



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E
BIOLÓGICAS PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOLOS E
QUALIDADE DE ECOSISTEMAS, CURSO DE MESTRADO.**

**ASSIMILAÇÃO DE LÍTIO, SÓDIO E POTÁSSIO POR PLANTAS
DE ALFACE**

MARIA HIGINA DO NASCIMENTO

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
JUNHO - 2014**

ASSIMILAÇÃO DE LÍTIO, SÓDIO E POTÁSSIO POR PLANTAS DE ALFACE

MARIA HIGINA DO NASCIMENTO

Engenheira Agrônoma

Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia, 1980.

Dissertação submetida ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas da Universidade Federal Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Mestre na área de Solos, Área de Concentração: Nutrição Mineral de Plantas.

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Souza Fadigas
Co-Orientadora: Prof^a. Dr^a Franceli da Silva

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECONCAVO DA BAHIA

MESTRADO EM SOLOS E QUALIDADE DE ECOSSISTEMAS

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA - 2014

FICHA CATALOGRÁFICA

N244a

Nascimento, Maria Higina do

Assimilação de Lítio, Sódio e Potássio por plantas de Alface /
Maria Higina do Nascimento. - Cruz das Almas, BA, 2014.
52 f.; il.

Orientador: Prof. Dr^o Francisco de Souza Fadigas

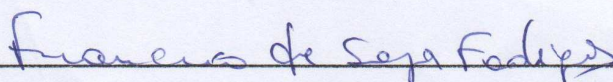
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo
da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas -
CCAAB.

1. Alface - Cultivo. 2. Alface – Adubação e fertilizantes. 3.
Adubação orgânica. 4. Adubação química. I. Universidade Federal
do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais
e Biológicas - CCAAB. II. Título.

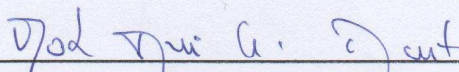
CDD: 635.060

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECONCÂVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS.
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOLOS E QUALIDADE DE
ECOSSISTEMAS

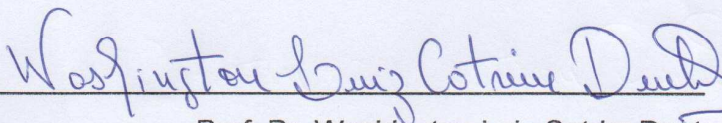
COMISSÃO EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE
MARIA HIGINA DO NASCIMENTO



Prof. Dr. Francisco de Souza Fadigas
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas – UFRB
(Orientador)



Prof. Dr. Robson Rui Cotrim Duete
Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrário - EBDA



Prof. Dr. Washington Luis Cotrim Duete
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas – UFRB

Dissertação homologada pelo Colegiado do Curso de Mestrado em Solos e
Qualidade do Ecossistema em....., conferindo o grau de Mestre
em.....

Dedicatória

Dedico a Paulo Amaro, meu saudoso pai, que como a maioria dos quilombolas da sua época, sem escolaridade, trabalhou muito, renunciando os prazeres da vida para que seus irmãos e filhos estudassem; partiu desta vida sem ver seus filhos concluírem, ao menos, o curso fundamental, a Anisia, minha querida mãe, que comprometeu a sua saúde, plantando em área arrendada, para garantir os estudos dos nove filhos, aos meus filhos: Antonio Jorge, que é também meu colega e Augusto Emanuel que se dedicou ao trato de doentes, às minhas noras: Mariana, Fernanda a minha mãe do coração, Ana, aos meus irmãos, sobrinhos, em especial, a minha irmã, a minha Amiga Irmã e a “Garden” que por serem portadoras de doenças comportamentais, motivaram a minha volta aos estudos na melhor idade, para dedicar o tempo de vigor que me resta, aos meus irmãos dos quilombos, portadores de doenças comportamentais.

Agradecimento

Agradeço a Deus pela coragem e saúde que ainda tenho para estudar já sexagenária, aos meus familiares que assumiram os cuidados com a minha mãe e com minha irmã, quando viajava para Cruz das Almas para estudar, a cada um dos meus colegas que me ajudaram a cuidar dos meus experimentos, na casa de vegetação, na coleta de dados e elaboração de artigos em trabalhos coletivos, quando estava trabalhando na EBDA, aos estudantes de graduação, em especial José Linhares e Telma, a diretoria e colegas da EBDA, em especial, ao meu chefe imediato Dr. João Batista Crisóstomo, pelo cuidado, defesa e compreensão, ao pessoal de apoio da UFRB que com dedicação cuidou dos meus experimentos de campo dando suporte em todas as etapas do cultivo, aos professores: Dr^a Franceli, Dr^a Cintia, Dr. Luciano, Dr. Anacleto, Dr. Jorge Gonzaga, Dr. Albany, Dr. André, Dr. Gilmar e ao meu orientador, sem o qual o meu trabalho não teria sucesso, obrigado Dr. Francisco de Souza Fadigas, pela sua atenção, dedicação e firmeza.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO.....	01
Capítulo 1	
ASSIMILAÇÃO DE LÍTIO, SÓDIO E POTÁSSIO POR PLANTAS DE ALFACE NA PRESENÇA DE ADUBO ORGÂNICO E MINERAL COM ADIÇÃO DE LÍTIO AO SOLO.....	08
Capítulo 2	
ASSIMILAÇÃO DE LÍTIO, SÓDIO E POTÁSSIO POR PLANTAS DE ALFACE NA PRESENÇA DE ADUBO MINERAL E ORGÂNICO.....	35
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52

ASSIMILAÇÃO DE LÍTIO, SÓDIO E POTÁSSIO POR PLANTAS DE ALFACE

Autora: Maria Higina do Nascimento

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Souza Fadigas

Co Orientadora: Prof^a. Dr^a. Franceli da Silva

RESUMO: O presente estudo trata da assimilação de Lítio (Li) por alface (*Lactuca sativa* L.), que é um vegetal usualmente consumido pela população. O Li é um oligoelemento essencial à saúde mental e comportamental dos seres humanos e é benéfico no tratamento de outras patologias. Este estudo consta de dois trabalhos: um ensaio em estufa, onde os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado em arranjo 5x2x4 sendo, cinco doses de Li (0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mg kg⁻¹), combinadas com esterco ou ureia + superfosfato simples em quatro repetições e outro em campo, no qual as plantas foram cultivadas com adubação a base de esterco bovino+ureia+cloreto de potássio (T1 - sem adubo; T2 - 7,11 g ureia e 5,33 g cloreto de potássio (KCl); T3 - 3,55 g ureia + 2,67 g KCL + 320,00 g esterco bovino e T4 – 640,00 g esterco bovino). Os tratamentos foram dispostos em blocos casualizados, com cinco repetições. A medida das concentrações do Li, Sódio (Na) e Potássio (K) nas plantas, nos adubos e no solo foi realizada por fotometria de chama. A adição de Li ao solo não incrementou a sua assimilação nem a sua concentração na parte aérea, porém os adubos interferiram na assimilação de Li, Na e K pela alface. Houve interação positiva entre o adubo orgânico e os adubos minerais resultando em maior produção e favorecendo o acúmulo total de Li nas plantas. A maior concentração de Li ocorreu na parte aérea, indicando que a alface pode ser usada na dieta humana como fonte primária de minerais.

Palavras-chave: concentração, *Lactuca sativa* L., adubo, dieta.

ASSIMILATION OF LITHIUM, SODIUM AND POTASSIUM IN PLANTS OF LETTUCE

Author: Maria Higina do Nascimento

Advisor: Prof. Dr. Francisco de Souza Fadigas

Co-Advisor: Prof^a. Dr^a. Franceli da Silva

ABSTRACT: The present study deals with the assimilation of Lithium (Li) for lettuce (*Lactuca sativa* L.), which is a vegetable commonly consumed by the population. Li is an essential mental and behavioral human health and trace elements is beneficial for treating other pathologies. This study consists of two works: an essay in the greenhouse, where treatments were arranged in a completely randomized design in 5x2x4 arrangement with five doses of Li (0,0; 0,5; 1,0; 1,5 and 2,0 mg kg⁻¹), combined with manure or urea + superphosphate in four repetitions and another field in which the plants were grown with fertilizer-based cattle manure + urea + potassium chloride (T1 - without fertilizer, T2 – 7,11 g urea and 5,33 g of potassium chloride (KCl); T3 – 3,55 g urea + 2,67 g KCL + 320,00 g cattle manure and T4 - 640,00 g manure). Treatments were arranged in a randomized block design with five replicates. The measured concentrations of Li, Sodium (Na) and Potassium (K) in plants, fertilizers and soil was performed by flame photometry. The addition of Li to the soil did not increase their uptake nor its concentration in the air part, but fertilizers interfere with the assimilation of Li, Na and K by lettuce. There was a positive interaction between organic manure and mineral fertilizers resulting in higher production and favoring the total accumulation of Li in plants. The highest concentration of Li occurred in shoots, indicating that lettuce can be used in human diet as a primary source of minerals.

Key words: Concentration, *Lactuca sativa* L., Fertilizes, diet.

INTRODUÇÃO

A diversidade dos vegetais, usados como alimentos, está imbuída de uma forte dose de terapia (MURARO, 1995) e durante muito tempo, supriu os comensais (os seres humanos e animais) de nutrientes (minerais, proteínas e vitaminas) essenciais para o equilíbrio da saúde física, mental e comportamental. Todavia, o estudo da presença, da importância, da absorção e da assimilação de alguns minerais, inclusive os elementos traços (oligoelementos), que não são considerados essenciais para as plantas, quase não era realizado.

Com a industrialização da agricultura, a variedade dos vegetais utilizados pelos seres humanos na sua dieta foi drasticamente reduzida, reflexo da perda de diversidade genética. Em consequência, muitos minerais essenciais deixaram de ser fornecidos aos humanos e animais em quantidades nas quais o organismo necessita para o seu equilíbrio e bom funcionamento, redundando no crescimento do percentual de pessoas portadoras de osteoporose, bócio, keshan, raquitismo, doenças cardíacas e neurológicas dentre outras, o que levou as Nações Unidas, em 1973, a criar um grupo de estudos formado de especialistas para estudar 21 elementos minerais, em muitos casos, não essenciais aos vegetais, mas com possível influência na saúde humana e animal (OMS, 1973). Dentre estes elementos, foi incluído o Lítio, que apesar deste grupo de estudiosos não confirmar a essencialidade na prevenção ou tratamento de doenças fisiológicas de seres humanos e animais, a sua essencialidade para tratamento de distúrbios comportamentais estava confirmada desde 1949, quando o lítio (carbonato de lítio) começou a ser usado, com sucesso, no tratamento de psicose maníaca depressiva, hoje conhecida como transtorno bipolar (WEISELL, 1991).

Até os anos setenta os estudos dos minerais se concentravam na essencialidade dos metais alcalinos, (Potássio e Sódio) e metais alcalinos terrosos, (Magnésio e Cálcio) que são os metais mais abundantes no sistema

biológico, em detrimento do estudo dos oligoelementos (Lítio, Boro, Cromo, Manganês, Níquel, Estanho, Vanádio, Molibdênio, Arsênio, Alumínio, Estrôncio, Césio e Silício) nos alimentos. Somente nas últimas décadas, os pesquisadores passaram a dedicar atenção aos micro e oligoelementos, em especial, pelo seu papel em fornecer cargas elétricas no desempenho das funções neuronais (FELDMAN et al.; LEAL; FERNANDES, 1997, 2005).

As jazidas de Lítio são concentradas em países como o Zaire, Zimbábue, Austrália, Canadá e Rússia, e também em salmouras naturais no Chile, Argentina, Bolívia, Estados Unidos da América, China e Israel. De acordo com fontes estadunidenses, o Afeganistão possui reservas deste mineral que podem ser as maiores do mundo em diferentes formações geológicas (OLIVEIRA, 2010). A sua concentração varia de 20 mg L^{-1} no Mar Morto até 1500 mg L^{-1} no Sal de Atacama. Suas reservas mundiais estão em forma de Óxido de Lítio, e são estimadas em 12.900.000 Mg. Entre os países detentores de reservas deste mineral se destaca o Chile com 58%, China com 27,1% a Austrália com 7,5% e a Argentina com 6,6%; os dados da Bolívia (uma das maiores reservas) e dos Estados Unidos (um dos maiores consumidores) não estão disponíveis. As reservas brasileiras estão nos estados de Minas Gerais e Ceará, são 430.000 Mg (RAMOS; DNPM/MME, 2007, 2012). Podem ocorrer concentrações anômalas no solo e nas águas, através da introdução direta, por meio de descarte de pilhas e baterias no lixo comum (PROCHNOW, T.; PROCHNOW, E., 2009).

Em meio à disputa do Lítio pela indústria é cada vez maior o interesse da medicina por este mineral, pois pretende destacar-se com o uso de pilhas de Lítio-Iodo que foram desenvolvidas pela Catalyst Research Corporation, nos Estados Unidos, para serem utilizadas em aparelhos de marca-passo cardíaco, por sua eficácia no tratamento de patologias como: depressão, câncer, hipertensão, balanço hormonal, leucemia, diabetes, cáries e funções imunológicas, dentre outras e como preventivo na normalização das funções psicomotoras, comportamentais e imunológica dos seres humanos.

Além do uso do Lítio como matéria prima em fármacos, este pode ser usado em ações preventivas como a sua adição em água potável e como suplementos alimentares. Estas medidas estão sendo adotadas, com sucesso, para controlar a manifestação de doenças comportamentais na população em

algumas localidades na Europa. Estes grupos apresentaram comportamento modificado mostrando sinais de melhora, diminuindo a agressividade, aumentando o nível de socialização e regularização do sono (SCHRAUZER, 2002).

O Lítio da dieta entra na cadeia alimentar através da ingestão dos alimentos vegetais (fonte primária de Lítio), destacando-se os grãos, os legumes, as hortaliças e a levedura, também, através do consumo de água, cuja concentração é limitada a $2,5 \text{ mg L}^{-1}$ pela legislação brasileira (Resolução CONAMA 357/05) e alimentos de origem animal, cuja quantidade está estritamente relacionada com a sua existência na ração com a qual o animal foi alimentado. É importante ressaltar que uma dieta com predominância de alimentos de origem vegetal oferece maior quantidade de Lítio que uma dieta com predominância de alimentos de origem animal.

Um dos principais papéis, do Lítio no organismo humano é a sua capacidade de melhorar a atividade do ácido fólico e transportar a vitamina B₁₂ nas células. Estas vitaminas estão associadas ao humor. A estimulação do transporte da vitamina B₁₂ nas células cerebrais por Lítio pode ser um mecanismo antidepressivo (VANYO, 1991).

Outra ação do Lítio é controlar o aumento da atividade metabólica de aminas cerebrais e a recaptção de noradrenalina, responsável pelo estado de excitação (euforia), em pessoas doentes ou saudáveis (SCHRAUZER, 2002).

A sua ação está estritamente relacionada á altura e peso do paciente, quanto maior peso e altura, maior a dose de Lítio para obter sucesso no tratamento, não existe uma dose diária universal recomendada ,apenas foi sugerida para os Estados Unidos, com base no peso, individuo adulto de 70 kg precisa apenas de 1 mg de Lítio por dia (SCHRAUZER, 2002).

A importância do Lítio para a saúde tem motivado o estudo deste mineral, não só pela indústria farmacêutica, mas também em vegetais que fazem parte da dieta dos seres humanos e animais. Para compreender melhor o comportamento desse elemento é necessário estudar a sua disponibilidade no solo e a sua absorção e assimilação pelos vegetais. O Lítio é encontrado em todos os solos em quantidades residuais, principalmente na fração argila e nos solos orgânicos, embora, em menor quantidade (BOWEN; WEINER, 1966, 1991).

Os vegetais absorvem o Lítio, principalmente o liberado das rochas para

solução do solo pelo intemperismo, através de raízes pelo mecanismo do fluxo de massa. Assim como os demais micronutrientes, ele depende da água para a sua absorção e distribuição para demais órgãos via xilema (FAQUIN, 2005). Sua mobilidade na planta é muito pequena, semelhante á do Cálcio. A pequena capacidade do Lítio em ser transportado pelo floema o difere dos demais metais alcalinos, que em geral são móveis na planta.

A relação da sua absorção com a retirada da água do solo pela planta, deve-se à presença de sais na solução do solo, que por sua vez, aumenta a força de retenção pelo efeito osmótico. Apesar de ser o cátion de menor raio iônico, quando hidratado se torna maior que os demais, diminuindo a espessura da camada dupla. Entretanto, a força eletrostática da bivalência supera o efeito da hidratação, e o Lítio por ser monovalente tem menor força atração com a argila que os cátions bivalentes (quanto maior a carga maior a força de atração), sendo que a sua absorção pela planta é regulada, principalmente, pela disponibilidade no solo (DIAS & BLANCO, 2010).

No estudo sobre absorção de Li por plantas de alface, algodão e girassol, realizado por Kalinowska, et al (2012) na Polônia, utilizando: 0,0; 2,5; 20; 50 e 100 mg Li dm⁻³, em cultivo hidropônico, observou-se que a quantidade de Li plantas de alface foram proporcionais ao aumento das doses de Li adicionadas à solução.

A essencialidade do Lítio para o crescimento e desenvolvimento das plantas ainda não é uma questão resolvida, apesar de apresentar efeito estimulante sobre o crescimento das mesmas, quando adicionado ao solo em pequena quantidade (SCHWEIGART, 1962).

A assimilação do Lítio pelas plantas se dá em quantidades variáveis, dependendo da localização, da rocha predominante e da cultura, e é maior em solos ácidos, pois a acidez do solo favorece a solubilidade de metais como Ferro, Cobre, Níquel, Cobalto, Manganês, Alumínio, Chumbo e Cádmio, aos quais os níveis de Lítio na planta estão diretamente relacionados (LAMBERT, 1983). Em grande quantidade esse elemento é tóxico para a planta, em especial, os citros e abacate, exceto para as plantas halófitas, que podem acumular Lítio em grande quantidade sem apresentar sinais de toxidez. As solanáceas, como o *Cirsium arvense* e *Solanum dulcamera* acumulam mais Lítio que as demais plantas, sendo que algumas culturas são muito sensíveis a doses elevadas de Lítio, o que pode causar clorose e a inibição do crescimento (SCHRAUZER, 1992). Em países como

o Chile, a Argentina, Bolívia e no Texas (EUA), nas proximidades das jazidas, a disponibilidade deste metal no solo e na água é alta em relação às demais localidades.

A sua absorção e assimilação pelos vegetais estão relacionadas às do Sódio e Potássio, por pertencerem ao grupo IA da tabela periódica. A presença destes cátions (K^+ e Na^+) em alta concentração estabelece uma concorrência com o cátion Li^+ , interferindo na sua absorção (FAQUIN, 2005).

O Potássio é um mineral muito requerido pelas plantas por ser demandado para contribuir com um grande número de funções como: a osmorregulação (a abertura e fechamento dos estômatos), a síntese de proteína, a ativação de mais de 60 enzimas, com o desenvolvimento das raízes, produção de matéria seca, no processo de fotossíntese, no transporte de carboidratos, a expansão celular (formação de vacúolos) (NUNES, 2013).

O Sódio é considerado um elemento benéfico para as plantas por contribuir com o Potássio no equilíbrio das funções osmóticas, podendo substituir o Potássio em algumas reações enzimáticas quando não há exigência exclusiva do Potássio, quando este mineral está em baixa concentração nos tecidos vegetais. É essencial apenas para a *Atriplex vesicaria*. Quando em alta concentração o solo pode ser tóxico para as plantas C_3 (FAQUIN, 2005).

A alface (*Lactuca sativa* L.) está entre os vegetais que tem capacidade de absorver e assimilar Lítio em pequena quantidade no solo. É uma cultura originária da Ásia e Europa, pertence à família Asteraceae. Em regiões de clima tropical o seu ciclo pode ser reduzido, pois a alta temperatura acelera o florescimento. A parte comestível da alface são as folhas, que podem ser lisas ou crespas, formando ou não cabeça, e a cor das folhas varia de verde a roxa (EMBRAPA HORTALIÇA, 2010).

A importância do Lítio para a saúde humana motivou o desenvolvimento do presente trabalho cujo objetivo é estudar a assimilação do Lítio pela alface (*Lactuca sativa* L.) em presença de adubo mineral e orgânico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAPTISTA, W. A.; OLIVEIRA, L. M. Atributos climáticos do estado da Bahia. Salvador: SEI - Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia, 1998. 85p. Série Estudos e Pesquisas 38

BOWEN, H. J. M.: Trace Elements in Biochemistry. Academic Press, New York 1966.

Catálogo Brasileiro de Hortaliças, Embrapa, Brasília – DF, 2010.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. Universidade Federal Rural do Semiárido/ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Meio Norte, Fortaleza Ce . 2010.

DNPM/MME. Sumário Mineral , volume 32. Brasília, 2012

FAQUIN, V. Mineral de Plantas / Valdemar Faquin. -- Lavras: UFLA / FAEPE, 2005. p.: il. - Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente.

FELDMAN, R. S.; MEYER, J. S.; QUENZER, L. F. Principles of Neuropsychopharmacology. Sinauer Associates Inc. Publishers, Massachusetts; pg. 853-859, (1997).

KALINOWSKA, M.; HAWRYLAK-B., N.; SZYMANSKA M. The influence of two lithium forms on the growth, l-ascorbic acid content and lithium accumulation in lettuce plants. Biol Traço Elem. Polónia, 2012.

LAMBERT, J. Lithium content in the grassland vegetation. In Anke M, Baumann W. Bräunlich H, Brückner C., pp 35-38, 1983

LEAL, A. C. M.; FERNANDES, A. S. G. Lítio e a sua aplicação terapêutica na Psicose maníaco-depressiva. Biologias. Revista de Divulgação Científica da Ordem dos Biólogos. Portugal. Abril de 2005.

MURARO, Rose Marie. A mulher no Terceiro Milênio. 4ª Edição. Editora: Rosa dos Tempos. ISBN: 8501647381; Ano: 1995; Páginas: 205.

OLIVEIRA, K. L. Lítio no Afeganistão: EUA anunciam que reservas do mineral podem ser as maiores do mundo. Lítio no Afeganistão – Principais ocorrências em diferentes informações geológicas. Disponíveis em:

<<http://geopoliticadopetroleo.wordpress.com/2010/06/19/litio-no-afeganistao-euaanunciam-que-reservas-do-mineral-podem-ser-as-maiores-do-mundo/litio-Afeganistao-principais-ocorrencias-em-diferentes-formacoes-geologicas/>>

Acesso em: 22 Set 2013.

ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD, Los oligoelementos en la nutrición humana- informe de um Comité de Expertos de La OMS, Genebra, 1973.

PROCHNOW, T. R.; PROCHNOW, E. A. Efeitos antrópicos sobre concentrações de metais alcalinos na região da microbacia do Arroio Araçá, Canoas – Rio Grande do Sul. Química. Nova, Vol. 32, No. 7, 1782-1786, 2009.

RAMOS, L. J. Departamento Nacional de Produção Mineral - Minas Gerais – Brasil. 2007.

RESOLUÇÃO CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.

SCHRAUZER, G, N.. Lithium: Occurrence, Dietary Intakes, Nutritional Essentiality. Journal of the American College of Nutrition, Vol. 21, No. 1, 14–21, 2002.

SCHWEIGART A: “Vitalstoff-Lehre.” Munich: H. Zauner Publisher, p73, 1962.

VANYO, L. V. U. T.; RAMOS, M.; AMIN, J.; CONNER, S. S.; BATEMAN, R.; TISMAN, G.: Lithium induced perturbations of vitamin B12, folic acid and DNA metabolism. pp 17–30, 1991.

WEINER, M. L.: Overview of lithium toxicology. In Schrauzer GN, Klippel, KF (eds): “Lithium in Biology and Medicine.” Weinheim: VCH Verlag, pp 83–99, 1991.

WEISELL R.C. Trace elements in human nutrition. Serie Alimentación, Nutrición y Agricultura. 1 (2-3): 25-29, 1991. Disponível em <<http://www.fao.org/docrep/u5900t/u5900t05.htm>> acesso em: 22 Set. 2013.

CAPÍTULO 1

ASSIMILAÇÃO DE LÍTIO, SÓDIO E POTÁSSIO POR ALFACE NA PRESENÇA DE ADUBO ORGÂNICO E MINERAL COM ADIÇÃO DE LÍTIO AO SOLO

O artigo a ser ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científica Revista Brasileira de Agroecologia, em versão na língua portuguesa.

ASSIMILAÇÃO DE LÍTIO, SÓDIO E POTÁSSIO POR ALFACE NA PRESENÇA DE ADUBO ORGÂNICO E MINERAL COM ADIÇÃO DE LÍTIO AO SOLO

Autor: Maria Higina do Nascimento

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Souza Fadigas

Co Orientadora: Prof^a. Dr^a. Franceli da Silva

RESUMO: A alface faz parte da dieta da população brasileira independente do seu poder aquisitivo. O Li é essencial à saúde mental e comportamental dos seres humanos. O objetivo deste trabalho foi estudar a assimilação do Lítio (Li) por alface (*Lactuca sativa* L.) em presença de esterco bovino ou ureia + superfosfato simples, com adição de Li ao solo. O estudo foi realizado na casa de vegetação da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Campus de Cruz das Almas. Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado em arranjo 5x2x4 sendo, cinco doses de Li (0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mg kg⁻¹), combinadas com esterco ou ureia + P em quatro repetições. Cada parcela experimental foi representada por um vaso contendo 5 kg de solo. A medida das concentrações do Li, Sódio (Na) e Potássio (K) na planta e no solo foi realizada por fotometria de chama. Foram avaliados o peso fresco e peso seco da parte aérea e raiz, a concentração, acúmulo, razão entre o teor de Li e Na, Li e K (solo), a razão da concentração do Li, Na e K na planta e o índice de assimilação solo/planta. Houve redução no ganho de peso fresco e massa seca das plantas da alface cultivadas em presença de ureia + P, quando as maiores doses de Li foram adicionadas ao solo. As crescentes doses de Li não proporcionaram aumento nas concentrações de Li na parte aérea das plantas nem no índice de assimilação deste mineral pelas plantas da alface.

Palavras-chave: mineral, concentração de Li, adubação, dieta, peso seco.

ASSIMILATION OF LITHIUM, SODIUM AND POTASSIUM IN LETTUCE IN THE PRESENCE OF ORGANIC AND MINERAL FERTILIZER WITH LITHIUM ADDED TO SOIL

Author: Maria Higina do Nascimento

Advisor: Prof. Dr. Francisco de Souza Fadigas

Co-Advisor: Prof^a. Dr^a. Franceli da Silva

ABSTRACT: Lettuce is part of the diet of the population regardless of their purchasing power. Li is essential to mental and behavioral health of human beings. The objective of this work was to study the assimilation of Lithium (Li) for lettuce (*Lactuca sativa* L.) in the presence of manure or urea + superphosphate, with addition of Li to the ground. The study was conducted in a greenhouse at the Federal University of Reconcavo of Bahia, Campus of Cruz das Almas. Treatments were arranged in a completely randomized design in 5x2x4 arrangement with five doses of Li (0,0; 0,5; 1,0; 1,5 and 2.0 mg kg⁻¹), combined with manure or urea + P in four replications. Each plot was represented by a pot containing 5 kg of soil. The measured concentrations of Li, Sodium (Na) and Potassium (K) in plant and soil was performed by flame photometry. Fresh weight and dry weight of shoot and root were evaluated, concentration, accumulation, ratio of the content of Li and Na, K and Li (solo), the ratio of the concentration of Li, Na and K in the plant and the index assimilation of soil/plant. There was a reduction in the gain of fresh weight and dry weight of lettuce plants grown in the presence of urea + P, while larger doses of Li were added to the soil. Increasing doses of Li provided no increase in Li concentrations in the shoots or in the index of this mineral assimilation by plants of lettuce.

Key words: mineral, concentration of Li, fertilization, diet, dry weight.

INTRODUÇÃO

O Lítio (Li) é um mineral essencial á saúde mental e comportamental dos seres humanos. Este elemento químico pertence á família IA da Tabela periódica, é um metal alcalino de massa atômica 6,941. É o mais leve dos minerais, por esta razão é encontrado em quantidade muito pequena no solo (em torno de 0,004%), em rochas, em salinas e em água salgada e mineral. Na natureza, é encontrado principalmente na forma de dois isótopos: Li_7 (92,5%) e Li_6 (7,5%). Foi isolado pela primeira vez em 1855, pelo alemão Robert Wilhem Bunsen, através da eletrólise do cloreto de lítio (SKOOG et al, 2006).

Os maiores depósitos naturais de Li se encontram no triangulo do Li da America, nas salmouras da Bolívia (Solar de Uyuni), Chile (Solar de Atacama) e Argentina (Solar Del hombre muerto) cuja exploração é mais econômica que em rochas (HOLLENDER; SHULTZ, 2010). De acordo com fontes estadunidenses, o Afeganistão possui reservas deste mineral que podem ser as maiores do mundo em diferentes formações geológicas (OLIVEIRA, 2010). As maiores reservas brasileiras estão nos estados de Minas Gerais e Ceará (RAMOS, 2007).

Desde 1949 o Lítio vem sendo usado como medicamento eficaz no tratamento do Transtorno Bipolar. Entretanto, uma medida mitigadora para controlar a manifestação de doenças comportamentais e o crescimento do percentual de suicídio ente os jovens na Europa, tem sido o uso do “Lítio dieta”, através da água enriquecida com Li e suplementos alimentares (leveduras) (SCHRAUZER, 2002).

O “Lítio dieta” está presente nos vegetais (alimentos), na levedura e na água potável, cuja concentração está limitada a $2,5 \text{ mg L}^{-1}$ pela legislação brasileira através da Resolução 357/2005 do CONAMA. Podem ocorrer concentrações anômalas no solo e nas águas, devido ao descarte de pilhas e baterias no lixo comum (PROCHNOW, T.; PROCHNOW, E., 2009).

Existe pouco estudo acerca da absorção e assimilação do Li pelos vegetais, em razão de algumas limitações como a sua pequena disponibilidade na crosta terrestre, a escassez de água e cultivos com correção do pH, visto que sua maior absorção e assimilação se dá em condição de pH ácido (LAMBERT, 1983).

Os vegetais absorvem o Li liberado para solução do solo, principalmente a partir das rochas, através raízes pelo mecanismo do fluxo de massa. Assim como os demais micronutrientes, depende da água para a sua absorção e distribuição para os demais órgãos, via xilema (FAQUIN, 2005). Sua mobilidade na planta é muito pequena, semelhante á do Cálcio. A sua limitada capacidade de transporte pelo floema é uma das características diferente das dos demais metais alcalinos, que são geralmente móveis na planta.

A absorção do Lítio pelas plantas está relacionada à absorção do Sódio (Na) e do Potássio (K), que também pertencem ao grupo IA da tabela periódica, estão associados á condutividade elétrica nas células e por originarem cátions monovalentes (K^+ e Na^+), em alta concentração estabelece-se concorrência com o Li^+ , interferindo na sua absorção (FAQUIN, 2005). Por esta razão estudamos também a concentração e assimilação destes elementos nas plantas da alface

O papel do Na nas plantas ainda não é muito bem definido, sendo caracterizado como essencial apenas para algumas espécies, como *Atriplex versicaria*, quando cultivada em solos com menos de $0,1 \text{ mols L}^{-1}$, esta planta apresenta sintomas como clorose, necrose e pouco desenvolvimento, mesmo que o nível de potássio esteja ótimo (PEIXOTO; NUNES, 2010, 2013). O Na substitui o K em algumas situações, embora, esta substituição não seja benéfica para desenvolvimento de alguns vegetais, inclusive a alface, que faz parte do grupo de plantas semitolerantes ao Na (DIAS; BLANCO, 2010).

O Potássio na forma trocável está em quantidades muito pequenas no solo, a sua absorção pelas plantas é realizada através do fluxo de massa, difusão e interceptação radicular. É muito abundante nas células, é um elemento essencial na nutrição das plantas, no processo de regulação osmótica, na síntese de proteínas e na ativação das enzimas envolvidas no metabolismo vegetal; tem papel fundamental no desenvolvimento das raízes dos vegetais e na produção de massa seca, impedindo o acamamento das plantas, aumentando a resistência destas a pragas e doenças, impedindo a sua desordem fisiológica, possibilitando assim maior período de armazenagem dos produtos pós colheita (NUNES, 2013).

A alface (*Lactuca sativa* L.) é originária da Ásia e Europa e pertence a família Asteracea. È um vegetal que pode ser cultivado em qualquer espaço, em jardins quintais hortas comerciais, domesticas ou escolares, até em vasos dentro de casa. A sua parte comestível são as folhas, que podem ser lisas ou crespas,

de cor verde a roxa, formando ou não cabeça, sendo muito apreciada e acessível a toda a população brasileira pelo sabor, valor nutritivo, pela facilidade de cultivo e pelo preço (EMBRAPA, 2004; 2010). É uma das culturas que tem capacidade de absorver e assimilar Lítio do solo, mesmo em pequenas quantidades.

O objetivo deste trabalho foi estudar a assimilação do Lítio por Alface em presença de adubo mineral e orgânico, com adição de Lítio ao solo.

MATERIAL E METÓDOS

O presente estudo foi realizado na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, no campus de Cruz das Almas, localizado na sede do município, que dista 156 km da capital do estado da Bahia, situado a uma altitude de 225 m, latitude: 12°39'11"S e Longitude: 39°07'19"O (INMET, 2014). A vegetação predominante é a floresta estacional semidecidual. O solo da região é classificado como Latossolo amarelo álico, com textura franco-argilo-arenosa, apresentando horizontes subsuperficiais coesos e relevo plano (EMBRAPA, 2001). O clima tropical sub úmido a seco com pluviosidade média anual de 1224 mm, com variações de 900 a 1200 mm, o período mais chuvoso vai de março a agosto, e o mais seco de setembro a fevereiro, com temperatura média anual de 24,50°C, clima local é do tipo Am, segundo a tipologia climática de Köppen (SEI, 2008).

Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado em arranjo de 5x2x4 sendo cada parcela experimental constituída por um vaso contendo 5 kg de solo, sendo utilizadas as seguintes doses de Lítio: T1 - 0,0 mg kg⁻¹; T2 - 0,5 mg kg⁻¹; T3 - 1,0 mg kg⁻¹; T4 - 1,5 mg kg⁻¹; T5 - 2,0 mg kg⁻¹, combinadas com aplicação de esterco bovino e ureia + P, em quatro repetições por tratamento.

A análise do solo superficial (0-20 cm) foi realizada pela Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola - Central de Laboratórios (EBDA-CLA) e apresentou o seguinte resultado: pH em água 5,3; Carbono Orgânico 0,76 dag kg⁻¹; Matéria Orgânica 1,31 dag kg⁻¹; Fósforo 1 mg dm⁻³; Ca+Mg 2,74 cmol_c dm⁻³; Cálcio 2,39 cmol_c dm⁻³; Magnésio 0,35 cmol_c dm⁻³; Relação Ca/Mg 6,83; Potássio 0,42 cmol_c dm⁻³ (163 mg dm⁻³); Sódio 0,10 cmol_c dm⁻³; Alumínio 0,01 cmol_c dm⁻³.

A análise do esterco bovino foi realizada pelo Centro de Tecnologia Agrícola e Ambiental (CAMPO) e apresentou o seguinte resultado: Umidade 17,8%; pH em CaCl_2 6,3; Magnésio Total 1,9% (m/m); Matéria Orgânica 15,4%; Carbono Orgânico Oxidável 8,9%; Nitrogênio Total <1% (m/m); relação C/N 15,4; Fósforo Total 0,47% (m/m); Potássio Total 0,51% (m/m); Boro <0,005% (m/m) Cobre <0,005% (m/m); Manganês Total 0,01% (m/m); Ferro 0,31% (m/m); Enxofre Total 0,15% (m/m); Zinco Total 0,01% (m/m).

A ureia utilizada continha 45% (m/m) de N e o superfosfato simples, 19% (m/m) de P_2O_5 , 22% (m/m) de CaO e 12% (m/m) de S.

A determinação do teor de Lítio (Li), Sódio (Na) e Potássio (K) no esterco bovino foi realizada no laboratório de Bioquímica da UFRB, pelo processo de digestão por via úmida, modificado de Embrapa (2009), com H_2SO_4 e H_2O_2 e apresentou o seguinte resultado: Na – 3.600 mg kg^{-1} ; K – 4.400 mg kg^{-1} ; Li – 80 mg kg^{-1} . A análise de Li, Na e K no superfosfato simples foi realizada pelo método descrito por EMBRAPA (1997), apresentando o seguinte resultado: Na – 11.817 mg kg^{-1} ; K – 1.050 mg kg^{-1} ; Li – 56 mg kg^{-1} . O teor de Li, Na e K na ureia foi realizado pelo método descrito por EMBRAPA (2009) no Laboratório de Química Analítica da UFRB; não foram detectadas as presenças de K e Li nas amostras analisadas, sendo que o teor de Na foi de 1.954 mg kg^{-1} . A determinação do teor natural de Li, Na e K no solo não adubado foi realizado por extração em solução de Mehlich e a determinação por fotometria de chama, segundo EMBRAPA (1997), apresentando o seguinte resultado: Na - 48,2 mg kg^{-1} ; K - 146,6 mg kg^{-1} ; Li - 2,0 mg kg^{-1} .

As mudas foram produzidas em bandejas de 128 células e 0,06 m de profundidade, a partir de sementes de alface manteiga, cultivar babá de verão (Irecê). Quando as mudas estavam com quatro folhas definitivas foram transplantadas para vasos contendo solo. O cultivo foi realizado em dois lotes de 20 vasos, um previamente adubado com 0,25 g de N por vaso, correspondente a 100 kg ha^{-1} de Nitrogênio na forma de ureia (Comissão Estadual de Fertilidade do Solo, 1989), dividido em três aplicações, uma no plantio (40%) e as demais aos 15 e 30 dias do plantio (30% cada) e 0,4 g de P_2O_5 por vaso, equivalente a 160 kg ha^{-1} (Comissão Estadual de Fertilidade do

Solo, 1989). O outro lote foi adubado com 50 g de esterco bovino por vaso, o que corresponde a 20 Mg ha⁻¹. Não foi realizada a correção do pH do solo porque a absorção do lítio ocorre em solos ácidos.



Figura 1. Mudanças da Alface. Cruz das Almas-BA, 2014.

A adição de Li ao solo (vasos) foi realizada no oitavo dia após o transplante, na forma de solução aquosa, e a irrigação manual foi realizada de acordo com a média do teste de umidade do solo, cujo valor foi de 6,9% (em massa), sendo necessários 260 ml de água para cada vaso.

A alface foi colhida quarenta dias após o transplante, portanto a trinta e dois da aplicação do Lítio. Após a coleta, as raízes foram separadas da parte aérea e lavadas em água corrente, com o auxílio de uma peneira e bacia, para evitar a perda das partes mais finas, e posteriormente secas com papel toalha. Todo material fresco (raiz e parte aérea) foi pesado em balança semi analítica (divisões de 0,001 g), submetido à pré-secagem por quarenta e oito horas e depois, secos em estufa de circulação forçada de ar a 65°C por setenta e duas horas. O material seco foi pesado, triturado em moinho elétrico vertical tipo Willye e depois acondicionados em frascos de polietileno, previamente descontaminados em solução de ácido nítrico a 10% e enxaguados em água destilada e identificados.

As amostras da alface e de esterco bovino foram abertas, pelo método de decomposição por via úmida, modificado da Embrapa (2009), utilizando ácido

sulfúrico (H_2SO_4) e peróxido de Hidrogênio (H_2O_2) a 30%. Foi pesada 0,1 g de cada amostra, em tubo de ensaio de 25x250 mm, depois se adicionou 3,5 ml de H_2SO_4 e após trinta minutos acrescentou-se 02 ml de H_2O_2 . Os tubos foram levados ao bloco digestor por trinta minutos à temperatura de 350°C. Depois de esfriados, adicionou-se mais 01 ml de H_2O_2 e levou-se, novamente, ao bloco digestor a 350°C, por mais trinta minutos, até alcançarem a coloração transparente/incolor. O material digerido, depois de frio, foi transferido para balão volumétrico de 50 ml, o volume completado com água deionizada e transferido para tubo de centrifuga de 50 ml.

A determinação de Potássio (K), Sódio (Na) e Lítio (Li) foi feita em fotômetro de chama Quimis, sendo utilizada solução padrão diluída a 10% (v/v) para efetuar a calibração do aparelho, conforme recomendação do fabricante (QUIMIS, nd). O digerido foi diluído na proporção de uma parte para duas de água deionizada (5 ml+10 ml) e transferido para um recipiente de 15 ml antes de efetuar a leitura.

Para fins de avaliação dos tratamentos foram determinadas as seguintes variáveis: peso fresco da parte aérea (PFPA); peso seco da parte aérea (PSPA); peso fresco da raiz (PFR); peso seco da raiz (PSR); concentração de Li, Na e K na parte aérea e na raiz; acumulo de Li, Na e K na parte aérea e raiz; razão da concentração do Li Na e K (concentração na parte aérea/ concentração na raiz); o índice de assimilação do Li, Na e K pela planta (concentração do mineral na parte aérea da planta/teor do mineral no solo); teor de Li, Na e K no solo; Quantidade de Li, Na e K por parcela; razão entre o teor de Li e Na, Li e K e entre K e Na da solução do solo. Os dados foram submetidos a análise de variância e suas médias foram comparadas pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR, versão 5.3 (UFLA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1 - Peso Fresco da Parte Aérea e Raiz

De acordo com os resultados das análises estatísticas somente as plantas da alface cultivada na presença de adubo mineral mostraram efeito significativo

no acúmulo de peso fresco da parte aérea e da raiz em função das doses de Li aplicadas ao solo.

O peso fresco da parte aérea das plantas da alface cultivadas com adubo mineral (ureia + P) variou de 34,14 a 128,79 g, sendo que o acúmulo máximo estimado de massa fresca se deu na dose correspondente a $0,71 \text{ mg kg}^{-1}$ de Li (Figura 1), o que representa um ganho de 23,29% em relação ao tratamento testemunha (95,710g). Quando foi adicionada ao solo a maior dose ($2,0 \text{ mg kg}^{-1}$) de Li as plantas produziram 76,60% menos massa fresca em relação ao valor estimado para a máxima produção, sendo ainda sua média de peso fresco 69,49% menor que o peso obtido no tratamento sem aplicação de Li.

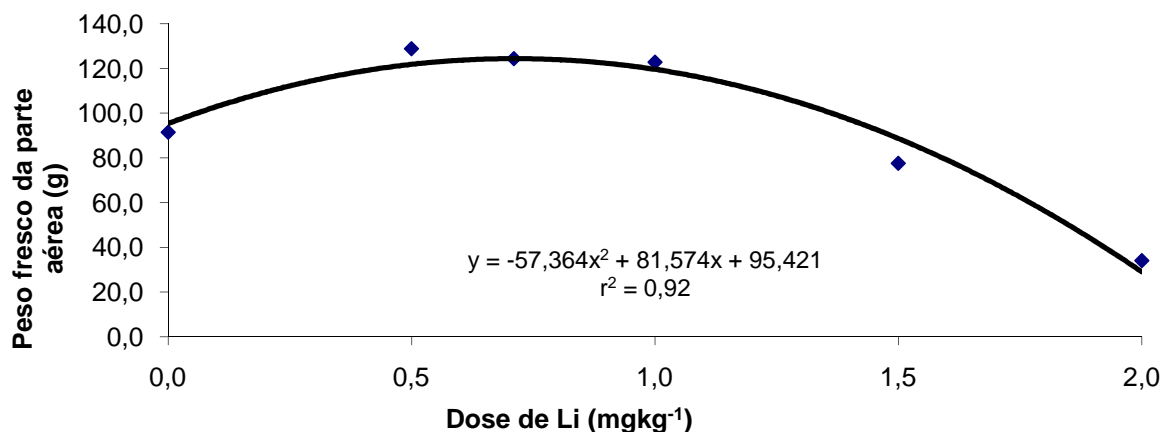


Figura 2. Resposta a doses de Li, aplicadas ao solo, sobre o acúmulo de massa fresca na parte aérea de plantas de alface (*Lactuca sativa*) cultivadas com ureia + P. Cruz das Almas-BA, 2014.

Provavelmente, quando as maiores doses de Li foram adicionadas ao solo, o adubo mineral contribuiu para que os íons Li^+ absorvidos pelas raízes atravessassem com maior facilidade as membranas celulares, interferindo negativamente no metabolismo do cálcio (Ca) (ALLENDER, et al, 1997), redundando em menor desenvolvimento plantas.

O peso seco da parte aérea, as plantas da alface cultivadas com ureia+P variou de 2,555 a 10,694 g, apresentando melhor resposta de acúmulo de massa seca (8,910 g) na dose estimada de $0,687 \text{ mg kg}^{-1}$ (Figura 2), o que corresponde a um aumento de 22,19% em relação ao tratamento testemunha

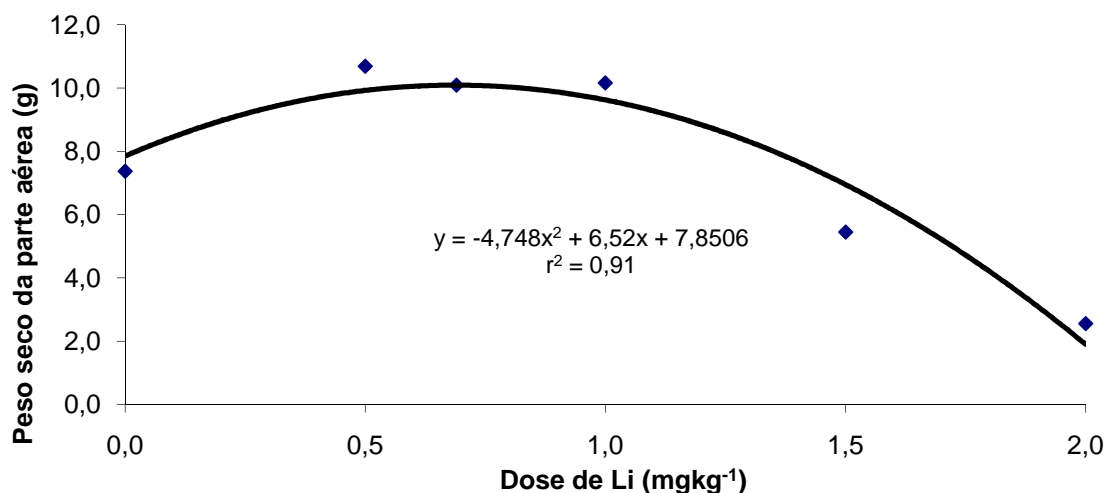


Figura 3. Resposta a doses de Li, aplicadas ao solo, sobre o acúmulo de massa seca na parte aérea de plantas de alface (*Lactuca sativa*) cultivadas com ureia + P. Cruz das Almas-BA, 2014.

Entretanto, quando foi adicionada ao solo a maior dose de Li houve um decréscimo de 81,17% na produção de massa seca das plantas em relação ao valor estimado para a máxima produção, e 75,80% menor que o peso obtido no tratamento testemunha

O peso seco das raízes das plantas da alface cultivadas com adubo mineral variou de 0,533 a 1,561 g, porém o acúmulo máximo de massa seca ocorreu na dose estimada de 0,816 mg kg⁻¹ de Li (Figura 3), representando um ganho de 35,38% em relação ao tratamento sem aplicação de Li.

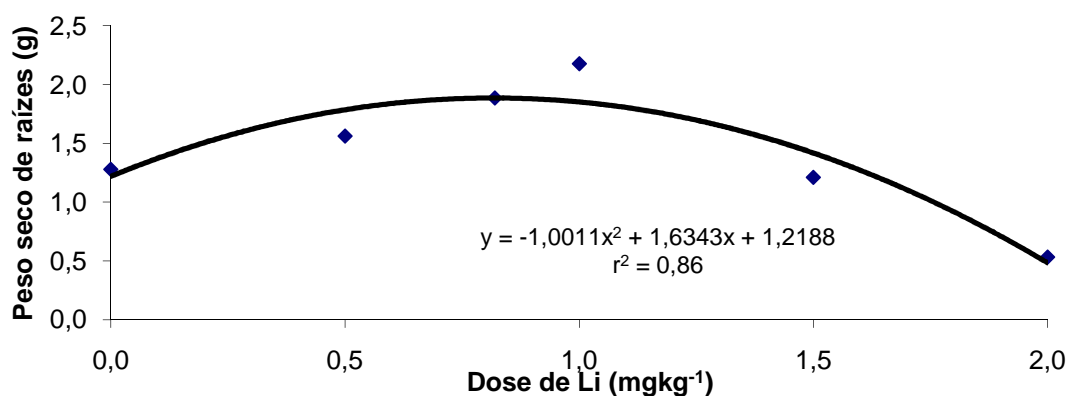


Figura 4. Resposta a doses de Li, aplicadas ao solo, sobre o acúmulo de massa seca nas raízes de plantas de alface (*Lactuca sativa*) cultivadas com ureia + P. Cruz das Almas-BA, 2014.

Quando foi adicionada ao solo a maior dose (2,0 mg kg⁻¹) de Li, a produção de massa seca das raízes da plantas foi de apenas 0,480 g, correspondendo a

39,63 e 25,61% do acúmulo de massa seca das plantas produzidas na dose estimada e no tratamento testemunha, respectivamente.

As plantas da alface cultivadas com adubo orgânico (esterco bovino), independente da dose de Li adicionada ao solo, não apresentaram diferença significativa no peso fresco e seco tanto da parte aérea como da raiz, de acordo com o teste de Tukey a 5% (Tabela 1).

Há indicação de que a ação do esterco bovino, devido à atividade microbiana e a ação dos ácidos húmicos, combinada com a relação entre o teor de Li/Na e Li/K no solo (Tabela 3) contribuíram para que as maiores doses de Li adicionadas ao solo não interferissem negativamente na produção de massa fresca e seca das plantas de alface.

Tabela 1. Resposta a doses de Li, aplicadas ao solo, sobre o peso fresco e seco da parte aérea e raiz das plantas de alface cultivadas com adubo orgânico (esterco bovino). Cruz das Almas - BA, 2014.

Doses de Li mg kg ⁻¹	PFPA ¹ g	PFR ² g	PSPA ³ g	PSR ⁴ g
0,0 (T1)	106,62a	8,85a	8,96a	1,10a
0,5 (T2)	97,72a	9,92a	8,89a	1,34a
1,0 (T3)	94,76a	7,94a	9,40a	1,59a
1,5 (T4)	120,27a	9,86a	9,89a	1,27a
2,0 (T5)	129,72a	10,88a	10,00a	1,35a
DMS	83,60	6,38	8,90	0,99

Médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. ⁽¹⁾ PFPA - peso fresco da parte aérea; ⁽²⁾ PFR - peso fresco da raiz; ⁽³⁾ PSPA - peso seco da parte aérea; ⁽⁴⁾ PSR - peso seco da raiz.

2 – Quantidade Total de Lítio, Sódio e Potássio e a Relação Entre os Teores de Li/Na, Li/K e K/Na no solo

Quando foi adicionado aos vasos 2,0 mg kg⁻¹ de Li, na presença de esterco bovino, a quantidade total de Li no mesmo teve um incremento de 10,00 mg, correspondendo a um acúmulo de 24,00 mg de Li/vaso (Tabela 2). Esta quantidade de Li/vaso combinada com 421,00 mg de Na e 953,00 mg de K/vaso não causou prejuízo ao crescimento das plantas.

Entretanto, nos vasos adubados com ureia + P, quando foi adicionada a mesma dose de Li (2,0 mg kg⁻¹), a quantidade total de Li por vaso, também, teve um incremento de 10,00 mg, passando de 10,11 mg para 20,11 mg de Li/vaso

(Tabela 2). Esta quantidade de Li combinada com 265,71 mg de Na e 732,10 mg de K/vaso interferiu negativamente no desenvolvimento das plantas de alface, ficando as médias de peso fresco e seco das plantas (PFPA), em relação ao valor do peso das plantas do tratamento testemunha menor 30,51 e 24,20%, respectivamente. Este resultado é coerente com estudo realizado por Schweigart (1962), no qual demonstra que o Li interfere no desenvolvimento dos vegetais, podendo ser tóxico para algumas espécies de plantas.

Tabela 2. Resposta a doses de Li, aplicadas ao solo, sobre a quantidade de Li, Na e K no solo do cultivo da alface com adubo orgânico (esterco bovino) e mineral (ureia + P₂O₅). Cruz das Almas-BA, 2014.

Doses de Li mg kg ⁻¹	QLiS ¹ mg parcela		QNaS ² mg parcela		QKS ³ mg parcela	
	Adubo orgânico	Adubo mineral	Adubo orgânico	Adubo mineral	Adubo orgânico	Adubo mineral
0,0 (T1)	14,00	10,11	421,00	265,71	953,00	732,10
0,5 (T2)	16,50	12,61	421,00	265,71	953,00	732,10
1,0 (T3)	19,00	15,11	421,00	265,71	953,00	732,10
1,5 (T4)	21,50	17,61	421,00	265,71	953,00	732,10
2,0 (T5)	24,00	20,11	421,00	265,71	953,00	732,10

Médias seguidas por letras iguais na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.
⁽¹⁾QLiS – quantidade de lítio na parcela; ⁽²⁾QNaS – quantidade de sódio na parcela; ⁽³⁾QKS –

De acordo com os resultados das análises estatísticas somente a relação entre os teores de K/Na do solo não mostraram efeito significativo.

Quando se adicionou a dose de 2,0 mg kg⁻¹ de Li ao solo adubado com esterco bovino, o valor observado da relação entre os teores de Li/Na foi 0,057 e o da relação Li/K 0,025, (Tabela 3), nestes valores a produção das plantas não sofreram prejuízo na produção de massa verde e seca. Indicando que a interação entre estes íons na proporção mencionada favorece o desenvolvimento da alface (Tabela 1).

Porém, no solo adubado com ureia + P, quando foi adicionada a mesma dose de Li (2,0 mg kg⁻¹), o valor da relação Li/Na chegou a 0,076 e o da relação Li/K 0,027, nestes valores o desenvolvimento das plantas declinou de modo significativo.

Tabela 3. Resposta a doses de Li, aplicadas ao solo, sobre a relação entre o teor de Lítio e Sódio, Lítio e Potássio e Potássio e Sódio no solo, do cultivo da alface com adubo orgânico (esterco bovino) e mineral (ureia + P) e com adição de Lítio ao solo. Cruz das Almas-BA, 2014.

Doses de Li mg kg ⁻¹	Li/Na		Li/K		K/Na	
	Adubo orgânico	Adubo mineral	Adubo orgânico	Adubo mineral	Adubo orgânico	Adubo Mineral
0,0 (T1)	0,033a	0,038e	0,015e	0,014e	2,264a	2,767 ^a
0,5 (T2)	0,039a	0,048d	0,017d	0,017d	2,264a	2,767 ^a
1,0 (T3)	0,045a	0,057c	0,020c	0,021c	2,264a	2,767 ^a
1,5 (T4)	0,051a	0,066b	0,023b	0,024b	2,264a	2,767 ^a
2,0 (T5)	0,057a	0,076a	0,025a	0,027a	2,264a	2,767 ^a
DMS	nd	4,64	0,0	1,64	nd	0,00

Médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

Ficando evidente que a partir valor 0,057 da relação Li/Na, quanto maior foi quantidade de Li em relação ao Na disponível no solo, menor foi o desenvolvimento das plantas de alface, conforme Figuras 1, 2 e 3.

As médias da relação Na/K no solo adubado com ureia + P foi maior que as do solo adubado com esterco bovino.

3 - Concentração de Lítio, Sódio e Potássio

De acordo com os resultados das análises estatísticas as concentrações de Li na parte aérea e na raiz das plantas da alface cultivadas na presença de esterco bovino, e na parte aérea das cultivadas com ureia + P não apresentaram diferença significativa, em função das doses de Li aplicadas ao solo, de acordo com o teste de Tukey a 5% (Tabela 4).

Apenas as concentrações de Li nas raízes das plantas da alface cultivadas em presença de ureia + P apresentaram diferença significativa entre si. Quando foi adicionada ao solo a maior dose de Li, a concentração deste elemento na raiz foi 66,58% menor que a concentração encontrada no tratamento testemunha (Tabela 4). Este resultado indica que provavelmente houve efeito tóxico do Li sobre peso seco da raiz das plantas submetidas a esta concentração de Li no solo (Figura 2).

O fato do Li ter comportamento semelhante ao do Ca, de ascender no xilema à custa da reação de trocas, devido à predominância de cargas negativas

nas paredes do xilema, combinado com a demanda transpiratória das folhas, fora determinante para que a sua maior concentração ocorresse na parte aérea.

Tabela 4. Resposta a doses de Li, aplicadas ao solo, sobre a concentração de Li na parte aérea e raiz das plantas de alface cultivadas com adubo orgânico (esterco bovino) e mineral (ureia + P) e com adição de Lítio ao solo. Cruz das Almas-BA, 2014.

Doses de Li mg kg ⁻¹	CLiPA ¹ mg g ⁻¹		CLiR ² mg g ⁻¹	
	Adubo orgânico	Adubo mineral	Adubo orgânico	Adubo mineral
0,0 (T1)	1,015a	1,015a	0,858a	0,777ab
0,5 (T2)	1,090a	1,065a	0,833a	0,570bc
1,0 (T3)	0,990a	1,073a	0,730a	1,007 ^a
1,5 (T4)	1,015a	1,065a	0,833a	0,443cd
2,0 (T5)	1,015a	0,935a	0,738a	0,260d
DMS	0,14	0,25	0,34	0,30

Médias seguidas pela mesma letra na linha, para cada variável, não difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. ⁽¹⁾ CLiPA - concentração de lítio na parte aérea; ⁽²⁾ CLiR - concentração de lítio na raiz.

De acordo com os resultados das análises estatísticas as plantas da alface cultivadas na presença de ureia + P mostraram efeito significativo na concentração de Na tanto na parte aérea como na raiz.

As concentrações de Na da parte aérea das plantas da alface cultivadas na presença de ureia + P variaram de 21,81 a 31,29 mg g⁻¹, sendo que a concentração máxima estimada de Na ocorreu na dose de Li correspondente a 1,10 mg kg⁻¹ (Figura 4), o que representa um acréscimo de 30,05% em relação ao valor observado no tratamento testemunha.

Quando foi adicionada ao solo a dose máxima (2,0 mg kg⁻¹) de Li houve um decréscimo 20,73% na concentração de Na da parte aérea, em relação ao valor estimado para a máxima concentração. Ainda assim, a média de concentração de Na foi 13,02% maior que a do tratamento testemunha.

Por outro lado, as concentrações de Na da parte aérea das plantas da alface cultivadas em presença de esterco bovino variaram de 28,19 a 38,72 mg g⁻¹, ocorrendo a máxima concentração do referido elemento na dose estimada de 0,924 mg kg⁻¹ de Li no solo, o que corresponde a um acréscimo de 16,03% em relação á concentração verificada no tratamento testemunha. Quando foi adicionada ao solo a maior dose (2,0 mg kg⁻¹) de Li as plantas concentraram

21,78% menos Na em relação a concentração máxima estimada, e 6,84% menor que a concentração verificada nas plantas do tratamento testemunha.

As concentrações de Na verificadas na parte aérea nas plantas cultivadas em presença de esterco bovino foram maiores que as das plantas adubadas com ureia+P.

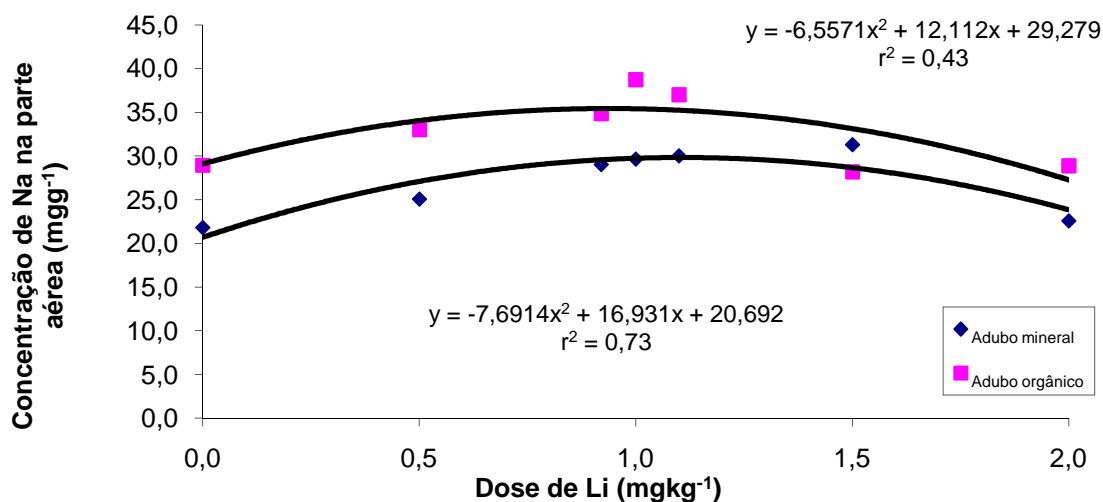


Figura 5. Resposta a doses de Li, aplicadas ao solo, sobre a concentração de Na parte aérea de plantas de alface (*Lactuca sativa*) cultivadas com ureia + P e esterco bovino. Cruz das Almas-BA, 2014.

A concentração de Na da raiz das plantas cultivadas com esterco mostraram efeito significativo entre si (Tabela5).

Tabela 5. Resposta a doses de Li, aplicadas ao solo, sobre a concentração do Na da raiz das plantas de alface cultivadas com adubo orgânico (esterco bovino) e mineral (ureia + P). Cruz das Almas-BA, 2014.

Doses de Li mg kg ⁻¹	CNaR ¹ mg g ⁻¹	
	Adubo orgânico	Adubo mineral
0,0 (T1)	26,55a	28,02 ^a
0,5 (T2)	24,40a	16,37ab
1,0 (T3)	30,72a	26,67ab
1,5 (T4)	30,72a	14,83ab
2,0 (T5)	24,14a	9,35b
DMS	16,51	17,95

Médias seguidas por letras iguais na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. ⁽¹⁾CNaR - concentração de sódio na raiz.

As concentrações de Na nas raízes das plantas de alface cultivadas na presença de ureia + P variaram de 9,35 a 26,67 mg g⁻¹ (Tabela5), sendo que a

menor média de concentração foi verificada quando se adicionou a maior dose de Li ao solo, de acordo com teste de Tukey a 5%.

De acordo com os resultados das análises estatísticas, apenas, as concentrações de K da parte aérea e da raiz das plantas da alface cultivadas na presença de ureia + P apresentaram diferença significativa, em função das doses de Li aplicadas ao solo.

A concentração de K na parte aérea das plantas de alface cultivadas com ureia + P variou de 49,56 e 61,38 mg g⁻¹ (Figura 5), a concentração máxima foi verificada na dose estimada de 0,95 mg kg de Li, o que corresponde a um acréscimo de 15,98% de K em relação à concentração nas plantas do tratamento testemunha.

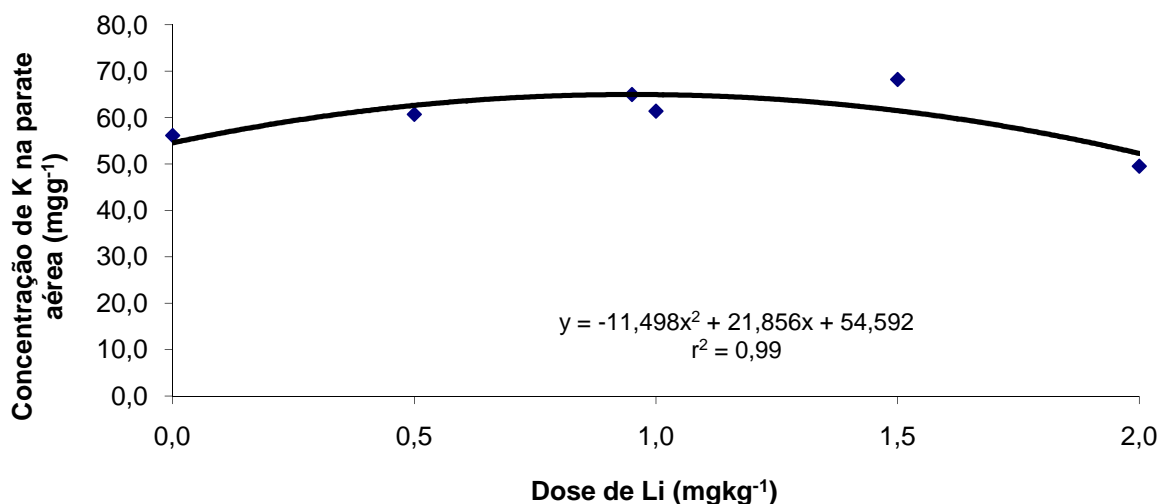


Figura 6. Resposta a doses de Li, aplicadas ao solo, sobre a concentração de K na parte aérea de plantas de alface (*Lactuca sativa*) cultivadas com ureia + P. Cruz das Almas-BA, 2014.

Quando foi adicionada e ao solo a maior dose de Li ao solo houve um decréscimo de 19,49% na concentração de K na parte aérea em relação à concentração máxima estimada, sendo esta concentração 4,18% menor que a observada no tratamento testemunha. As concentrações de K na parte aérea das plantas da alface cultivadas com esterco bovino variarem entre 56,01 a 61,30 mg g⁻¹ e na raiz a variação foi de 50,37 a 66,80 mg g⁻¹, não havendo diferença significativa entre as médias, teste de Tukey a 5%.

Nas raízes das plantas da alface cultivadas em presença de ureia + P a concentração de K variou de 12,05 a 104,67 mg g⁻¹, sendo a menor média verificada na plantas submetidas a maior dose de Li (Tabela 6).

A absorção do K teve comportamento semelhante á do Li, confirmando assim o sinergismo entre estes íons.

É importante destacar que a concentração de K tanto na parte aérea como na raiz da alface foi maior que a do Na e Li, isto porque o K é um macronutriente muito requerido nas funções osmóticas e metabólicas das plantas, (FAQUIN, 2005).

Tabela 6. Resposta a doses de Li, aplicadas ao solo, sobre a concentração do K nas plantas de alface, da parte aérea das cultivadas com adubo orgânico (esterco bovino) e da raiz das cultivadas com adubo orgânico (esterco bovino) e mineral (ureia +P). Cruz das Almas-BA, 2014.

Doses de Li mg kg ⁻¹	CKPA ¹ mg g ⁻¹		CKR ² mg g ⁻¹	
	Adubo orgânico		Adubo mineral	
0,0 (T1)	58,06a	47,50a	44,57 ^a	
0,5 (T2)	61,30a	47,21a	27,57 ^b	
1,0 (T3)	54,25a	43,84a	46,92 ^a	
1,5 (T4)	59,82a	48,69a	29,61 ^b	
2,0 (T5)	57,48a	39,59a	19,38 ^c	
DMS	10,35	16,14	19,10	

Médias seguidas por letras iguais na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. ⁽¹⁾CKPA - concentração de potássio na parte aérea; ⁽²⁾CKR - concentração de potássio na raiz

4 - Acumulo de Lítio, Sódio e Potássio nas Plantas

De acordo com os resultados das análises estatísticas, apenas, a quantidade de Li acumulada na parte das plantas da alface cultivadas na presença de ureia + P apresentaram diferença significativa, em função das doses de Li aplicadas ao solo.

A quantidade de Li acumulada na parte aérea das plantas da alface adubadas com ureia + P variou de 2,61 a 11,47 mg, sendo que o valor do acumulo máximo estimado ocorreu na dose correspondente a 0,71 mg kg⁻¹ de Li (Figura 6).). O referido acúmulo correspondeu a um incremento de 25,09% no acumulo de Li em relação ao acumulado nas plantas do tratamento testemunha, sem acréscimo de Li ao solo. Quando foi adicionada ao solo a maior dose de Li houve um decréscimo de 82,65% na quantidade de Li acumulada em relação ao valor estimado para a máxima produção, e 76,83% menos que nas plantas produzidas com tratamento testemunha (sem adição de Li).

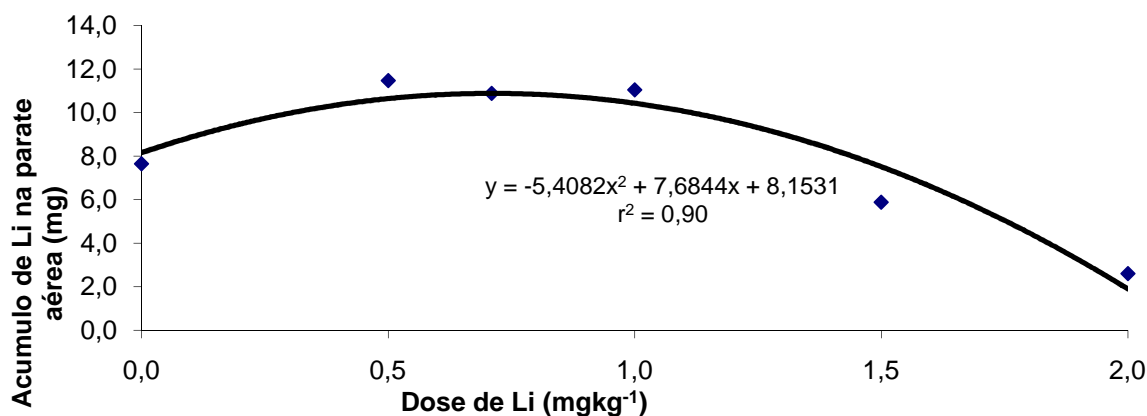


Figura 7. Resposta a doses de Li, aplicadas ao solo, sobre a quantidade de Li na parte aérea de plantas de alface (*Lactuca sativa*) cultivadas com ureia + P. Cruz das Almas-BA, 2014.

As médias de Li acumulado nas raízes das plantas cultivadas com ureia + P variam de 0,121 a 2,229 mg e apresentaram diferenças significativas entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, se destacando as plantas submetidas a maior dose de Li, com menor acúmulo de Li na raiz, como podemos verificar na Tabela 7.

Tabela 7. Resposta a doses de Li, aplicadas ao solo, sobre o acúmulo de Li na parte aérea e raiz das plantas de alface cultivadas com adubo orgânico (esterco bovino) e na raiz das cultivadas com adubo mineral (ureia + P). Cruz das Almas-BA, 2014.

Doses de Li mg kg ⁻¹	ALiPA ¹ mg planta		ALiR ² mg planta	
	Adubo orgânico		Adubo orgânico	Adubo mineral
0,0 (T1)	9,25a	0,89a	0,93ab	
0,5 (T2)	9,73a	1,07a	0,92ab	
1,0 (T3)	9,42a	1,26a	2,,23 ^a	
1,5 (T4)	9,96a	1,06a	0,50b	
2,0 (T5)	10,17a	0,98a	0,12b	
DMS	9,35	0,70	1,30	

Médias seguidas pela mesma letra na linha, para cada variável, não difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. ⁽¹⁾ ALiPA - quantidade de lítio na parte aérea; ⁽²⁾ ALiR - quantidade de lítio na raiz..

Esperava-se que à medida que maiores doses de Li fosse adicionadas ao solo houvesse maior acúmulo do elemento nas plantas, em função deste ser absorvido, predominantemente, por fluxo de massa (FAQUIN,2005). Todavia, os resultados indicam que as doses acima de 0,71 mg kg⁻¹ afetaram o desenvolvimento das plantas, reduzindo assim o total absorvido e o acumulado pelas plantas. Este resultado diferiu do encontrado por Kalinowska, et al (2012) no

estudo de absorção de Li por plantas de alface, algodão e girassol, na Polônia, utilizando doses de Li iguais a 0,0; 2,5; 20; 50 e 100 mgdm⁻³, em cultivo hidropônico. Estes autores observaram que as quantidades de Li nas plantas de alface foram proporcionais ao aumento das doses de Li adicionadas à solução.

As médias dos acúmulos de Li, Na e K, na parte aérea e raízes, das plantas cultivadas com esterco bovino, não diferiram significativamente entre si, em função das doses aplicadas, conforme mostrado nas Tabelas 7, 8 e 9, embora tenha sido verificada uma tendência de que maiores valores fossem obtidos na dose 1,0 mg kg⁻¹.

Tabela 8. Resposta a doses de Li, aplicadas ao solo, sobre o acúmulo de Na da parte aérea e raízes das plantas da alface cultivada com adubo orgânico (esterco bovino) e mineral (ureia + P). Cruz das Almas-BA, 2014.

Doses de Li mg kg ⁻¹	ANaPA ¹ mg		ANaR ² mg	
	Adubo orgânico	Adubo mineral	Adubo orgânico	Adubo mineral
0,0 (T1)	269,36a	170,20ab	28,29a	30,66ab
0,5 (T2)	296,13a	266,36a	31,02a	27,52ab
1,0 (T3)	371,05a	304,75a	48,09a	56,91 ^a
1,5 (T4)	282,07a	175,16ab	38,36a	17,61b
2,0 (T5)	289,11a	61,5b	32,71a	5,60b
DMS	326,03	222,62	29,94	35,22

Médias seguidas por letras iguais na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. ⁽¹⁾ANaPA - quantidade de sódio na parte aérea; ⁽²⁾ANaR - quantidade de sódio na raiz.

Todavia, não ocorreu prejuízo ao desenvolvimento das plantas, tanto da parte aérea como da raiz, o que se mostra como um fator positivo quando a finalidade for o uso dessas plantas como fonte primária de minerais na nutrição humana.

Tabela 9. Resposta a doses de Li, aplicadas ao solo, sobre o acúmulo de K na parte aérea e raiz das plantas de alface cultivadas com adubo orgânico (esterco bovino) e mineral (ureia + P). Cruz das Almas-BA, 2014.

Doses de Li mg kg ⁻¹	AKPA ¹ mg planta		AKR ² mg planta	
	Adubo orgânico	Adubo mineral	Adubo orgânico	Adubo mineral
0,0 (T1)	535,63a	424,39ab	50,37a	54,84ab
0,5 (T2)	551,22a	661,10a	61,18a	46,18ab
1,0 (T3)	542,27a	624,94a	66,80a	104,67 ^a
1,5 (T4)	592,55a	323,87ab	63,51a	31,94ab
2,0 (T5)	578,11a	138,31b	53,56a	12,05b
DMS	567,56	453,27	44,92	64,84

Médias seguidas por letras iguais na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. ⁽¹⁾ AKPA - quantidade de potássio na parte aérea; ⁽²⁾ AKR - quantidade de potássio na raiz.

5 - Razões Entre a Concentração de Li, Na e K, na Parte Aérea e Raiz da Alface

A razão entre as concentrações de Li na parte aérea e raiz das plantas cultivadas em presença de uréia + P variou entre 1,07 e 4,61; sendo que a menor razão foi verificada na dose estimada de 0,54 mg kg⁻¹ de Li (Figura 7).

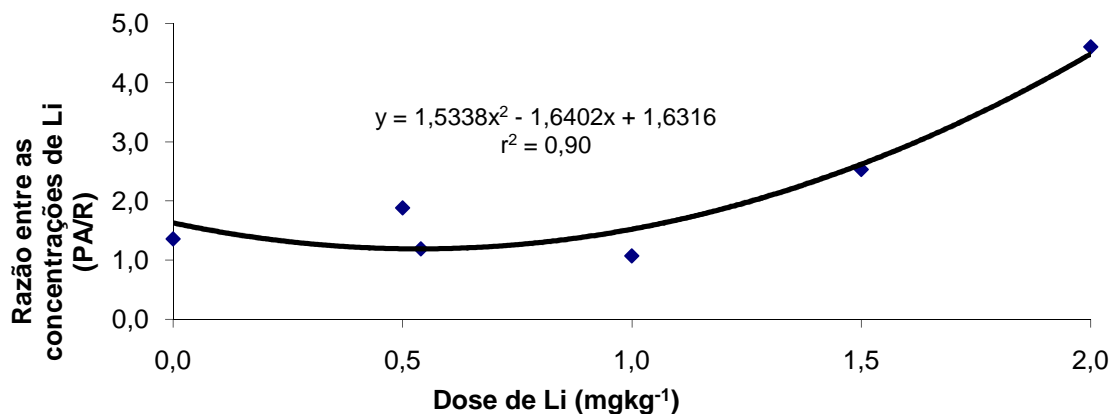


Figura 8. Resposta a doses de Li, aplicadas ao solo, sobre a razão entre as concentrações de Li (PA/R) das plantas de alface (*Lactuca sativa*) cultivadas com ureia + P. Cruz das Almas-BA, 2014.

A razão de concentração encontrada na dose estimada foi 26,91% menor em relação à verificada no tratamento testemunha. Quando foi adicionada ao solo a maior dose de Li esta razão aumentou em 73,63% em relação a da dose estimada e 63,63% em relação à razão verificada no tratamento testemunha.

Estes resultados confirmam que o aumento da dose de Li no solo afetou

proporcionalmente mais a absorção deste elemento na raiz do que na parte aérea das plantas, diferente do que ocorreu nas menores doses onde a relação entre as concentrações deste elemento estiveram próxima de 1,0.

As razões entre as concentrações de Na e K nas plantas cultivadas em presença de ureia + P acompanharam a mesma tendência da razão entre as concentrações do Li (Tabela 10)

Nas plantas cultivadas com esterco bovino, as diferenças entre médias das razões entre as concentrações de Li (PA/R) na parte aérea não foram significativas, variando de 1,22 a 1,44. Comportamento semelhante foi observado para as razões das concentrações de Na e K.

Tabela 10. Resposta a doses de Li, aplicadas ao solo, sobre a razão entre a concentração (PA/R) de Li, Na e K das plantas de alface cultivadas com adubo orgânico (esterco bovino) e Na e K das plantas cultivadas com adubo mineral (ureia + P). Cruz das Almas-BA, 2014.

Doses de Li mg kg ⁻¹	RCLi ¹		RCNa ²		RCK ³	
	Adubo orgânico	Adubo orgânico	Adubo mineral	Adubo orgânico	Adubo Mineral	
0,0 (T1)	1,22a	1,10a	0,88a	1,27a	1,37 ^a	
0,5 (T2)	1,34a	1,40a	1,62a	1,38a	2,26 ^a	
1,0 (T3)	1,36a	1,27a	1,15a	1,33a	1,28 ^a	
1,5 (T4)	1,23a	1,00a	2,74a	1,24a	2,10 ^a	
2,0 (T5)	1,44a	1,20a	4,19a	1,47a	3,44 ^a	
DMS	0,59	0,62	4,24	0,55	2,31	

Médias seguidas por letras iguais na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. ⁽¹⁾RCLi - razão de concentração de Li na planta; ⁽²⁾ RCNa - razão de concentração de Na na planta; ⁽³⁾RCK -razão de concentração de K na planta.

6 – Índices de Assimilação dos Elementos Li, Na e K (Parte Aérea/Solo)

O índice de assimilação de Li das plantas adubadas com ureia + P diminuiu à medida em que maiores doses de Li foram adicionadas ao solo, sendo que estes índices variaram de 0,23 a 0,50 (Figura 8). Comportamento semelhante foi observado nas plantas adubadas com esterco bovino, cuja variação ficou entre 0,21 a 0,36, sendo que a assimilação das plantas cultivadas com adubo mineral apresentaram índices maiores que as cultivadas com adubo orgânico. Este resultado pode ser explicado, em parte, pela presença de **ureia** na adubação do solo, visto que este fertilizante é absorvido pelas plantas com grande velocidade, e quando está presente entre os adubos induz a o aumento da velocidade da

absorção dos micronutrientes, que são microelementos (CAMARGO; SILVA, 1990). Provavelmente a presença da ureia na adubação tenha contribuído para que os maiores índices de assimilação de Li ocorressem nas plantas cultivadas com adubo mineral.

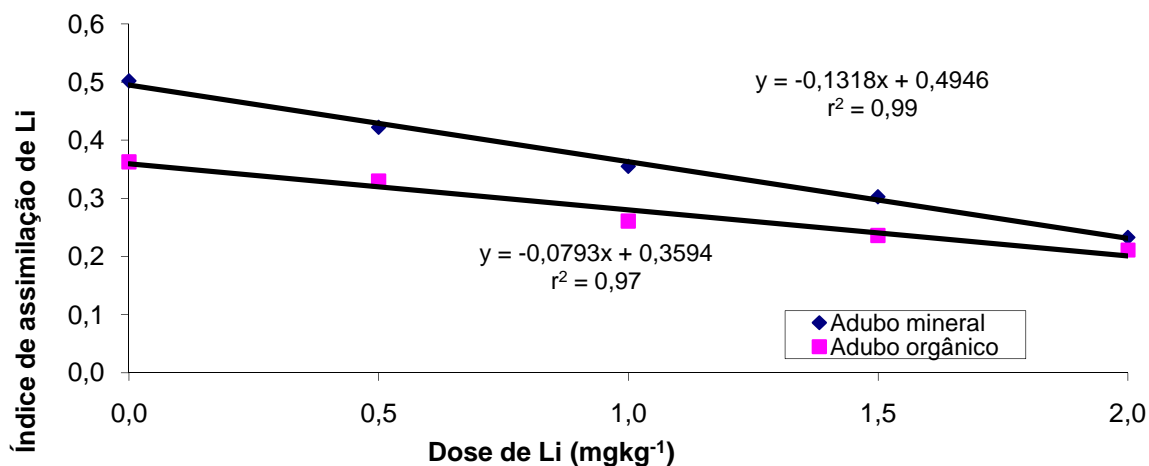


Figura 9. Resposta a doses de Li, aplicadas ao solo, sobre o índice de assimilação de Li das plantas de alface (*Lactuca sativa*) cultivadas com ureia + P e esterco bovino. Cruz das Almas-BA, 2014.

O índice de assimilação de Na nas plantas cultivadas com ureia + P variou de 0,41 a 0,59 (Figura 9), o que representa um acréscimo de 25,77% em relação ao índice do tratamento testemunha.

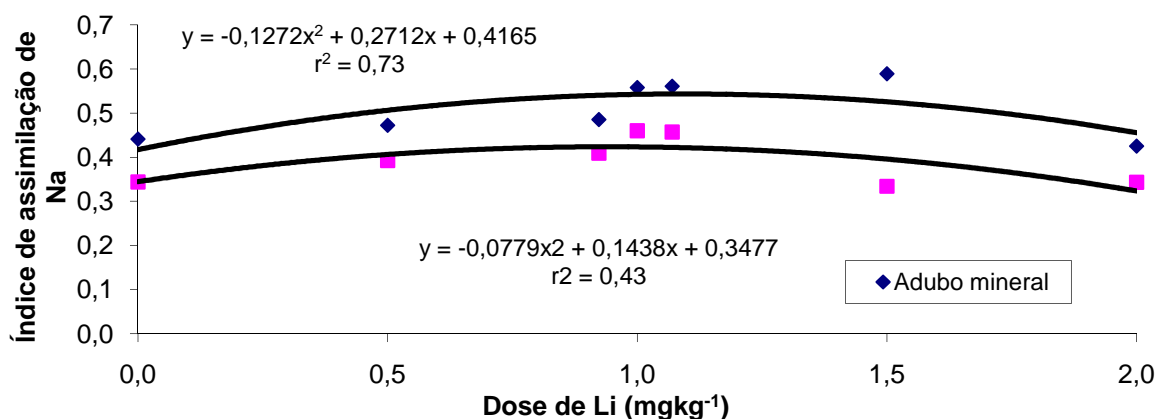


Figura 10. Resposta a doses de Li, aplicadas ao solo, sobre o índice de assimilação de Na das plantas de alface (*Lactuca sativa*) cultivadas com ureia + P e esterco bovino. Cruz das Almas-BA, 2014.

Quando foi adicionada ao solo a dose máxima de Li ($2,0 \text{ mg kg}^{-1}$) as plantas assimilaram 19,78% menos Na que na dose que proporcionou a assimilação máxima estimada, e 7,46% mais que a assimilação no tratamento testemunha. Entretanto, este índice nas plantas cultivadas com esterco bovino variou de 0,33 a 0,46, sendo que o índice máximo foi observado na dose estimada de $0,92 \text{ mg kg}^{-1}$ de Li, correspondendo a um acréscimo de 15% em relação a do tratamento testemunha. Quando a maior dose de Li foi adicionada ao solo este índice declinou 20,86% em relação ao registrado na dose estimada, e 6,90% menos que o do tratamento testemunha.

Os índices de assimilação de K, tanto das plantas adubadas com ureia + P, como as adubadas com esterco bovino, não apresentaram diferença entre si pelo teste Tukey a 5%.

CONCLUSÃO

Os menores valores das médias de peso fresco e massa seca tanto da parte aérea como da raiz das plantas cultivadas na presença de ureia + P foram observados quando as maiores doses de Li foram adicionadas ao solo. No entanto, nas plantas cultivadas com esterco bovino, o aumento das doses de Li adicionadas ao solo não interferiram no peso fresco nem na massa seca, tanto da parte aérea como da raiz.

As diferentes doses de Li aplicadas no solo não proporcionaram aumento na concentração de Lítio na parte aérea das plantas, independente do adubo aplicado, interferindo apenas na concentração deste elemento nas raízes das plantas adubadas com ureia + P.

À medida que a concentração de Li no solo aumentou, os índices de assimilação deste elemento pelas plantas de alface diminuíram, sendo este índice proporcionalmente maior nas plantas cultivadas com ureia + P em relação ao índice daquelas cultivadas com esterco bovino.

Entre os elementos estudados o Li e o K se concentraram principalmente na parte aérea da alface.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLENDER, W. J.; CRESSWELL, G. C.; KALDOR, J.; KENNEDYB, I. R. Effect of Lithium and Lanthanum on Herbicide Induced Hormesis in Hydroponically-Grown Cotton and Corn. *Journal of plant nutrition*, 20(1), pp 81-95 (1997)

BAPTISTA, W. A.; OLIVEIRA, L. M. *Atributos climáticos do estado da Bahia*. Salvador: SEI – Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia, 1998. 85p. Série Estudos e Pesquisas 38.

Catálogo Brasileiro de Hortaliças, Embrapa, Brasília – DF, 2010.

CATANI, R. A.; PAIVA NETO J. E de. Dosagem do potássio e sódio pelo “fotômetro de chama” sua aplicação em análise de solo. Trabalho apresentado na II Reunião Brasileira de Ciência do Solo, realizada no Instituto Agrônômico de Campinas, de 11 a 22 de julho de 1949.

COLLIER, G. F., HUNTINGTOM, V. C. The relationship between leaf growth calcium accumulation and distribution and tipburn development in field-grown butterhead lettuce. *Sci. Hort. (Netherlands)* 21, 123-128, (1983).

DIAS, N. S. & BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. Universidade Federal Rural do Semiárido/ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Meio Norte, Fortaleza Ce . 2010.

EMBRAPA, Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes, 2ª edição revista e ampliada, Brasília, DF: Embrapa Informações tecnológicas, 2009.

EMBRAPA, Manual de métodos de análise de solo, Centro Nacional de Pesquisa de Solo 2ª edição revista e atualizada, Rio de Janeiro, 1997.

FAQUIN, V. Mineral de Plantas / Valdemar Faquin. – Lavras: UFLA / FAEPE, 2005. Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente.

FELDMAN, R. S.; MEYER, J. S.; QUENZER, L. F. *Principles of Neuropsychopharmacology*. Sinauer Associates Inc. Publishers, Massachusetts; pg. 853-859, (1997).

HOLLENDER, R.; SHULTZ, J. Bolivia y su litio ¿Puede el “oro del siglo XXI” ayudar a una nación a salir de la pobreza? Cochabamba – Bolivia. Mayo 2010.

KALINOWSKA, M.; HAWRYLAK-B., N.; SZYMANSKA M. The influence of two lithium forms on the growth, l-ascorbic acid content and lithium accumulation in lettuce plants. *Biol Traço Elem. Polónia*, 2012.

KENT, N. L. TRANSLOCATION AND ULTIMATE FATE OF LITHIUM IN THE WHEAT PLANT. School of Agriculture, Cambridge, 1941.

LAMBERT, J. Lithium content in the grassland vegetation. In Anke M, Baumann W. Bräunlich H, Brückner C., pp 35-38, 1983.

LEAL, A. C. M.; FERNANDES, A. S. G. Lítio e a sua aplicação terapêutica na Psicose maníaco-depressiva. *Biologias. Revista de Divulgação Científica da Ordem dos Biólogos. Portugal. Abril de 2005.*

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R.G. interpretação de Análise de Solo: Boletim Técnico Nº 2. ANDA. São Paulo, 2004

NUNES, A. S. Nutrição Mineral de Plantas. Dourados MS, 2013.

OLIVEIRA, K. L. Lítio no Afeganistão: EUA anunciam que reservas do mineral podem ser as maiores do mundo. Lítio no Afeganistão – Principais ocorrências em diferentes informações geológicas. Disponíveis em:

<24T24P://geopoliticadopetroleo.wordpress.com/2010/06/19/litio-no-afeganistao-euaanunciam-que-reservas-do-mineral-podem-ser-as-maiores-do-mundo/litio-afeganistao-principais-ocorrencias-em-diferentes-formacoes-geologicas/> Acesso em: 22 Set 2013.

PEIXOTO, E. M. A. *Elemento Químico – Cálcio. Química nova na escola.* Nº 20, 2004.

PROCHNOW, T. R.; PROCHNOW, E. A. *Efeitos antrópicos sobre concentrações de metais alcalinos na região da microbacia do Arroio Araca, Canoas – Rio Grande do Sul.* *Quim. Nova*, Vol. 32, No. 7, 1782-1786, 2009.

RAMOS, L.J. Departamento de Produção Mineral – Minas Gerais – Brasil. 1999.

SCHRAUZER, G, N.. *Lithium: Occurrence, Dietary Intakes, Nutritional Essentiality.* *Journal of the American College of Nutrition*, Vol. 21, No. 1, 14–21, 2002.

SCHWEIGART A: *“Vitalstoff-Lehre.”* Munich: H. Zauner Publisher, p73, 1962.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. *Fundamentos de Química Analítica.* Thomson. 8. 24T. São Paulo 2006.

SOUZA, E. M.; OLIVEIRA, C. G. RESENDE, A. V. MATOS, M. S. F. *Agrominerais – Rochas Silicáticas como Fontes Minerais Alternativas de Potássio para a Agricultura – CETEM/2008, 2ª, Edição 2001.*

Tabela brasileira de composição dos alimentos – TACO. 4ª edição revisada e ampliada. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação – NEPA. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP- Campinas – SP- 2011.

TEBALDI, F. L. H.; SILVA, J. F. C.; VASQUEZ, H. M. e THIEBAUT, J. T. L. *Composição Mineral das Pastagens das Regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.* 1. Cálcio, Fósforo, Magnésio, Potássio, Sódio e Enxofre. *Rev.*

Bras. Zootec. 29(2):603-615, 2000. Disponível em:
<24T24P://www.scielo.br/pdf/rbz/v29n2/5801.pdf>. Acesso em: 22 Set. 2013.

WEINER M.L: Overview of lithium toxicology. In Schrauzer GN, Klippel, KF (eds):
“Lithium in Biology and Medicine.” Weinheim: VCH Verlag, pp 83–99, 1991.

CAPÍTULO 2

ASSIMILAÇÃO DE LÍTIO, SÓDIO E POTÁSSIO POR ALFACE NA PRESENÇA DE ADUBO MINERAL E ORGÂNICO

O artigo a ser ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científica Revista Cubana de Plantas Medicinales, em versão na língua portuguesa..

ASSIMILAÇÃO DE LÍTIO, SÓDIO E POTÁSSIO POR ALFACE NA PRESENÇA DE ADUBO MINERAL E ORGÂNICO

Autor: Maria Higina do Nascimento

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Souza Fadigas

Co Orientadora: Prof^a. Dr^a. Franceli da Silva

RESUMO: Este trabalho foi desenvolvido no Campo Experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Campus de Cruz das Almas, com o objetivo de estudar a assimilação de Lítio (Li) do solo por plantas de Alface (*Lactuca sativa* L.) em presença de adubo mineral e orgânico cultivar. A variedade utilizada foi alface manteiga; as plantas foram cultivadas com adubação a base esterco bovino + ureia+cloreto de potássio (T1 - sem adubo; T2 - 7,11 g ureia + 5,33 g cloreto de potássio (KCl); T3 - 3,55 g ureia + 2,67 g KCL + 320 g esterco bovino; T4 - 640 g esterco bovino). Os tratamentos foram dispostos em blocos casualizado, com cinco repetições. A medida das concentrações do Li, Na e K foram realizadas em fotômetro de chama. Foram avaliados: o peso fresco e massa seca da parte aérea e raízes, as concentrações, os acúmulos, as razões das concentrações e os índices de assimilações do Li Na e K pelas plantas; os teores de Li, Na e K e as razões entre os teores de Li e Na, Li e K no solo. A forma de adubação que resultou em melhor produção de peso fresco, massa seca e assimilação de Li pela alface foi a combinação do adubo mineral com o orgânico. Entretanto, os mecanismos que regulam a concentração e assimilação do Li, Na e K pelas plantas de alface necessitam ser mais estudados.

Palavras- chave: lítio dieta, esterco bovino, húmus, *Lactuca sativa* L..

ASSIMILATION OF LITHIUM, SODIUM AND POTASSIUM IN LETTUCE IN THE PRESENCE OF FERTILIZER MINERAL AND ORGANIC

Author: Maria Higina do Nascimento

Advisor: Prof. Dr. Francisco de Souza Fadigas

Co-Advisor: Prof^a. Dr^a. Franceli da Silva

ABSTRACT: This study was conducted on the experimental farm of the Federal University of Reconcavo of Bahia, Campus of Cruz das Almas, with the aim of studying the assimilation of Lithium (Li) of the soil by plants of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in the presence of mineral and organic fertilizer to cultivate. The variety used was butter lettuce; plants were grown with fertilizer based cattle manure + urea + potassium chloride (T1 - without fertilizer; T2 – 7,11 g urea + 5,33 g potassium chloride (KCl); T3 – 3,55 g urea + 2,67 g KCL + 320 g cow manure and T4 - 640 g manure). Treatments were arranged in a randomized block design with five replicates. The measured concentrations of Li, Na and K were performed using a flame photometer. Were evaluated: fresh weight and dry weight of shoots and roots, concentrations, accumulations, the ratios of concentrations and rates of assimilation of Li Na and K by plants; The contents of Li, Na and K, and the ratios of the concentrations of Li and Na, Li and K in the soil. The form of fertilization which resulted in better production of fresh weight, dry weight and assimilation of lettuce by Li was the combination of mineral fertilizer with organic. However, the mechanisms that regulate the uptake and concentration of Li, Na and K by lettuce plants need to be further studied.

Key words: lithium diet, manure, humus, *Lactuca sativa* L..

INTRODUÇÃO

O Lítio (Li) é um metal alcalino, o mais leve dos minerais, está em muito pequena quantidade no solo, em rochas (0,004%), em salinas e em água salgada; na natureza está em forma de dois isótopos: Li_7 (92,5%) e Li_6 (7,5%); pertence à família IA da Tabela periódica, de massa atômica 6,941. Foi isolado pela primeira vez em 1855, pelo alemão Robert Wilhem Bunsen, através da eletrólise do cloreto de lítio (SKOOG et al, 2006).

As principais reservas deste mineral (85% da reserva mundial) se encontram na América do Sul, nas salmouras da Bolívia (Solar de Uyuni), do Chile (Solar de Atacama) e da Argentina (Solar Del Hombre Muerto) (HOLLENDE; SHULTZ, 2010). O Afeganistão possui reservas deste mineral que podem ser as maiores do mundo em diferentes formações geológicas (OLIVEIRA, 2010). No Brasil as maiores reservas de Li se encontram nos estados de Minas Gerais e Ceará (RAMOS, 1999). Podem ocorrer concentrações anômalas no solo e nas águas, devido ao descarte de pilhas e baterias no lixo comum (PROCHNOW, T.; PROCHNOW, E., 2009).

O Li é essencial à saúde mental e comportamental dos seres humanos; desde 1949 o Carbonato de Lítio vem sendo adotado como medicamento eficaz no tratamento do Transtorno Bipolar e na atualidade o Li está sendo adicionado à água potável ou como suplemento alimentar (levedura), como medida mitigadora para controlar a manifestação de doenças comportamentais e o crescimento do percentual de suicídio ente os jovens na Europa, (SCHRAUZER, 2002).

O “Lítio dieta” está presente nos vegetais (alimentos), na levedura e na água potável, cuja concentração está limitada a $2,5 \text{ mg L}^{-1}$ pela legislação brasileira através da Resolução 357/05 do CONAMA.

É muito pequena a quantidade de estudos a cerca da absorção de Li pelos vegetais, em razão de algumas limitações como a sua disponibilidade na crosta terrestre, da disponibilidade e qualidade da água e do cultivo com correção do pH, visto que sua maior absorção se dá em condição de pH ácido (DIAS; BLANCO, 2010).

O Li contido na solução do solo é absorvido pelas plantas, através raízes pelo mecanismo do fluxo de massa; assim como os demais micronutrientes, depende da água para a sua absorção e distribuição para os demais órgãos, via

xilema (FAQUIN, 2005). Sua mobilidade na planta é muito pequena, semelhante à do Cálcio. Sua limitada capacidade de transporte pelo floema o difere dos demais metais alcalinos, que geralmente são móveis na planta.

A absorção do Lítio pelas plantas está relacionada à absorção do Sódio (Na) e do Potássio (K), que também pertencem ao grupo IA da tabela periódica e originam cátions monovalentes (K^+ e Na^+), quando em alta concentração estabelece-se concorrência com o Li^+ , interferindo na sua absorção (FAQUIN, 2005).

O Na é um dos elementos benéficos para as plantas, o seu papel no metabolismo vegetal ainda não muito está bem definido. É caracterizado como essencial apenas para as plantas C_4 , como exemplo, a *Atriplex versicaria*, quando cultivada em solos com baixa concentração deste elemento, apresenta sintomas como clorose, necrose e pouco desenvolvimento, mesmo que os níveis de K estejam ótimos (PEIXOTO; NUNES, 2010, 2013). O Na substitui o K em algumas situações, embora, esta substituição não seja benéfica para desenvolvimento de alguns vegetais, inclusive a alface, do grupo de plantas semitolerante e do não tolerante ao Na (DIAS; BLANCO, 2010).

O Potássio é um dos nutrientes mais demandado pelas plantas, pelo papel que exerce nos processos bioquímicos e biofísicos do seu metabolismo; é o principal cátion citoplasmático nas células das plantas. Está em quantidades muito pequenas no solo (CATANI; NETO, 1949), sua absorção se dá principalmente através do fluxo de massa; é muito móvel na planta (xilema e floema). O Potássio ativa mais de 60 enzimas, não participa da estrutura da célula, porém atua no processo da fotossíntese, regula a abertura e fechamento dos estômatos

A alface (*Lactuca sativa* L.) é originária da Ásia e Europa e pertence a família Asteracea. Nas regiões de clima tropical o seu ciclo geralmente é reduzido, pois as altas temperaturas aceleram o seu florescimento. Sua parte comestível são as folhas, que podem ser lisas ou crespas, formando ou não cabeça, sendo muito apreciada e acessível a toda a população brasileira pelo sabor, valor nutritivo, pela facilidade de cultivo e pelo preço (EMBRAPA, 2004; 2010). É uma das culturas que tem capacidade de absorver o Lítio do solo.

A presente pesquisa tem o objetivo estudar a concentração, acúmulo e a assimilação do Lítio por plantas de alface cultivadas na presença de adubo

químico e orgânico.

MATERIAL E METÓDOS

O presente trabalho foi realizado na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Campus de Cruz das Almas, na área experimental Projeto Talhão Memória localizado na sede do município, dista 156 km da capital do estado da Bahia, situado a uma altitude de 225 m, latitude: 12°39'11"S e Longitude: 39°07'19"O (INMET, 2014). A vegetação predominante é a floresta estacional semidecidual. O solo da região é classificado como Latossolo Amarelo Álico, com textura franco-argilo-arenosa, apresentando horizontes subsuperficiais coesos e relevo plano (EMBRAPA, 2001). O clima tropical sub úmido a seco com pluviosidade média anual de 1224 mm, com variações de 900 a 1200 mm, mais chuvosos nos meses de março a agosto, e mais secos de setembro a fevereiro com temperatura média anual de 24,50°C, clima local é do tipo Am, segundo a tipologia climática de Köppen (SEI, 2008).

No presente estudo os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos ao acaso, em arranjo fatorial 4x5 sendo cada parcela experimental constituída de 0,8 m² de leira (1,00 m x 0,80 m), contendo quatro linhas de plantio, com espaçamento de 0,25 m entre linhas e 0,20 m entre plantas. Para fins de coleta de dados foram considerada como parcela útil as duas linhas centrais. Cada bloco foi representado por um canteiro de 0,80 m x 4,00 m, perfazendo uma área de 16,00 m² por experimento. As parcelas foram separadas por tapumes de PVC na profundidade de 0,20 m, sendo estabelecida a distância de 1,00 m entre os canteiros para impedir que houvesse interferência entre os tratamentos dos experimentos. As doses de adubo aplicadas ao solo foram calculadas para atender a demanda de nutrientes para produção da alface, de acordo com a análise do solo e recomendações técnicas para a cultura.

As mudas de alface foram produzidas na estufa de Nutrição Mineral de Plantas da UFRB, em bandejas de 128 células e 0,06 m de profundidade, a partir de sementes de alface manteiga, cultivar babá de verão (Irecê); foram transplantadas para canteiro quando estavam com quatro folhas definitivas; aos vinte cinco dias do transplante, as plantas sofreram um ataque de *Lagria villosa*, que foram catados manualmente e cortados com tesoura; as plantas foram colhidas 45 dias após o transplante.

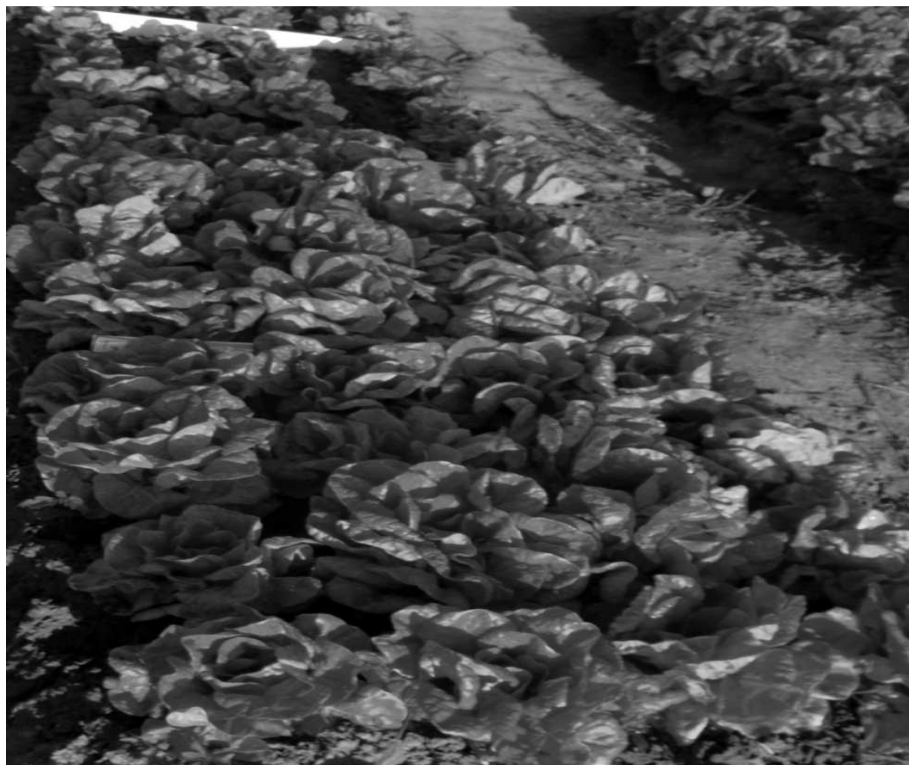


Figura 1. Cultivo da alface. Cruz das Almas-BA, 2014.

A análise do solo superficial (0-20 cm) foi realizada pela Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola - Central de Laboratórios (EBDA-CLA) e apresentou o seguinte resultado: pH em água - 5,6; Carbono - $0,31 \text{ dag kg}^{-1}$; Fósforo - 32 mg dm^{-3} ; Ca+Mg - $1,46 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Cálcio - $0,76 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Magnésio - $0,70 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Relação Ca Mg - 1,09; Potássio - $0,18 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (72 mg dm^{-3}); Sódio - $0,03 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Alumínio - $0,05 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

A recomendação de adubação foi 80 kg de Nitrogênio e 40 kg de potássio por hectare, sendo os adubos adicionados ao solo na forma dos seguintes tratamentos: T1 - sem adubo; T2 - 7,11 g ureia e 5,33 g cloreto de potássio (KCl); T3 - 3,55 g ureia, 2,67 g KCL e 320 g esterco bovino; T4 - 640 g esterco bovino. A ureia e o esterco de gado foram aplicados metade no plantio e metade em cobertura, aos vinte dias do plantio. O KCl foi aplicado apenas no plantio. Embora recomendada, não foi realizada a correção do pH do solo, porque a melhor absorção do Li, geralmente, ocorre em solos ácidos (LAMBERT, 1983).

A análise do esterco bovino foi realizada pelo Centro de Tecnologia Agrícola e Ambiental (CAMPO) e apresentou o seguinte resultado: Umidade - 17,8%; pH em CaCl_2 - 6,3; Magnésio Total - 1,9% (m/m); Matéria Orgânica - 15,4%; Carbono Orgânico Oxidável - 8,9%; Nitrogênio Total - <1% (m/m); relação

C/N - 15,4; Fósforo Total - 0,47% (m m); Potássio Total - 0,51% (m m); Boro - <0,005;% (m/m) Cobre - <0,005% (m/m) Manganês Total - 0,01% (m/m) Ferro - 0,31% (m/m); Enxofre Total - 0,15% (m/m); Zinco Total - 0,01% (m/m).

A concentração de N na ureia utilizada no experimento foi de 45% e o KCL usado continha 60% K₂O e 38% Cl.

O teor de Li, Na e K no esterco bovino foi realizada no laboratório de Bioquímica da UFRB, pelo processo de digestão por via úmida, modificado de Embrapa (2009), com H₂SO₄ e H₂O₂ e apresentou o seguinte resultado: Na - 3600 mg kg⁻¹; K - 4400 mg kg⁻¹; Li - 80 mg kg⁻¹. A concentração de Li, Na e K na Ureia e no Cloreto de potássio foi realizada pelo método descrito por EMBRAPA (2009) no Laboratório de Química Analítica da UFRB. Na amostra de Ureia analisada não foi detectada a presença de K e Li e na de Cloreto de potássio não foi detectada a presença de Li, sendo que o teor de Na foi de 1954 mg kg⁻¹ na Ureia e o Cloreto de potássio apresentou o seguinte resultado: Na – 20.668 mg kg⁻¹ e K – 7.272 mg kg⁻¹. Para as determinações dos teores naturais de Li, Na e K no solo não adubado, as extrações foram realizadas em solução de Mehlich e as determinações, por fotometria de chama, segundo EMBRAPA (1997). Apresentou o seguinte resultado: Na – 134,4 mg kg⁻¹; K – 73,3 mg kg⁻¹; Li – 1,4 mg kg⁻¹.

As amostras para análise da alfaca foram coletadas na parcela útil, as quatro plantas centrais, segundo recomendado por Malavolta et al. (1997 Após a coleta as raízes foram separadas da parte aérea e lavadas em água corrente, com o auxílio de uma peneira e bacia, para evitar a perda das partes mais finas, e posteriormente, secas com papel toalha. Todo material fresco (raiz e parte aérea) foi pesado em balança semi-analítica (divisões de 0,001 g), submetido a pré-secagem por quarenta e oito horas e depois, secos em estufa de circulação forçada de ar a 65°C por setenta e duas horas. O material seco foi pesado, triturado em moinho elétrico vertical tipo Willye e depois acondicionados em frascos de polietileno, previamente descontaminados em solução de ácido nítrico a 10% e enxaguados em água destilada devidamente identificados.

As amostras da alfaca, do húmus e do esterco bovino foram abertas pelo método de decomposição por via úmida, modificado da Embrapa (2009), utilizando ácido sulfúrico (H₂SO₄) e peróxido de Hidrogênio (H₂O₂) a 30%. Foi pesada 0,1 g de cada amostra, em tubo de ensaio de 25x250 mm, depois se adicionou 3,5 ml de H₂SO₄ e após trinta minutos acrescentou-se 2,0 ml de H₂O₂.

Os tubos foram levados ao bloco digestor por trinta minutos à temperatura de 350°C. Depois de esfriados, adicionou-se mais 1,0 ml de H₂O₂ e levou-se novamente ao bloco digestor a 350°C, por mais trinta minutos, até alcançarem a coloração transparente/incolor. O material digerido, depois de frio, foi transferido para balão volumétrico de 50 ml, o volume completado com água deionizada e transferido para tubo de centrifuga de 50 ml.

As determinações de Li, Na e K foram feitas em fotômetro de chama Quimis, sendo utilizada solução padrão diluída a 10% (v/v) para efetuar a calibração do aparelho, conforme recomendação do fabricante (QUIMIS, nd). O digerido foi diluído uma parte para duas de água deionizada (5 ml+10 ml) e transferido para um recipiente de 15 ml antes de efetuar a leitura.

Para fins de avaliação dos tratamentos foram determinadas as seguintes variáveis: peso fresco da parte aérea (PFPA); peso seco da parte aérea (PSPA); peso fresco da raiz (PFR); peso seco da raiz (PSR); concentração de Li, Na e K na parte aérea e na raiz; acumulo de Li, Na e K na parte aérea e raiz; razão da concentração do Li Na e K (concentração na parte aérea/ concentração na raiz); o índice de assimilação do Li, Na e K pela planta (concentração do mineral na parte aérea da planta/teor do mineral no solo); teor de Li, Na e K no solo; razão entre o teor de Li e Na, Li e K e entre K e Na da solução do solo. Os dados foram submetidos a análise de variância e suas médias foram comparadas pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR, versão 5.3 (UFLA, 2014).

RESULTADO E DISCUSSÃO

1- Peso fresco e seco das planta

De acordo com os resultados das análises estatísticas as plantas da alface apresentaram efeito significativo entre si, no acúmulo de peso fresco e massa seca da parte aérea, em função dos adubos adicionados ao solo (Tukey a 5%).

As maiores médias de peso fresco e seco da parte aérea (PFPA e PSPA) foram verificadas nas plantas adubadas com a combinação de ureia + KCl +

esterco bovino (T3), seguidas pelas médias da plantas adubadas com esterco bovino (T4), conforme Tabela 1.

Tabela 1. Peso fresco e seco da parte aérea e raiz das plantas de alface cultivadas com ureia + KCl e esterco bovino Cruz das Almas-BA, 2014.

Tratamento	PFPA ¹ g	PFR ² g	PSPA ³ g	PSR ⁴ g
Testemunha (T1)	54,40c	6,80a	2,63b	0,63 ^a
Ureia + KCl (T2)	71,90bc	6,72a	3,09ab	0,62 ^a
Ureia + KCl + esterco bovino (T3)	97,52a	9,23a	3,94a	0,86 ^a
Esterco bovino (T4)	88,76ab	7,80a	3,84a	0,66 ^a
DMS	24,32	2,73	1,07	0,29

Médias seguidas por letras iguais na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.
⁽¹⁾PFPA - peso fresco da parte aérea; ⁽²⁾PFR - peso fresco da raiz; ⁽³⁾PSPA - peso seco da parte aérea; ⁽⁴⁾PSR - peso seco da parte aérea.

O feito sinérgico entre os adubos proporcionou um maior desenvolvimento das plantas de alface. A matéria orgânica presente no esterco, além de estimular a atividade microbiana no solo, através dos ácidos húmicos, aumentou a CTC, impedindo que as plantas de alface absorvessem Li⁺ em quantidade além da tolerável pela cultura, esta interação entre os dois tipos de adubo pode, também, ter reduzido os efeitos nocivos do alumínio trocável existente no solo, prejudiciais ao desenvolvimento da alface.

Por outro lado os adubos minerais contribuíram com o suprimento de nutrientes, do solo, necessários ao desenvolvimento das plantas, proporcionando desta forma o aumento do seu peso fresco e seco.

Este resultado foi coerente com resultado encontrado por Kalinowska, et al (2012), observaram aumento no peso fresco e massa seca das plantas da alface cultivadas solução em nutritiva, quando foi adicionada a dose de 2,5 ml dm⁻³ de Li.

Quanto ao peso fresco e massa seca da raiz, não apresentam diferença significativa entre si, em resposta aos tipos e combinações de adubos adicionados ao solo.

2 - Concentração de Li, Na e K na parte aérea e raiz da alface

O valor das médias das concentrações de Li na parte aérea das plantas adubadas com ureia + KCl (T2), com ureia + KCl + esterco bovino (T3) e com

esterco bovino (T4) não diferiram entre si, conforme teste de Tukey a 5%, (Tabela 3), apesar da inclusão do esterco bovino na adubação ter aumentado o teor e de Li no solo, (Tabela 2).

Tabela 2. Teor de Li, Na e K no solo, do cultivo da alface com ureia + KCL e esterco bovino. Cruz das Almas-BA, 2014.

Tratamento	TLiS ¹ mg kg ⁻¹	TNaS ² mg kg ⁻¹	TKS ³ mg kg ⁻¹
Testemunha (T1)	1,40	134,40	74,30
Ureia + KCL (T2)	1,40	135,26	74,54
Ureia + KCL + esterco bovino (T3)	1,72	149,23	92,02
Esterco bovino (T4)	2,04	163,20	109,50

¹TLiS – teor de lítio no solo; ²TNaS – teor de sódio no solo; ³TKS – teor do potássio no solo

Provavelmente o sinergismo entre o esterco bovino e os adubos minerais tenha facilitado a interação dos íons Li⁺ com as partículas de matéria orgânica, as quais, geralmente, tem carga negativa, dificultando a sua absorção pelas plantas da alface.

Tabela 3. Concentração de Li, Na e K na parte aérea e raiz das plantas de alface cultivadas com ureia + KCl e esterco bovino. Cruz das Almas-BA, 2014.

Tratamento	CLiPA ¹ mg g ⁻¹	CLiR ² mg g ⁻¹	CNaPA ³ mg g ⁻¹	CNaR ⁴ mg g ⁻¹	CKPA ⁵ mg g ⁻¹	CKR ⁶ mg g ⁻¹
Testemunha (T1)	0,79b	0,48b	48,58a	92,49a	38,32ab	20,91b
Ureia + KCl (T2)	0,81ab	0,48b	63,54a	86,01a	37,98b	20,06b
Ureia + KCl + esterco bovino (T3)	0,84ab	0,49b	55,53a	84,59a	40,29ab	21,18b
Esterco bovino (T4)	0,90a	0,56a	61,15a	85,44a	42,25a	24,83 ^a
DMS	0,10	0,05	15,89	26,79	4,30	2,66

Médias seguidas por letras iguais na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. (1)CLiPA - concentração de lítio na parte aérea; (2)CLiR - concentração de lítio na raiz; (3)CNaPA - concentração de sódio na parte aérea; (4)CNaR - concentração de sódio na raiz; (5)CKPA - concentração de potássio na parte aérea; (6) CKR - concentração de potássio na raiz.

Este resultado foi contraditório ao verificado por Kalinowska, et al (2012) quando usou doses crescente de Li em cultivo de alface em solução nutritiva, a concentração de Li na planta foi proporcional a sua concentração no substrato.

A comparação entre as médias das concentrações de Na, na parte aérea como na raiz, nas diversas combinações de adubo não mostrou diferença significativa entre si, conforme teste de Tukey a 5% (Tabela 3).

A maior média da concentração de K na parte aérea foi verificada nas plantas adubadas com esterco bovino combinado com adubo mineral (T3), seguida pela média das adubadas com esterco bovino (T4), (Tabela 3); quando estava disponível no solo maior quantidade de K e Li, confirmando, portanto, o sinergismo entre os dois minerais.

As maiores médias das concentrações de Li e K ocorreram, na parte aérea, enquanto as maiores concentrações de Na foram verificadas na raiz das plantas, porque ele se concentra principalmente nos vacúolos da raiz, mecanismo do vegetal, para minimizar os efeitos tóxicos do referido elemento (Tabela 3).

3 – Razão entre as concentrações de Li, Na e K na parte aérea e raiz das plantas

As médias das razões entre as concentrações do Li e do K (RCLi e RCK) tiveram comportamento semelhante, os seus valores ficaram próximos a dois.

Tabela 4. Razão entre as concentrações de Li, Na e K na parte aérea e raiz das plantas de alface cultivadas com ureia + KCl e esterco bovino. Cruz das Almas-BA, 2014.

Tratamento	RCLi ¹	RCNa ²	RCK ³
Testemunha (T1)	1,63a	0,53a	1,84 ^a
Ureia + KCl (T2)	1,68a	0,75a	1,92 ^a
Ureia + KCl + esterco bovino (T3)	1,71a	0,74a	1,92 ^a
Esterco bovino (T4)	1,61a	0,66a	1,71 ^a
DMS	0,28	0,22	0,36

Médias seguidas por letras iguais na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. ⁽¹⁾RCLi – razão entre a concentração do lítio na parte aérea e raiz das plantas; ⁽²⁾RCNa – razão entre a concentração do sódio na parte aérea e raiz das plantas; ⁽³⁾RCK – razão entre a concentração do potássio na parte aérea e raiz das plantas.

Por outro lado as da razão da concentração do Na (RCNa) foram menores que um, independente do adubo (Tabela 4).

Esta variável está estreitamente relacionada a sua concentração e a distribuição na planta (Tabela 3), mostrando que por ocorrer menor translocação e redistribuição deste elemento para a parte aérea, conseqüentemente ocorre menor assimilação

4 – Acúmulo de Li, Na e K na parte aérea e raiz das plantas de alface

De acordo com os resultados das análises estatísticas as plantas da alface apresentaram efeito significativo entre si, no acúmulo de Li, Na e K na parte aérea, e no acúmulo de Li e K nas raízes, em função dos adubos adicionados ao solo (Tukey a 5%).

Os adubos aplicados interferiram positivamente no acúmulo destes minerais nas plantas de alface, conforme diferença observada entre as médias desta variável para os três minerais (Tabela 5).

Tabela 5. Acúmulo de Li, Na e K na parte aérea e raiz das plantas de alface cultivadas com ureia + KCl e esterco bovino. Cruz das Almas-BA, 2014.

Tratamento	ALiPA ¹ mg g ⁻¹	ALiR ² mg g ⁻¹	ANaPA ³ mg g ⁻¹	ANaR ⁴ mg g ⁻¹	AKPA ⁵ mg g ⁻¹	AKR ⁶ mg g ⁻¹
Testemunha (T1)	2,07b	0,31b	124,80b	57,95a	98,94b	13,08ab
Ureia + KCl (T2)	2,51ab	0,23b	188,79ab	53,26a	115,06ab	12,29b
Ureia + KCl + esterco bovino (T3)	3,27a	0,42a	240,36a	71,74a	156,40a	18,20 ^a
Esterco. bovino (T4)	3,36a	0,37b	208,83ab	56,38a	160,08a	16,51ab
DMS	0,87	0,07	84,17	24,01	47,40	5,23

Médias seguidas por letras iguais na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. ⁽¹⁾ALIPA - acúmulo de lítio na parte aérea; ⁽²⁾ALIR acúmulo de lítio na raiz; ⁽³⁾ANAPA - acúmulo de sódio na parte aérea; ⁽⁴⁾ANAR - acúmulo de sódio na raiz; ⁽⁵⁾AKAPA - acúmulo de potássio na parte aérea; ⁽⁶⁾AKR - acúmulo de potássio na raiz.

É importante destacar que a média do acúmulo de Li, Na e K foi maior nas plantas adubadas com ureia + KCL + esterco bovino, porque estas plantas apresentaram os melhores resultados de acúmulo de massa seca, de concentração de LI, Na e K que as demais.

5 - Relação entre os teores de Lítio e Sódio, Lítio e Potássio e Potássio e Sódio no solo

O esterco bovino combinado com a ureia e coreto de potássio contribuíram para que houvesse aumento no valor das relações Li/Na, Li/K e K/Na no solo, propiciando o aumento nas concentrações do Li e K na parte aérea e raiz, e do acúmulo de Li e K na parte aérea das plantas de alface, sem prejuízo do seu desenvolvimento, conforme Tabela 6.

Tabela 6. Relação entre os teores de Lítio e Sódio, Lítio e Potássio e Potássio e Sódio no solo, do cultivo da alface com ureia + KCl e esterco bovino. Cruz das Almas-BA, 2014.

Tratamento	LI/NA ¹	LI/K ²	K/NA ³
Testemunha (T1)	0,0104	0,0101	0,5454c
Ureia + KCl (T2)	0,0051	0,0125	0,4116
Ureia + KCl + esterco bovino (T3)	0,0221	0,0180	1,2291
Esterco bovino (T4)	0,0216	0,0182	1,1849

%. ⁽¹⁾Li/NA - relação entre os teores de Li e Na no solo; ⁽²⁾LI/K - relação entre os teores de Li e K no solo; ⁽³⁾K/NA - relação entre os teores de K e Na no solo

6 - Índice de assimilação de Li, Na e K e Li do solo pelas plantas de alface

Quando o esterco bovino foi adicionado ao solo, houve um decréscimo do índice de assimilação de Li, Na e K do solo pelas plantas de alface, embora, este adubo tenha proporcionado ao solo uma maior quantidade de Li Na e K.

Tabela 8. Índice de assimilação de Li, Na e K do solo pelas plantas de alface¹ cultivadas com ureia + KCl e esterco bovino. Cruz das Almas-BA, 2014.

Tratamento	IALi ²	IANa ³	IAK ⁴
Testemunha (T1)	0,567a	0,363a	0,516 ^a
Ureia + KCl (T2)	0,580a	0,470a	0,510 ^a
Ureia + KCl + esterco bovino (T3)	0,487b	0,410a	0,438ab
Esterco bovino (T4)	0,439b	0,340a	0,388b
DMS	0,06	0,11	0,05

Médias seguidas por letras iguais na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. ⁽¹⁾ - índices de assimilação solo/planta = concentração na parte aérea/teor no solo/
⁽²⁾IALi - CLiPA/TLiS; ⁽³⁾IANa - CNaPA/TNaS; ⁽⁴⁾IAK - CKPA/TKS.

Provavelmente um dos fatores que contribuiu para esta tendência de decréscimo dos índices de assimilação destes minerais pelas plantas de alface, quando estes elementos estão em maior quantidade no solo, tenha sido a CTC, estabelecendo-se uma atração entre os cátions (Li⁺, Na⁺ e K⁺) e a argila e ou matéria orgânica (-) do solo (LOPES; GUILHERME, 2004), controlando a absorção destes íons pelas plantas, impedindo assim que as concentrações de Li e Na na planta atingissem níveis tóxicos

CONCLUSÃO

O esterco bovino proporcionou aumento no teor e quantidade de Li no solo, o que provavelmente, contribuiu para que a concentração deste mineral ocorresse principalmente, na parte aérea das plantas. Entretanto, o mecanismo que regula a absorção e assimilação do Li pelas plantas de alface ainda não é uma questão elucidada.

Ocorreu maior concentração de Li e K na parte aérea em relação à concentração na raiz.

A alface tem capacidade de absorver o Li presente no solo, em pequena quantidade, e o contido nos adubos, sem necessidade de adição de outras fontes de Li.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLENDER, W. J.; CRESSWELL, G. C.; KALDOR, J.; KENNEDYB, I. R. Effect of Lithium and Lanthanum on Herbicide Induced Hormesis in Hydroponically-Grown Cotton and Corn. *Journal of plant nutrition*, 20(1), pp 81-95 (1997)

BAPTISTA, W. A.; OLIVEIRA, L. M. Atributos climáticos do estado da Bahia. Salvador: SEI - Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia, 1998. 85p. Série Estudos e Pesquisas 38

Catálogo Brasileiro de Hortaliças, Embrapa, Brasília – DF, 2010.

CATANI, R. A.; PAIVA NETO J. E de. Dosagem do potássio e sódio pelo "fotômetro de chama" sua aplicação em análise de solo. Trabalho apresentado na II Reunião Brasileira de Ciência do Solo, realizada no Instituto Agrônomo de Campinas, de 11 a 22 de julho de 1949.

DIAS, N. S. & BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. Universidade Federal Rural do Semiárido/ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Meio Norte, Fortaleza CE. 2010.

EMBRAPA Hortaliças. Sistema de Produção, 2
EMBRAPA, Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes, 2ª edição revista e ampliada, Brasília, DF: Embrapa Informações tecnológicas, 2009.

EMBRAPA, Manual de métodos de análise de solo, Centro Nacional de Pesquisa de Solo 2ª edição revista e atualizada, Rio de Janeiro, 1997.

FAQUIN, V. Mineral de Plantas / Valdemar Faquin. -- Lavras: UFLA / FAEPE, 2005. p: il. - Curso de Pós-Graduação "Lato Sensu" (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente.

FELDMAN, R. S. ; MEYER, J. S.; QUENZER, L. F. Principles of Neuropsychopharmacology. Sinauer Associates Inc. Publishers, Massachusetts; pg. 853-859, (1997).

HOLLENDER, R. ; SHULTZ, J. Bolivia y su litio ¿Puede el "oro del siglo XXI" ayudar a una nación a salir de la pobreza? Cochabamba – Bolívia. Mayo 2010

KALINOWSKA, M.; HAWRYLAK-B., N.; SZYMANSKA M. The influence of two lithium forms on the growth, l-ascorbic acid content and lithium accumulation in lettuce plants. Biol Traço Elem. Polônia, 2012.

KENT, N. L. (1940). A análise quantitativa de plantas para lítio pelo espectrográfica chama Ramage; método, y. Soe. chem. Ind., Lond., 59, 148.

LAMBERT, J. Lithium content in the grassland vegetation. In Anke M, Baumann W. Bräunlich H, Brückner C., pp 35-38, 1983

LEAL, A. C. M.; FERNANDES, A. S. G. Lítio e a sua aplicação terapêutica na Psicose maníaco-depressiva. Biologias. Revista de Divulgação Científica da Ordem dos Biólogos. Portugal. Abril de 2005.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R.G. interpretação de Análise de Solo: Boletim Técnico Nº 2. ANDA. São Paulo, 2004

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

NUNES, A. S. Nutrição Mineral de Plantas. Dourados MS, 2013

OLIVEIRA, K. L. Lítio no Afeganistão: EUA anunciam que reservas do mineral podem ser as maiores do mundo. Lítio no Afeganistão – Principais ocorrências em diferentes formações geológicas. Disponível em: <<http://geopoliticadopetroleo.wordpress.com/2010/06/19/Lítio-no-afeganistao-euaanunciam-que-reservas-do-mineral-podem-ser-as-maiores-do-mundo/litio-afeganistao-principais-ocorrencias-em-diferentes-formações-geologicas/>> Acesso em: 22 Set 2013.

PEIXOTO, E. M. A. Elemento Químico: Cálcio. Química Nova na Escola. Nº 20. 2004.

PROCHNOW, T. R.; PROCHNOW, E. A. Efeitos antrópicos sobre concentrações de metais alcalinos na região da microbacia do Arroio Araçá, Canoas – Rio Grande do Sul. Química. Nova, Vol. 32, No. 7, 1782-1786, 2009.

RAMOS, L. J. Departamento de Produção Mineral - Minas Gerais – Brasil. 1999.

SCHRAUZER, G, N. Lithium: Occurrence, Dietary Intakes, Nutritional Essentiality. *Journal of the American College of Nutrition*, Vol. 21, No. 1, 14–21, 2002.

SCHWEIGART A: “Vitalstoff-Lehre.” Munich: H. Zauner Publisher, p73, 1962.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J. ; CROUCH, S. R. Fundamentos de Química Analítica. Thomson. 8ª. edição. São Paulo 2006.

SOUZA, E. M.; OLIVEIRA, C. G. RESENDE, A. V. MATOS, M. S. F. Agrominerais – Rochas Silicáticas como Fontes Minerais Alternativas de Potássio para a Agricultura – CETEM/2008, 2ª, Edição 2001.

Tabela brasileira de composição dos alimentos - TACO. 4a edição revisada e ampliada. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação – NEPA. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP- Campinas – SP- 2011.

TEBALDI, F. L. H.; SILVA, J. F. C.; VASQUEZ, H. M. e THIEBAUT, J. T. L. Composição Mineral das Pastagens das Regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. 1. Cálcio, Fósforo, Magnésio, Potássio, Sódio e Enxofre. *Revista Brasileira de Zootecnia* 29 (2): 603-615,2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v29n2/5801.pdf>>. Acesso em: 22 Set. 2013.

WEINER M.L: Overview of lithium toxicology. In Schrauzer GN, Klippel, KF (eds): “Lithium in Biology and Medicine.” Weinheim: VCH Verlag, pp 83–99, 1991.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível produzir alface, sem necessidade de adição de Lítio ao solo, com a concentração o teor de Lítio ideal para dieta, com a finalidade de ação mitigadora no equilíbrio da saúde mental e comportamental de grupos de pessoas que tenham predisposição em apresentar distúrbios comportamentais.

O sistema de produção deve ser observado cuidadosamente, considerando que as melhores respostas foram obtidas quando foram utilizados os adubos orgânicos para obter maior concentração de Lítio por unidade de peso e a combinação de adubos orgânicos + adubos químico para alcançar a melhor produção e maior acúmulo de Lítio e Potássio na parte aérea.

O fato de ter ocorrido a maior concentração de Lítio na parte aérea da alface, se constitui num fator positivo, quando se pensa em utilizar esta hortaliça como fonte primária de minerais.

Para elucidar melhor as questões referentes à absorção, assimilação, concentração e acúmulo do Lítio nas plantas de alface e em outros vegetais que compõem a dieta humana e animal, será preciso o desenvolvimento de outros estudos, envolvendo as interações entre o Lítio, os adubos e outros elementos químicos.