



FERTBIO 2012

A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola
17 a 21 de Setembro - Centro de Convenções - Maceió/Alagoas

Teor e acúmulo de micronutrientes em plantas de alface adubadas com fontes alternativas de nutrientes

André Leite Silva⁽¹⁾; **Danilo de Araújo Soares**⁽²⁾; **Douglas Ramos Guelfi Silva**⁽³⁾; **Paulo Renato de Costa Rezende**⁽¹⁾; **Andreane Bastos Pereira**⁽¹⁾; **André Baldansi Andrade**⁽¹⁾; **Wantuir Filipe Teixeira Chagas**⁽⁴⁾; **Giuliano Marchi**⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Graduando em Agronomia, Bolsista de Iniciação Científica do CNPq/FAPEMIG; Departamento de Ciência do Solo; UFLA; andre.ba.eng@agronomia.ufla.br ⁽²⁾ Aluno de Doutorado; Departamento de Ciência do Solo; Universidade Federal de Lavras; Lavras, MG, Brasil, CEP: 37200-000, Caixa-Postal: 3037; daniloagro@gmail.com ⁽³⁾ Professor, DCS/Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil, CEP: 37200-000, Caixa-Postal: 3037, douglasguelfi@dcs.ufla.br; ⁽⁴⁾ Aluno de Mestrado; Departamento de Ciência do Solo; Universidade Federal de Lavras; Lavras, MG, Brasil, CEP: 37200-000, Caixa-Postal: 3037; wantuirfilipe@gmail.com; ⁽⁵⁾ Pesquisador; Embrapa Cerrados, DF, Brasil, CEP: 73310-970; giuliano.marchi@cpac

RESUMO – O uso de rochas silicáticas moídas como corretivos do solo e fonte de nutrientes, aliada a maior eficiência da adubação e com o mínimo de impacto ambiental em áreas agrícolas, se viabilizada, é uma alternativa para os agricultores brasileiros. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito da aplicação de rochas silicáticas moídas no teor e acúmulo de Ni, Cu e Zn na alface. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em vasos com 3,7 dm³ de amostras de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico com textura média. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e os tratamentos foram distribuídos em arranjo fatorial 4 x 6, sendo seis rochas silicáticas moídas, utilizadas como fertilizantes alternativos multinutrientes (brecha, ultramáfica, biotita xisto, subprodutos de mineração, flogopitito e rejeito de chapada), e quatro doses de potássio (0; 200; 400; 600 kg K₂O ha⁻¹), com quatro repetições. Foram determinados o teor e o acúmulo de cobre (Cu), zinco (Zn) e níquel (Ni) na parte aérea da alface. Os resultados mostraram que as doses das diferentes rochas silicáticas moídas promoveram alterações na nutrição, produção e eficiência da adubação de micronutrientes na cultura da alface, tonando-as uma opção viável para adubação em sistemas de produção orgânica e convencional.

Palavras-chave: subprodutos de mineração; fertilizante multinutriente; *Lactuca sativa* L.

INTRODUÇÃO - A alface é, entre as hortaliças folhosas, a mais importante economicamente para o Brasil, sendo consumida in natura na forma de salada. O consumo dessa hortaliça vem crescendo a cada dia, e proporcionalmente aumenta também a busca por fontes alternativas de micronutrientes. Uma alternativa viável pra suprir a falta de micronutrientes no solo, é a utilização de uma fonte multinutriente que possa suprir além de macronutrientes,

também nutrientes que são exigidos em menores quantidades, porém de fundamental importância como Níquel, Cobre e Zinco. Neste trabalho procurou-se utilizar rochas silicáticas moídas e subprodutos de mineração, que se caracterizaram como fontes potássicas e verificar a eficiência em relação à capacidade de fornecer Níquel, Cobre e Zinco para as plantas de alface. As reservas de sais de potássio utilizados para produção de fertilizantes no Brasil, em sua maior parte, são compostas por minerais de baixa solubilidade em água devido à resistência das estruturas dos minerais a serem rompidas nas condições naturais do solo (OLIVEIRA e SOUZA, 2001). Aliado a isso, a baixa eficiência de uso de nutrientes na agricultura brasileira contribui para a dependência ainda maior da importação. O presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de rochas silicáticas moídas e subprodutos de mineração utilizadas como fonte de nutrientes sobre o teor e acúmulo de Ni, Cu e Zn, que foram selecionados dentre diversos materiais promissores em termos de fornecimento de potássio e micronutrientes.

MATERIAL E MÉTODOS - O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, no período de dezembro de 2010 a fevereiro de 2011. Amostras de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, com textura média, foram coletadas em Itutinga, MG, sob vegetação natural, na profundidade de 0 a 20 cm. Posteriormente, o solo coletado foi seco ao ar, destorroado, passada em peneira com abertura de quatro milímetros, homogeneizado e colocado nos vasos de cultivo na quantidade de 3,7 kg. Concomitantemente, foram coletadas amostras de solo que foram utilizadas para caracterização química e física dos solos dos vasos de cultivo: K = 22 mg dm⁻³; S = 5,4 mg dm⁻³; P (Mehlich1) = 0,9 mg dm⁻³; Ca = 0,1 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,1 cmol_c dm⁻³; Al = 0,1 cmol_c dm⁻³; H+Al = 1,7 cmol_c dm⁻³; SB = 0,3

$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $t = 0,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $T = 2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Fe} = 27,4 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Zn} = 0,5 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Cu} = 0,7 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{B} = 0,0 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Mn} = 0,4 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Areia} = 600 \text{ g kg}^{-1}$; $\text{Silte} = 170 \text{ g kg}^{-1}$; $\text{Argila} = 230 \text{ g kg}^{-1}$.

As quantidades de rochas silicáticas moídas foram definidas com base na concentração de óxido de potássio (Tabela 1). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e os tratamentos foram distribuídos em arranjo fatorial 4 x 6, sendo quatro rochas silicáticas moídas e dois subprodutos de mineração, utilizadas como fertilizantes alternativos multinutrientes e quatro doses de potássio (0; 200; 400; 600 $\text{kg K}_2\text{O ha}^{-1}$), com quatro repetições. Quantidades de Ni, Cu e Zn, foram adicionados ao solo de cultivo em quantidades variadas, de acordo com a dose de K_2O aplicada, nos diferentes tratamentos. (Tabela 2). Após a adição das rochas aos vasos foi realizada a semeadura de 10 sementes de alface cv. Vera por vaso no dia 01/12/2011. Após a germinação das sementes, quando as plantas apresentavam folhas definitivas, foi realizado desbaste em cada vaso permanecendo, para o cultivo, somente três plantas.

A adubação de manutenção, foi realizada com reagentes (p.a) em todos os tratamentos, com 300 mg kg^{-1} de P no plantio, 150 mg kg^{-1} de N em três coberturas, e 50 mg kg^{-1} de S junto com a segunda das coberturas nitrogenadas.

O experimento foi colhido aos 71 dias após a semeadura, quando as plantas foram seccionadas rente ao solo. Do material colhido foram separadas as folhas e o sistema radicular que foi retirado dos vasos com o auxílio de jato d'água dirigido sobre o substrato. Todo o material da planta foi acondicionado em sacos de papel e seco a 75°C em estufa com circulação de ar forçada até peso constante. Após a secagem, determinou-se o peso da massa seca de raiz e parte aérea. Posteriormente, a massa seca de parte aérea foi moída em moinho Willey, sendo dela retiradas amostras equivalentes a dois gramas, as quais foram submetidas à digestão nitroperclórica para determinação dos teores de, Ni, Cu e Zn. O controle de qualidade das análises foi realizado com o uso do padrão de referência - NIST (National Institute of Standards and Technology) BCR® 414 - Plankton que possui teores conhecidos de Ni (18,8 mg kg^{-1}), Cu (29,5 mg kg^{-1}) e Zn (111,6 mg kg^{-1}), quantidades essas próximas àquelas esperadas para alface, dentre os padrões de referência disponíveis. A taxa de recuperação foi de 82, 92 e 91% para Ni, Cu e Zn, respectivamente.

Os valores de acúmulo de, Ni, Cu e Zn foram determinados pelo produto entre o peso seco e o teor desses nutrientes na parte aérea das plantas de alface.

Os dados referentes ao teor e acúmulo de Ni, Zn e Cu foram submetidos à análise de regressão. Os testes estatísticos foram aplicados a 5% de probabilidade, com o apoio computacional do programa estatístico SISVAR versão 4.0 (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO - O teor de níquel na parte aérea da alface adubada com as diferentes fontes variou na faixa de 0,85 mg kg^{-1} até 2,61 mg kg^{-1} . De acordo com (ASHER, 1991) plantas que crescem em solos não contaminados por Ni apresentam teores na massa seca na faixa de 0,1 a 5 mg kg^{-1} . Já valores de Ni

considerados fitotóxicos estão na faixa de 24 a 308 (Malavolta, 2006) e 10 a 100 mg kg^{-1} (Kabata e Pendias, 2001).

LOPES et al., (2005) em estudos conduzidos com alface cultivada em solo adubado com diferentes doses de lodo de esgoto, com 9,4 mg de Ni kg^{-1} em sua composição, encontrou teores de Ni na parte aérea da alface em torno de 0,5 mg kg^{-1} .

No caso do Cu todas as rochas proporcionaram teores semelhantes na parte aérea da alface com exceção da brecha que foi inferior quando comparada as demais fontes (Figura 1b). Já para o Zn, o subproduto de mineração diferenciou-se das demais rochas proporcionando teores de 228 mg de Zn kg^{-1} na parte aérea da alface (Figura 1d).

FURLANI e ABREU (2000) obtiveram maior produção de plantas de alface cultivadas em hidroponia, quando o teor foliar de zinco foi de 22,0 mg kg^{-1} , e verificaram que teor superior a 200 mg kg^{-1} provocava toxidez.

Neste contexto, deve-se ressaltar que o subproduto de mineração, pode ser uma importante fonte de Zn para as culturas. A rocha que proporcionou maior adição de Ni no solo e que resultou no maior acúmulo deste na alface foi a ultramáfica (Figura 2a). São encontradas concentrações de Ni em rochas ultramáficas na faixa de 270 - 3600 mg de Ni kg^{-1} com um valor médio de 2000 mg de Ni kg^{-1} (MALAVOLTA, 2006). Para cada tonelada da rocha ultramáfica moída usada no presente experimento aplicada por ha, são adicionados 651,9 g de Ni (651,9 mg de Ni kg^{-1} de rocha).

A dose de 600 kg de K_2O , aplicada por meio da rocha ultramáfica, forneceu 19,14 mg de Ni por vaso e proporcionou um acúmulo na parte aérea das plantas de alface de 0,04184 mg de Ni por vaso (Figura 1a). Esses valores refletem que somente parte do total de minerais presentes nas fontes são solubilizados e disponibilizados para a planta a curto prazo.

O subproduto de mineração e a rocha ultramáfica foram as fontes alternativas de nutrientes que promoveram maior acúmulo de Cu na parte aérea da alface (Figura 1b). Nos subprodutos de mineração a concentração de Cu dentre as rochas silicáticas moídas é a maior e, grande parte desse teor total de Cu está em uma forma que pode ser liberada prontamente para o solo, refletindo em maior disponibilidade de Cu para absorção pelas raízes e, conseqüentemente, maior acúmulo desse micronutriente na parte aérea da alface.

As maiores taxas de aplicação de Cu com base nas doses de K_2O ocorreram nos solos adubados com os subprodutos de chapada e de mineração, respectivamente (Tabela 2). Entretanto, no caso do subproduto de chapada, a maior taxa de aplicação não promoveu maiores valores de acúmulo na parte aérea da planta o que pode ser explicado pelo fato de que somente parte desse Cu é liberado dos minerais presentes na rocha moída para a solução do solo, proporcionando um menor acúmulo de Cu. Além disso, essas rochas possuem diferentes valores de poder relativo de neutralização total promovendo diferentes valores de pH no solo, afetando a disponibilidade de micronutrientes.

O maior acúmulo de Zn foi obtido na alface adubada com subprodutos de mineração (Figura 1c). Isso ocorreu devido a grande quantidade de Zn aplicada- (28.184,2 mg kg⁻¹) com o uso do subproduto de mineração, refletindo em maior disponibilidade no solo e acúmulo na parte aérea da alface.

CONCLUSÕES - As rochas silicáticas moídas podem ser utilizadas com fontes de nutrientes por promoverem apreciável liberação de níquel, cobre e zinco promovendo aumento nos teores e acúmulo desses nutrientes na parte aérea. A rocha ultramáfica e os subprodutos de mineração se destacaram entre as demais rochas.

AGRADECIMENTOS - Os autores agradecem ao CNPq, CAPES e FAPEMIG pelo suporte financeiro dado a essa pesquisa.

REFERÊNCIAS

ASHER, C.J. Beneficial elements, functional nutrients and possible new essential elements. In: **Micronutrients in**

Agriculture. 2ª ed. p. 703-724. J.J. Mortvedt, ed. Soil Sci. Soc. America Inc. Madison. 760p.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FURLANI, P. R.; ABREU, M. F. Toxicidade de zinco em alface cultivada em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, 18: 797-798, 2000.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2001. 413p.

LOPES, J.C.; RIBEIRO, L.G.; ARAÚJO, M.J.; BERALDO, M.R.B.S. Produção de alface com doses de lodo de esgoto. **Horticultura Brasileira**, 18(1):143-147, 2005.

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

OLIVEIRA, L.A. de; SOUZA, A.E. de. Potássio. Balanço mineral brasileiro. 2001. 17p. Disponível em: <www.dnpm.gov.br/dnpm_legis/Balanço01/pdf/potassio.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2011.

Tabela 1 - Teores totais de K₂O, Na₂O, P₂O₅, CaO, MgO, Cu, Zn e Ni nas fontes alternativas de nutrientes.

Rochas	K ₂ O ⁽²⁾	Na ₂ O ⁽²⁾	P ₂ O ₅ ⁽²⁾	CaO ⁽²⁾	MgO ⁽²⁾	Cu ⁽³⁾	Zn ⁽³⁾	Ni ⁽³⁾
	----- % -----			----- mg kg ⁻¹ -----				
Brecha	2,18	0,31	0,94	9,03	7,09	59,9	128,7	73,9
Ultramáfica	3,10	1,71	1,22	13	18,50	87,4	113,1	651,9
SBC ⁽⁴⁾	3,39	1,62	0,19	3,19	3,88	437,5	123,0	2,8
SBM ⁽⁵⁾	11,80	0,72	0,42	3,58	0,70	816,8	28.184,2	380,3
Biotita xisto	2,07	0,86	0,06	5,27	13,8	9,9	290,5	146,4
Flogopitito	7,71	0,16	0,2	0,98	22,89	9,1	902,7	1425,2

¹Rochas silicáticas moídas a 0,3 mm para esta análise. ²Métodos 4A; 4B do laboratório Acemelabs (Canadá) que tem com princípio a fusão da amostra em metaborato/tetraborato de lítio. ³Método 3052. ⁴Subproduto de chapada. ⁵Subprodutos de mineração.

Tabela 2 - Quantidade total adicionada aos tratamentos das rochas e de micronutrientes (mg vaso⁻¹) aplicados nos tratamentos.

Rochas	200 kg de K ₂ O ha ⁻¹				400 kg de K ₂ O ha ⁻¹				600 kg de K ₂ O ha ⁻¹			
	Total de rocha aplicado	Ni	Cu	Zn	Total de rocha aplicado	Ni	Cu	Zn	Total de rocha aplicado	Ni	Cu	Zn
Brecha	20,5	1,51	1,22	2,63	40,9	1,51	1,22	2,63	61,4	4,53	3,66	7,89
Ultramáfica	14,4	9,37	1,26	1,63	28,8	9,37	1,26	1,63	43,2	28,11	3,78	4,89
SBC ⁽¹⁾	13,2	0,04	5,75	1,61	26,3	0,04	5,75	1,61	39,5	0,12	17,25	4,83
SBM ⁽²⁾	3,8	1,44	3,09	106,53	7,6	1,44	3,09	106,53	11,3	4,32	9,27	319,59
Biotita Xisto	24,5	3,59	0,24	7,13	43,1	3,59	0,24	7,13	64,6	10,77	0,72	21,39
Flogopitito	5,8	8,24	0,005	5,22	11,6	8,24	0,005	5,22	17,3	24,72	0,015	15,66

⁽¹⁾Subproduto de chapada. ⁽²⁾Subprodutos de mineração

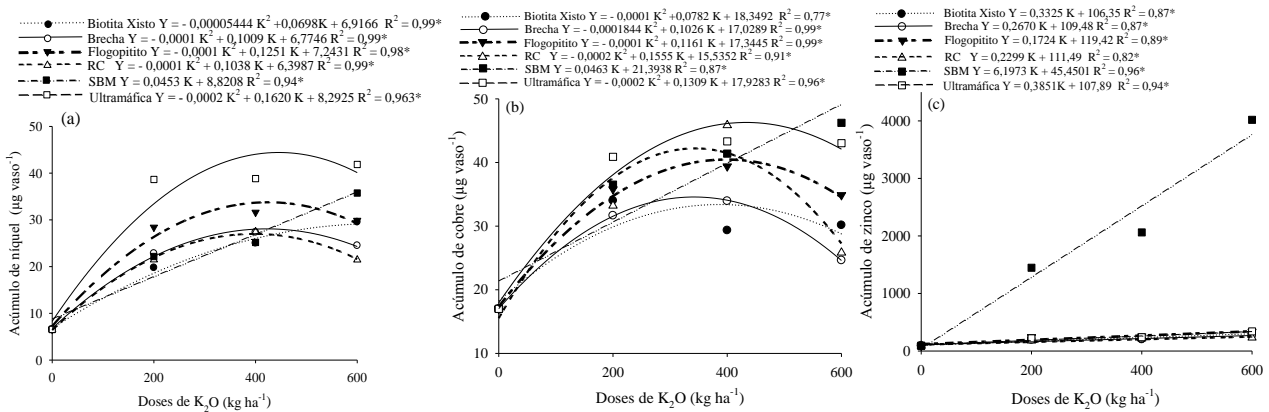


Figura 1 - Efeito da aplicação de rochas moídas em diferentes doses de K_2O no acúmulo, níquel (a), cobre (b) e zinco (c) na alfaca. Significativo a $p < 0,05$.

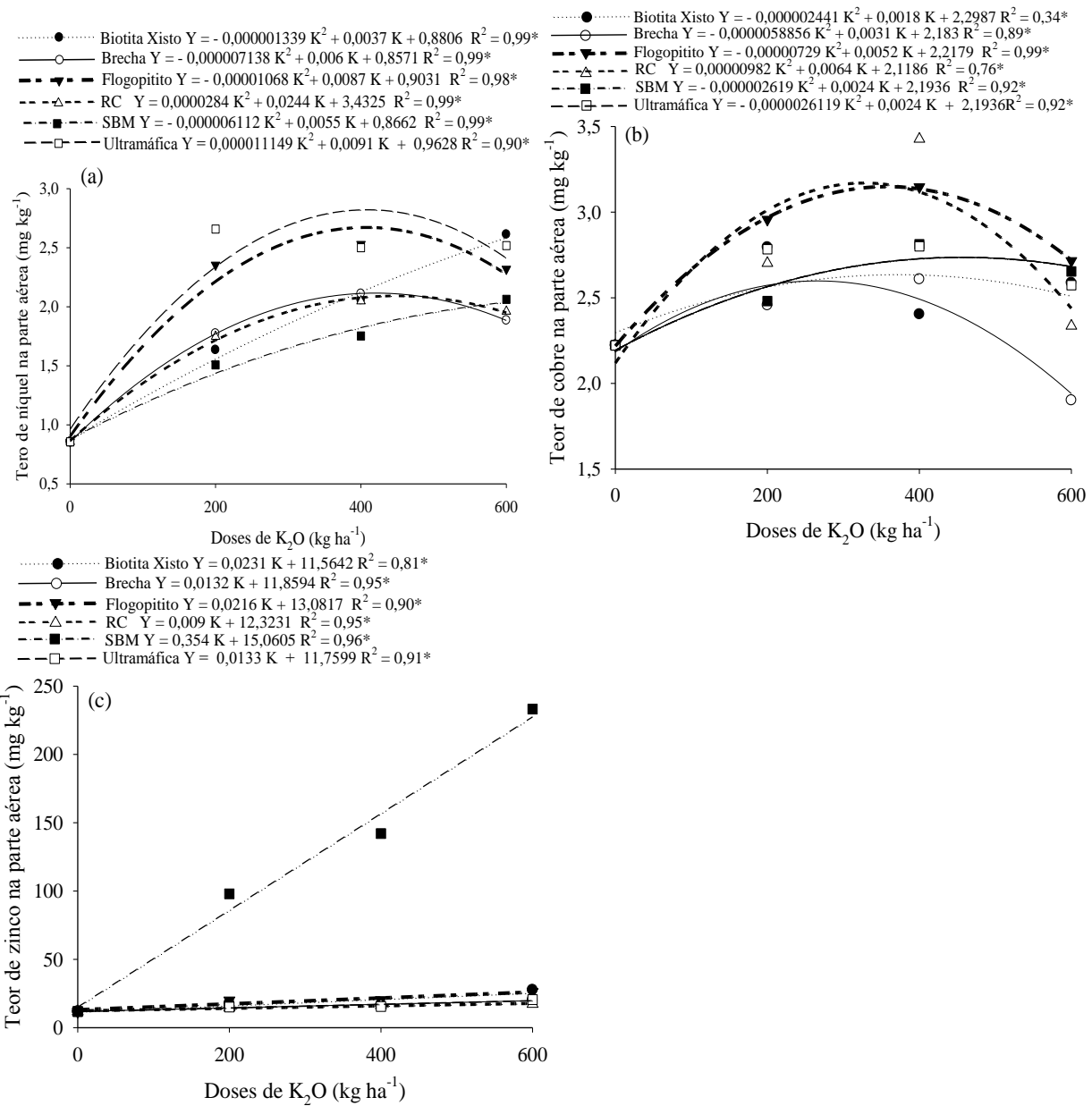


Figura 2 - Efeito da aplicação de fontes alternativas de nutrientes em diferentes doses de K_2O no teor níquel (a), cobre (b) e zinco (c) na parte aérea da alfaca. Significativo a $P < 0,05$.