

Potássio e sódio na composição mineral e crescimento em plantas de *Zingiber spectabile*

Viviane Amaral Toledo Coelho¹, Gabrielen de Maria Gomes Dias², Mozart Martins Ferreira¹, Cleber Lázaro Rodas¹, Maria Ligia de Souza Silva¹, Moacir Pasqual¹

¹ Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciência do Solo, Campus Universitário, CEP 37200-000, Lavras-MG, Brasil. Caixa Postal 3037. E-mail: vivianeato@yahoo.com.br; mozartmf@dcs.ufla.br; cleberrodas@yahoo.com.br; marialigia.silva@dcs.ufla.br; mpasqual@dag.ufla.br

² Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Desenvolvimento Rural, Avenida Abolição, 3, Centro, CEP 62790-000, Redenção-CE, Brasil. E-mail: gabriellen@gmail.com

RESUMO

Para plantas ornamentais tropicais não há informações na literatura referentes à interação do sódio (Na) com outros nutrientes, principalmente o potássio (K). Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi avaliar os sintomas de deficiências 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 mostrou ser elemento benéfico para o crescimento inicial de *Zingiber spectabile*. O Na a partir de 2 mmol L^{-1} pode substituir em parte o K no cultivo inicial de *Zingiber spectabile* em solução nutritiva.

Palavras-chave: gengibre ornamental; nutrientes; plantas ornamentais tropicais

Potassium and sodium mineral composition and growth in *Zingiber spectabile* plant

ABSTRACT

For tropical ornamental plants there is no information in the literature regarding the interaction of sodium (Na) with other nutrients, especially potassium (K). Given the above, the objective of this study was to evaluate the symptoms of nutritional deficiencies, growth and mineral composition of plants *Zingiber spectabile* subjected to K relations: In in nutrient solution. Treatments with different relationships K: Na (mmol L^{-1}) were: 6K:0Na, 5K:1Na, 4K:2Na, 3K:3Na, 2K:4Na, 1K:5Na and 0K:6Na. We used the experimental randomized block design with four replications, and the experimental plot was composed of one plant per pot. After 180 days, the plants were harvested, and the biometric indexes and dry weight of different parts of the plants evaluated, and thereafter performed chemical analysis of the plant tissues. Sodium proved beneficial element for the initial growth of *Zingiber spectabile*. Sodium from 2 mmol L^{-1} can partly replace potassium in the initial culture of *Zingiber spectabile* in nutrient solution.

Key words: ornamental ginger; nutrients; tropical ornamental plants

Introdução

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). As inflorescências dessa espécie têm se mostrado muito resistentes ao manuseio e sua durabilidade é grande, além da produtividade excepcional, que pode chegar a 100 inflorescências/ano/touceira (Bezerra & Loges, 2005).

A nutrição de plantas ornamentais baseia-se apenas na experiência de produtores e fabricantes de fertilizantes, o que resulta em indicações de doses de fertilizantes frequentemente controversas. Por meio do correto manejo da adubação, os nutrientes são fornecidos em quantidades e proporções adequadas para o crescimento e desenvolvimento normais das plantas, além disso, promove grandes aumentos nas produções e influencia na qualidade das flores (Almeida et al., 2009; Alvarez et al., 2014).

O sódio (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). Já o potássio (K) está ligado indiretamente à fotossíntese, promoção da translocação dos assimilados para as folhas e ativador de numerosas enzimas (Figueiredo et al., 2008).

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.

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.

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 & 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 eles adaptações da solução nutritiva de Hoagland & 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 1,0 mm (20 mesh) e armazenado em frascos de vidro para posterior determinação dos teores de macro e micronutrientes.

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

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).

Resultados e Discussão

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). Com a evolução dos sintomas, as folhas mais velhas das plantas desses tratamentos apresentaram clorose com posterior necrose na sua extremidade (Figura 1E e Figura 1F), que se prolongava até aproximadamente um terço do limbo foliar. Para Fernandes (2006), esse sintoma é devido o elemento K ser bastante móvel no floema. Sintomas semelhantes de deficiência de K foram também descritos por Coelho et al. (2012), estudando deficiências nutricionais nesta mesma espécie.

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 1 mmol L⁻¹ do nutriente. Segundo Yost et al. (2011), sob deficiência, o elemento move-se facilmente para as folhas que estão em crescimento e que, portanto, necessitam de uma maior demanda.

As plantas de outros tratamentos como 2K:4Na e 3K:3Na, mesmo com baixo suprimento de K, não apresentaram sintomas

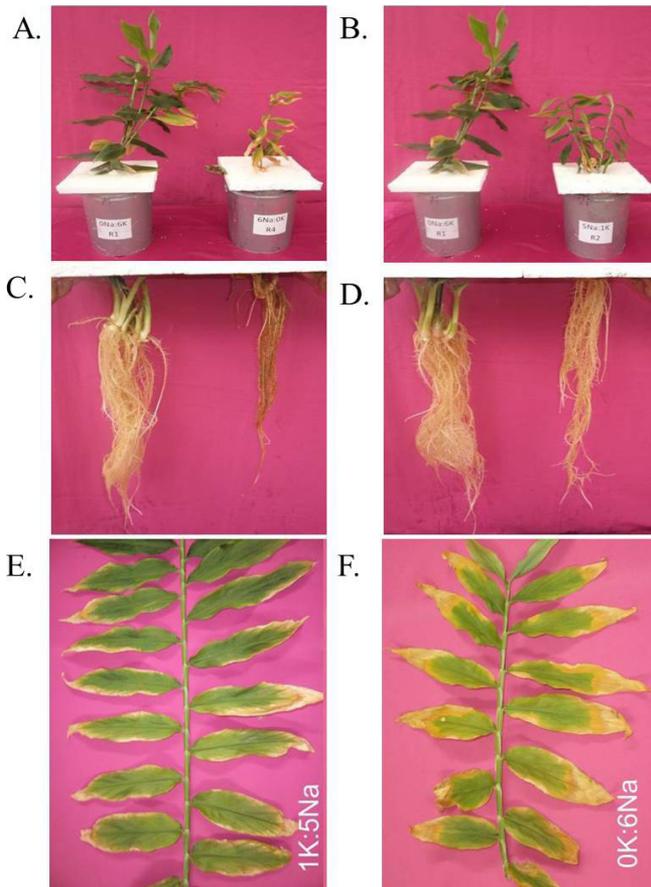


Figura 1. Aspecto geral das plantas de *Zingiber spectabile*: A) parte aérea dos tratamentos 6K:0Na (esquerda) e 0K:6Na (direita); B) parte aérea dos tratamentos 6K:0Na (esquerda) e 1K:5Na (direita); C) sistema radicular dos tratamentos 6K:0Na (esquerda) e 0K:6Na (direita); D) sistema radicular dos tratamentos 6K:0Na (esquerda) e 1K:5Na (direita), aos 120 dias. Sintomas visuais de deficiência de K em *Zingiber spectabile*: E) detalhe da haste sintomática nos tratamentos 1K:5Na e F) 0K:6Na aos 180 dias, na colheita

de deficiência (Figura 2B e Figura 2C), 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 (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%.

As raízes das plantas sob omissão de K foram menos desenvolvidas em comparação ao tratamento 6K:0Na (Figura 1A). 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 1C e 2A).

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

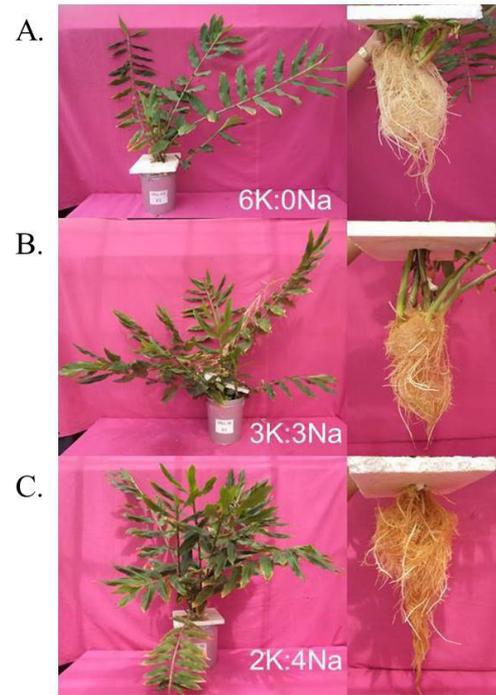
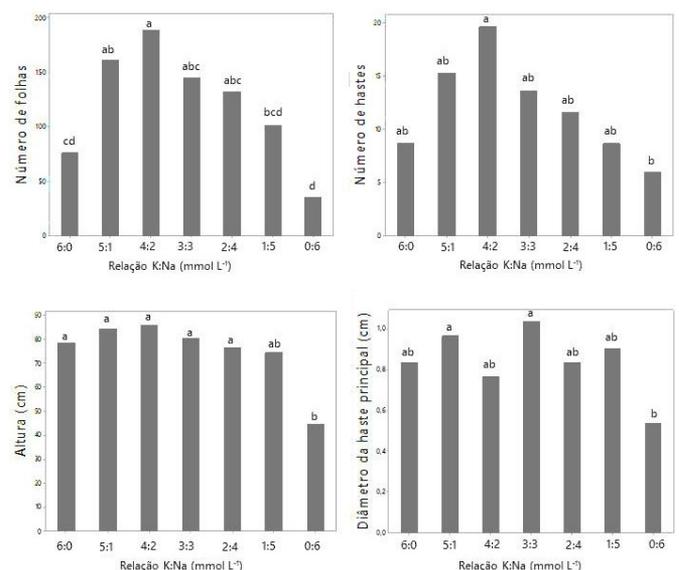


Figura 2. Aspecto geral das plantas de *Zingiber spectabile*: parte aérea e sistema radicular das plantas dos tratamentos A) 6K:0Na; B) 3K:3Na e C) 2K:4Na aos 180 dias, na colheita

velhas devido à mobilidade desse elemento no tecido vegetal (Malavolta et al., 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 (Hawkesford et al., 2011; Malavolta, 2006).

Crescimento das plantas de *Zingiber spectabile*

A omissão de K acarretou em redução de todas as variáveis de crescimento avaliadas (Figura 3). Para número de folhas e número de hastes, as plantas do tratamento 4K:2Na



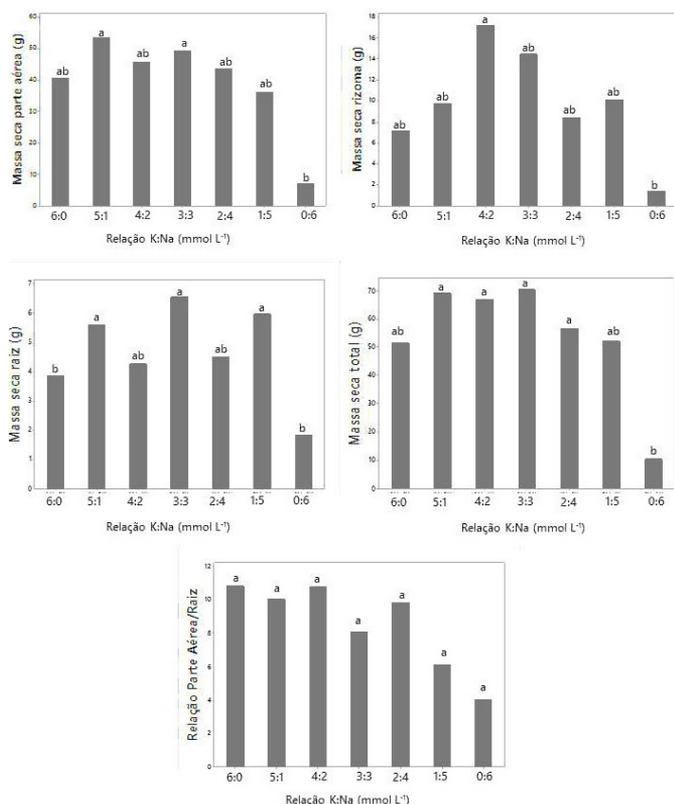
Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade
Figura 3. Variáveis de crescimento em plantas de *Zingiber spectabile* sob relações K:Na (mmol L⁻¹), em solução nutritiva

apresentaram aumento dessas variáveis, enquanto para diâmetro da haste principal, o aumento ocorreu nas plantas dos tratamentos 5K:1Na e 3K:3Na.

Houve diminuição na produção de massa seca de todas as partes da planta e total nas plantas com omissão de K (Figura 4). 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.

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. Por exemplo, Baliza et al. (2010), avaliando plantas de café, concluíram que até 25% da substituição de K pelo Na não afetou o crescimento dessa espécie.



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Figura 4. Produção de massa seca e relação parte aérea/raiz em plantas de *Zingiber spectabile* sob relações K:Na (mmol L⁻¹), em solução nutritiva

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 apresentaram aumento nos teores no rizoma, 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).

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 macronutriente. 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 et al. (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 et al. (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. Em relação ao teor de B da raiz, os diferentes tratamentos não diferiram (Tabela 1). A interação antagônica de K x B é citado 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

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

K:Na	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	(g kg ⁻¹)						(mg kg ⁻¹)				
Teores nutricionais na parte aérea											
6:0	28,7 a	5,3 abc	37,0 a	11,7 b	3,9 b	2,0 ab	35,4 c	7,0 a	321,1 a	651,6 b	70,4 ab
5:1	27,8 a	4,8 bc	31,3 ab	12,8 b	4,1 b	1,8 b	54,1 bc	6,0 ab	279,6 a	548,7 b	50,3 b
4:2	28,9 a	4,4 bc	32,6 ab	12,1 b	3,3 b	1,8 b	56,3 bc	6,1 ab	286,6 a	637,6 b	63,9 ab
3:3	28,7 a	4,3 c	28,6 abc	12,7 b	5,4 b	1,8 b	46,1 c	5,1 b	225,9 a	420,5 b	47,6 b
2:4	26,8 a	4,6 bc	25,5 bc	14,0 ab	5,3 b	1,8 b	54,1 bc	4,9 b	301,2 a	657,2 b	59,0 ab
1:5	30,6 a	5,5 ab	20,9 cd	18,9 a	7,7 b	2,1 ab	71,8 ab	6,5 ab	292,4 a	779,4 ab	67,9 ab
0:6	28,6 a	6,3 a	11,4 d	18,7 a	18,3 a	2,6 a	86,1 a	7,7 a	227,7 a	1355,2 a	96,2 a
Teores nutricionais no rizoma											
6:0	24,4 ab	7,1 ab	39,1 a	4,1 a	3,8 c	2,5 a	12,7 d	9,6 b	456,7 a	338,4 b	80,2 bc
5:1	24,9 b	7,5 ab	35,9 ab	8,9 a	4,1 c	2,1 b	17,2 bcd	9,0 b	462,9 a	290,7 b	53,2 bc
4:2	23,9 b	7,1 ab	38,9 a	6,4 a	5,1 bc	2,5 a	14,2 cd	8,5 b	574,8 a	230,9 b	46,9 c
3:3	24,5 ab	6,7 ab	32,4 abc	3,8 a	5,7 bc	1,7 bc	13,0 d	8,3 b	246,1 a	281,8 b	80,9 bc
2:4	23,5 b	6,2 b	27,6 bc	5,3 a	6,2 bc	1,6 c	22,7 ab	6,9 b	207,6 a	280,4 b	71,7 bc
1:5	23,8 ab	7,0 ab	25,3 c	4,3 a	9,0 b	1,7 bc	20,6 bc	9,8 ab	410,7 a	388,7 b	99,9 b
0:6	27,1 a	8,1 a	9,2 d	3,0 a	14,8 a	2,7 a	28,8 a	12,9 a	495,9 a	957,5 a	363,4 a
Teores nutricionais na raiz											
6:0	20,9 bc	8,4 a	19,9 a	12,8 ab	7,1 ab	4,8 ab	25,6 a	53,4 a	4908,5 b	420,0 a	48,1 a
5:1	21,8 abc	10,0 a	20,3 a	14,5 a	6,4 b	4,2 b	29,5 a	52,1 a	7225,7 b	437,1 a	47,6 a
4:2	23,0 ab	9,7 a	21,9 a	14,6 a	5,9 b	4,6 ab	32,7 a	64,1 a	7038,9 b	509,7 a	55,6 a
3:3	24,9 a	7,6 a	17,3 ab	8,0 abc	8,6 ab	4,1 b	34,9 a	58,3 a	3714,3 b	308,3 a	39,1 a
2:4	23,3 ab	9,9 a	17,4 ab	9,9 abc	8,8 ab	4,1 b	31,8 a	51,8 a	7177,4 b	471,2 a	43,3 a
1:5	21,8 abc	5,6 a	19,1 a	6,2 bc	13,2 a	6,3 a	33,3 a	82,4 a	3543,0 b	405,5 a	52,1 a
0:6	18,6 c	8,1 a	7,5 c	4,9 c	9,5 ab	5,7 ab	29,7 a	63,3 a	13152,6 a	365,9 a	41,1 a

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

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 & 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) 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 antagonística 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.

Assim, informações sobre 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 potássio (K) e sódio (Na) já estudada em outras espécies, tem grande relevância para a literatura referente às espécies ornamentais tropicais.

Conclusões

O sódio (Na) é elemento benéfico para o crescimento inicial de *Zingiber spectabile*.

O sódio (Na) a partir de 2 mmol L⁻¹ pode substituir em parte o potássio (K) no cultivo inicial de *Zingiber spectabile* em solução nutritiva.

Literatura Citada

- Almeida, E.F.A.; Frazão, J.E.M.; Santos, F.H.S. Manejo da adubação no cultivo comercial de plantas ornamentais. Belo Horizonte: Epamig, 2009. 3p. (Circular técnica Epamig, 69). http://www.epamig.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=875. 14 Mar. 2016.
- Alvarez, H.V.V.; Ferreira, A.S.; Alemparte, G.L.A.S.; Moraes, P.M. Fertilização de plantas ornamentais pelo método requerimento-suprimento: proposição de técnica experimental. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 38, n.2, p.532-543, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832014000200018>.
- Baliza, D.P.; Carvalho, J.G.; Guimarães, R.J.; Passos, A.M.A.; Pereira, V.A. Crescimento e nutrição de mudas de cafeeiro influenciadas pela substituição do K pelo sódio. Coffee Science, v.5, n.3, p.272-282, 2010. <http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/download/341/pdf>. 03 Mar. 2016.
- Bergmann, W. Nutritional disorders of plants. New York: Gustav Fischer Verlag, 1992. 741p.
- Bezerra, F.C.; Loges, V. Zingiberaceae. In: Terao, D.; Carvalho, A.C.P.P. de; Barroso, T.C. da S.F. (Eds.). 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. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2011. 83p. Dissertação Mestrado. <http://repositorio.ufla.br/handle/1/3502>. 25 Out. 2015.

- Coelho, V.A.T.; Rodas, C.L.; Coelho, L.C.; Carvalho, J.G.; Almeida, F.A.; Figueiredo, M.A. Caracterização de sintomas visuais de deficiências de macronutrientes e boro em plantas de gengibre ornamental. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, v. 18, n. 1, p. 47-55, 2012. <http://132.248.9.34/hevila/Revistabrasileiradehorticulturaornamental/2012/vol18/no1/5.pdf>. 11 Mar. 2016.
- Dechen, A.R.; Nachtigall, G.R. Micronutrientes. In: Fernandes, M.S. (Ed.). *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: SBCS, 2006. p. 327-354.
- 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*, v. 24, n. 8, p. 1269-1290, 2001. <http://dx.doi.org/10.1081/PLN-100106981>.
- Faquin, V. *Nutrição de plantas*. Lavras: Editora da UFLA, 2005. 183 p. http://www.dcs.ufla.br/site/_adm/upload/file/pdf/Prof_Faquin/Nutricao%20mineral%20de%20plantas.pdf. 08 Mar. 2016.
- Fernandes, M.S. *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: SBCS, 2006. 432p.
- Figueiredo, M.A.; Pasqual, M.; Araujo, A.G.; Junqueira, K.P.; Santos, F.C.; Rodrigues, V.A. Fontes de potássio no crescimento *in vitro* de plantas de orquídea *Cattleya loddigesii*. *Ciência Rural*, v.38, n.1, p.255-257, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000100043>.
- 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*, v. 21, n. 1, p. 47-50, 1997.
- Hawkesford, M.; Horst, W.J.; Kichey, T.; White, P.J. Functions of macronutrients. 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*. Berkeley: California Agriculture Experiment Station, 1950. 32 p. (Bulletin, 347). <https://archive.org/details/watercultureme3450hoag>. 01 Mar. 2016.
- Ivahupa, S.R.; Asher, C.J.; Blamey, F.P.C.; O'Sullivan, J.N. Effects of sodium on potassium nutrition in three tropical root crop species. *Journal of Plant Nutrition*, v. 29, n. 6, p. 1095-1108, 2006. <http://dx.doi.org/10.1080/01904160600689241>.
- 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.
- Lamb, A.; Gobilik, J.; Ardiyani, M.; Poulsen, A.D. *A guide to gingers of Borneo*. Kota Kinabalu: Natural History Publications, 2013. 144 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*. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2007. 77 p. Tese Doutorado. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/32237/1/Dissertacao-Ana-Naiff.pdf>. 14 Mar. 2016.
- 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*, v. 1, p. 375-389, 1978. [http://dx.doi.org/10.1016/0378-4290\(78\)90038-2](http://dx.doi.org/10.1016/0378-4290(78)90038-2).
- Wakeel, A.; Steffens, D.; Schubert, S. 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, 2010. <http://dx.doi.org/10.1002/jpln.200900270>.
- Yost, M. A.; Russelle, M. P.; Coulter, J. A.; Sheaffer, C. C.; Kaiser, D. E. Potassium management during the rotation from alfafa to corn. *Agronomy Journal*, v. 103, n. 6, p. 1785- 1793. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2011.0183>.