, Wolf e Mills (1991) o excesso de K reduz a absorção de Ca, pois o K é preferencialmente absorvido e transportado na planta em relação ao Ca.

Houve aumento nos teores de Mg na parte aérea e rizoma, quando se omitiu o K da solução nutritiva. Ressalta-se que, os teores de Mg

encontrados nas plantas do tratamento 0K:6Na foram cerca de quatro vezes maior, do que aqueles encontrados nas plantas do tratamento 6K:0Na.

O incremento da concentração de K na solução nutritiva, apresenta efeito depressivo na absorção de Mg (FONSECA; MEURER, 1997). Spear, Edwards e Asher (1978), estudando plantas de mandioca, girassol e milho, constataram que, o aumento de Mg em solução nutritiva acarretou em redução nos teores de K no tecido vegetal em todas as espécies citadas.

Os teores de S encontrados na parte aérea de *Zingiber spectabile* foram maiores nas plantas com omissão de K. No rizoma, os teores de S foram altos nas plantas dos tratamentos 0K:6Na e 6K:0Na, enquanto na raiz os altos teores desse nutriente ocorreram nas plantas do tratamento 1K:5Na.

Analisando-se os teores de B na parte aérea e no rizoma, a omissão de K acarretou no aumento dos teores desse micronutriente no tecido vegetal (Figuras 10 e 11). Em relação ao teor de B da raiz, os diferentes tratamentos não diferiram (Figura 12). A interação antagônica de K x B é citada por Fageria (2001), porém os mecanismos como ocorrem ainda permanecem em discussão.

Coelho (2011), trabalhando com deficiências nutricionais em *Zingiber spectabile*, constatou que, os maiores teores de B na parte aérea ocorreram nas plantas deficientes em K.

Os maiores teores de Cu na parte aérea ocorreram nas plantas dos tratamentos 0K:6Na e 6K:0Na e no rizoma ocorreram nas plantas dos tratamentos com omissão de K. Nas plantas com omissão de K,

provavelmente ocorreu efeito de concentração de Cu, devido ao baixo aporte de massa seca. Para os teores desse micronutriente na raiz, não houve diferença entre as plantas dos tratamentos estudados.

O antagonismo existente entre K x Cu é citado na literatura (KABATA-PENDIAS, 2011). Além disso, segundo Epstein e Bloom (2004), o teor de cátions no tecido vegetal depende da presença do próprio cátion e de outros cátions no meio de cultivo, no qual geralmente a presença de um inibe a absorção de outro.

Somente nas raízes houve diferença para os teores de Fe, em que ocorreu incremento nas plantas com omissão do K. Os altos teores de Fe encontrados nas raízes, explica-se pela baixa mobilidade desse íon no tecido vegetal (DECHEN; NACHTIGALL, 2006). Além disso, a interação existente entre os mesmos é citada por Kabata-Pendias (2011) e por Van Brunt e Sultenfuss (1998) em que, a presença de um desses íons em altas concentrações pode afetar a absorção de outro.

A omissão de K da solução de cultivo acarretou em aumento nos teores de Mn e Zn na parte aérea e rizoma dessas plantas. Para as raízes, não houve diferença nos teores desses micronutrientes.

A interação antagônica K X Mn é citada por Kabata-Pendias (2011). Porém relação de sinergismo K x Zn é citada por Fageria (2001), o que não foi encontrado no presente trabalho.

4 CONCLUSÕES

O Na é um elemento benéfico para o crescimento inicial de *Zingiber spectabile*.

O Na substitui em parte o K no cultivo inicial de *Zingiber spectabile* em solução nutritiva.

Potassium and sodium in *Zingiber spectabile* plants: growth and mineral composition

ABSTRACT

For tropical ornamental plants there is no information in the literature regarding the interaction of Na with other nutrients, especially K. The aim of this study was to evaluate the nutritional deficiency symptoms, growth and mineral composition in *Zingiber spectabile* plants under ratios of K: Na, in nutrient solution. Treatments with different ratios of K: Na (mmol L⁻¹) were: 6K: 0Na, 5K:1Na, 4K:2Na, 3K:3Na, 2K:4Na, 1K:5Na and 0K: 6Na. The experimental design was used a randomized block design with four replications, and the experimental plot was composed by one plant per pot. After 180 days, the plants were harvested, and the biometric indexes and dry weights were measured. Thereafter performed chemical analysis of plant tissues. Na is a beneficial element for the initial growth of *Zingiber spectabile*. Na partly replaces the K in the initial cultivation of *Zingiber spectabile* in culture solution.

Keywords: Ornamental ginger. Nutrients. Tropical ornamental plants.

REFERÊNCIAS

- BALIZA, D. P. et al. Crescimento e nutrição de mudas de cafeeiro influenciadas pela substituição do K pelo sódio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 15, n. 3, p. 272-282, set./dez. 2010.
- BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants**. New York: Gustav Fischer Verlag, 1992. 741 p.
- BEZERRA, F. C.; LOGES, V. Zingiberaceae. In: TERAPO, D.; CARVALHO, A. C. P. P. de; BARROSO, T. C. da S. F. (Ed.). **Flores tropicais**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 102-127.
- COELHO, V. A. T. **Crescimento e nutrição mineral do gengibre ornamental (*Zingiber spectabile*) sob omissão de nutrientes**. 2011. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.
- COELHO, V. A. T. et al. Caracterização de sintomas visuais de deficiências de macronutrientes e boro em plantas de gengibre ornamental. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 47-55, 2012.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, 2006. p. 327-354.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Mineral nutrition of plants**. Sunderland: Sinauer Associates, 2004. 403 p.
- FAGERIA, V. D. Nutrient interactions in crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 24, n. 8, p. 1269-1290, 2001.
- FAQUIN, V. **Nutrição de plantas**. Lavras: Editora da UFLA, 2005. 183 p.

FONSECA, J. A.; MEURER, E. J. Inibição da absorção de magnésio pelo potássio em plântulas de milho em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 47-50, 1997.

HAWKESFORD, M. et al. Functions of macro nutrients. In: MARSCHNER, P. (Ed). **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Academic Press, 2011. p. 135-189.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. L. **The water culture methods for growing plants without soil**. California Agriculture Experiment Station, 1950. 32 p. (Bulletin, 347).

IVAHUPA, S. R. et al. Effects of sodium on potassium nutrition in three tropical root crop species. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 29, n. 6, p. 1095-1108, 2006.

JONES JÚNIOR, J. B.; WOLF, B.; MILLS, H. A. **Plant analysis handbook**. Athens: Micro-Macro, 1991. 213 p.

KABATA-PENDIAS, A. **Trace elements in soil and plants**. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 2011. 413 p.

LAMAS, A. M. **Flores: produção, pós-colheita e mercado**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2004. 109 p. Disponível em: <<http://www.unitins.br/ates/arquivos/Agricultura/Plantas%20Ornamentais/Flores%20-%20Produ%C3%A7%C3%A3o%20e%20Mercado.pdf>>. Acesso em: 30 dez. 2014.

LAMB, A. et al. **A guideto gingers of Borneo**. Kota Kinabalu: Natural History Publications, 2013. 144 p.

LARSEN, K. et al. **Gingers of Peninsular Malaysia and Singapore**. Kota Kinabalu: Natural History Publications, 1999. 135 p.

LARSEN, K.; LARSEN, S. S. **Ginger of Thailand**. Chiang Mai: Queen Sirikit Botanic Garden, 2006. 184 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 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.

MINITAB 17 STATISTICAL SOFTWARE. [Computer software]. State College: Minitab, 2014.

NAIFF, A. P. M. **Crescimento, composição mineral e sintomas visuais de deficiências de macronutrientes em plantas de *Alpinia purpurata* Cv. Jungle King**. 2007. 77 p. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2007.

REUTER, D. J.; ROBINSON J. B. **Plant analysis: an interpretation manual**. Melbourne: Inkata Press, 1986. 218 p.

SMITH, F. W. The effect of sodium on potassium nutrition and ionic relations in Rhodes grass. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 25, p. 407-414, 1974.

SPEAR, S. N.; EDWARDS, D. G.; ASHER, C. J. Response of cassava, sunflower, and maize to potassium concentration in solution. III. Interactions between potassium, calcium and magnesium. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 1, p. 375-389, 1978.

SUBBARAO, G. V. et al. Sodium: a functional plant nutrient. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Nagoya City, v. 22, n. 5, p. 391-416, 2003.

VAN BRUNT, J. M.; SULTENFUSS, J. H. Potassium interactions with other nutrients. **Better Crops**, Atlanta, v. 82, n. 3, p. 12-13, 1998.

WAKEEL, A. et al. Potassium substitution by sodium in sugar beet (*Beta vulgaris*) nutrition on K-fixing soils. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Weinheim, v. 173, n. 1, p. 127-134, Feb. 2010.

ANEXO

ANEXO A - Resultados parciais do doutorado sanduíche

Os resultados parciais apresentados a seguir são referentes ao Doutorado Sanduíche, realizado na The University of Queensland, localizada na cidade de Brisbane, Queensland, Austrália. Os experimentos foram realizados no período de outubro de 2013 a agosto de 2014. A espécie utilizada para os experimentos foi *Alpinia caerulea*, uma zingiberácea nativa da Austrália, muito utilizada no paisagismo local.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos para determinar a resposta de *Alpinia caerulea* (R. Br) Betham submetidos a concentrações de N e K, em solução nutritiva. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação na The University of Queensland, St Lucia, Queensland. As mudas de *Alpinia caerulea* foram obtidas a partir de uma fazenda local (Towen Mount Tropicals Farm, Nambour, Queensland, Australia).

Um teste preliminar foi realizado para determinar o crescimento padrão de *Alpinia caerulea*. Um total de 48 recipientes (20 l) foi disposto em delineamento em blocos casualizados com um total de 12 tratamentos (seis para cada nutriente), com quatro repetições (Figuras 1 e 2). As concentrações de N (N0-N6) foram 0; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 vezes o nível adequado (3%). Os níveis de K (K0-K6) foram 0; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 vezes o nível adequado (2%).



Figura 1 Panorama geral de plantas de *Alpinia caerulea* sob diferentes concentrações de N e K aos 20 dias

Fonte: Universidade Federal de Lavras (2015)



Figura 2 Panorama geral de plantas de *Alpinia caerulea* sob diferentes concentrações de N e K aos 20 dias

Fonte: Universidade Federal de Lavras (2015)

As plantas foram cultivadas em solução de cultivo diluída. Em cada recipiente foi colocado uma solução basal contendo os seguintes elementos (uM) com base em Wheeler, Power e Edmeades (1993): 450 de NO_3^- ; 150 de NH_4^+ ; 300 de K; 500 de Ca; 600 de S; 100 de Mg; 2,5 de P; 3 de B; 2,5 de Fe; 0,5 de Mn; 0,5 de Zn e 0,1 de Cu. Os recipientes receberam aeração 24 horas antes de instalar plantas e a mesma se manteve durante os 35 dias subsequentes do experimento.

As soluções estoques com os níveis de N e K foram adicionadas duas vezes por semana e as necessidades nutricionais foram calculadas utilizando o programa NUTRADD (ASHER; BLAMEY, 1987). As plantas foram inseridas em um copo de poliestireno com as raízes através de um furo antes da colocação em solução nutritiva. Duas plantas foram colocadas em cada recipiente, sendo então a parcela experimental.

Durante todo o experimento, o desenvolvimento das plantas foi caracterizado visualmente e os sintomas característicos de deficiência de N e K descritos e fotografados. Após o período experimental, as plantas foram colhidas e a altura, diâmetro do caule e comprimento de raízes foram medidos. As plantas foram separadas em parte aérea e raízes e secas a 70°C e, em seguida, foram pesadas para determinação da massa seca. Após, as plantas foram moídas e as análises químicas do tecido vegetal ainda serão realizadas analisadas.

Os dados obtidos serão submetidos à análise de variância. As análises de regressão e os gráficos serão realizados com o auxílio do software Minitab 17 (MINITAB 17 STATISTICAL SOFTWARE, 2014).

RESULTADOS PARCIAIS

Serão apresentados como resultados parciais sintomas visuais de

deficiência de N e K da espécie *Alpinia caerulea*. O panorama geral das plantas sob diferentes concentrações de K são apresentados na figura 3.



Figura 3 Panorama geral de plantas de *Alpinia caerulea* sob diferentes concentrações de K aos 35 dias, na colheita

Fonte: Universidade Federal de Lavras (2015)

As plantas de *Alpinia caerulea* do tratamento K0 apresentaram sintomas de deficiência após 20 dias de estabelecidos os tratamentos. As folhas mais velhas apresentaram clorose na sua extremidade, que se prolongava um pouco para o limbo foliar (Figura 4).

O primeiro sintoma característico da deficiência de K é a clorose marginal, que evolui para uma necrose, ocorrendo nas folhas mais velhas devido à mobilidade desse elemento no tecido vegetal (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Esses sintomas ocorrem devido às mudanças químicas nas plantas deficientes de K, como aumento no teor de putrescina, no conteúdo de ácidos orgânicos e menor teor de açúcar e amido nos órgãos de reserva (MALAVOLTA, 2006).



Figura 4 Detalhe da folha sintomática de *Alpinia caerulea* do tratamento K0 aos 35 dias, na colheita

Fonte: Universidade Federal de Lavras (2015)

O panorama geral das plantas de *Alpinia caerulea* sob diferentes concentrações de N são apresentados na figura 5.



Figura 5 Panorama geral de plantas de *Alpinia caerulea* sob diferentes concentrações de N aos 35 dias, na colheita

Fonte: Universidade Federal de Lavras (2015)

À medida que se aumentava a concentração de N em solução nutritiva, as plantas apresentaram maior desenvolvimento no aspecto visual. As plantas do tratamento N0 apresentaram menor crescimento e leve clorose generalizada em comparação às plantas dos outros tratamentos.

De acordo com Malavolta (2006) a deficiência de N causa primeiramente a clorose generalizada das folhas mais velhas devido à proteólise nas mesmas, que resulta no colapso dos cloroplastos e assim ocorre um declínio dos teores de clorofila. Os sintomas ocorrem primeiramente nas partes mais velhas da planta e os aminoácidos resultantes da proteólise são mobilizados para as partes mais novas, visto que o N é um nutriente de alta mobilidade no tecido vegetal. Com o agravamento da deficiência toda a planta se torna clorótica, pelo baixo teor de clorofila. Esses sintomas são típicos da carência desse nutriente e são citados por diversos autores (BERGMANN, 1992; MALAVOLTA, 2006).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHER, C. J.; BLAMEY, F. P. C. Experimental control of plant nutrient status using programmed nutrient addition. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.10, n. 9-16, p. 1371–1380, 1987.

BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants**. New York: Gustav Fischer Verlag, 1992. 741 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 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.

MINITAB 17 STATISTICAL SOFTWARE. [**Computer software**]. State College: Minitab, 2014.

WHEELER, D. M.; POWER, I.L.; EDMEADES, D. C. Effect of various metal ions on growth of two wheat lines known to differ in aluminum tolerance. **Plant and Soil**, The Hague, v. 155-156, n. 1, p.489-492, Oct. 1993.