NÍQUEL NA AGRICULTURA: uma revisão de literatura

Maria Carolina de Almeida Sobral[1]

Wellington Ferrari da Silva **

RESUMO

O níquel (Ni) é um metal de ocorrência natural em rochas magmáticas. Pode ser adicionado ao solo por ações antrópicas, como a agricultura, disposição de resíduos industriais e deposições atmosféricas. Este elemento satisfaz critérios de essencialidade para as plantas, mas é considerado tóxico em altas concentrações. Sendo assim, o objetivo do trabalho é apresentar a funcionalidade do níquel no solo e nas plantas, assim como documentar a sua atividade biológica e enzimática. Os procedimentos técnicos para a coleta e análise de dados foram o documental e estudo de caso. Os estudos realizados neste trabalho conseguimos comprovar a teoria da importância do uso do níquel como um micronutriente essencial, como foi relatado a sua importância no solo e na planta, e por apresentar a principal função de ser um ativador da enzima urease. Todas as informações apresentadas podem contribuir para a melhora das formulações de fertilizantes com intuito de obter um melhor aproveitamento dos nutrientes e otimizar o crescimento vegetal.

Palavras-Chave: Atividade enzimática. Níquel. Revisão de Literatura.

ABSTRACT

Nickel (Ni) is a naturally occurring metal in magmatic rocks. It can be added to the soil by human actions, such as agriculture, industrial waste disposal and atmospheric deposition. This element satisfies essentiality criteria for plants, but is considered toxic in high concentrations. Therefore, the objective of this work is to present the functionality of nickel in soil and plants, as well as documenting its biological and enzymatic activity. The technical procedures for data collection and analysis were documental and case studies. The studies carried out in this work were able to prove the theory of the importance of using nickel as an essential micronutrient, as its importance in the soil and in the plant was reported, and because it has the main function of being an activator of the urease enzyme. All the information presented can contribute to the improvement of fertilizer formulations in order to obtain a better use of nutrients and optimize plant growth.

Keywords: Enzymatic activity. Nickel. Literature review.

[1] *Graduando em Engenharia Agronômica pela Faculdade Cidade de Coromandel – FCC. E-mail: carolruralfortevendas@gmail.com

**Eng. Agrônomo. Doutor Ciências Técnicas Nucleares pela Universidade Federal de Minas Gerais, Docente do curso de graduação em Engenharia Agronômica na Faculdade Cidade de Coromandel. E-mail: wferrari250@yahoo.com.br.

1 INTRODUÇÃO

O elemento níquel (Ni) tem como principal origem geoquímica as rochas magmáticas que podem conter até 3.600 mg kg^{-1} do elemento. Sua concentração na crosta terrestre é, em média, 0,018% (MALAVOLTA, et al., 2006). Além disso, pode ser incorporado ao solo através de ações antrópicas como a agricultura, a disposição de resíduos industriais e através de deposições atmosféricas (PAIVA, et al., 2003).

O níquel satisfaz os critérios de essencialidade para as plantas, o que o caracteriza como um micronutriente, apesar do seu potencial tóxico (MALAVOLTA, et al., 2006). É responsável por ser o constituinte da metaloenzima urease que desdobra a ureia em amônia e dióxido de carbono, além de participar do processo de fixação biológica de nitrogênio (RODAK, 2014). Além disso é exigido na ativação da enzima glioxalase I, que auxilia as plantas fazendo a desintoxicação do metabólito metilglioxal que é produzido em condições de estresse, transformando-o em D-lactato que não traz prejuízos às células (POLLARD et al., 2002).

Desempenha diversas funções nos sistemas biológicos, desde em plantas, até nos animais e no homem. Em comparação com outros metais como ferro, cobre e zinco, a ocorrência de níquel é inferior nesses sistemas, porém não menos importante e, por esse motivo, o estudo bioquímico do níquel e suas interações tem grande relevância (PAYE et al., 2010).

Portanto, é de fundamental importância o aprofundamento no estudo do micronutriente níquel em suas características, formas, dinâmica no solo e nas plantas. Sendo assim, o objetivo do trabalho é apresentar a funcionalidade do níquel no solo e nas plantas, assim como documentar a sua atividade biológica e enzimática.

2 NÍQUEL NA AGRICULTURA

O níquel ocorre abundantemente em rochas ígneas como um metal livre ou como complexo com o ferro. Ele está na vigésima segunda posição entre os elementos mais abundantes na crosta terrestre (CAIRES, 2009).

Segundo Revoredo et al., (2006), a absorção do níquel pelas plantas é realizada principalmente pelo sistema radicular via difusão passiva e transporte ativo, preferencialmente absorvido na forma de Ni^{2+} e sua forma de oxidação mais comum

dentro dos sistemas biológicos é a bivalente, embora possa ocorrer também nas formas Ni^{+} e Ni^{3+} (DIXON et al., 1975).

O níquel (Ni) é um elemento que preenche o critério direto de essencialidade, por ser ativador da urease, enzima universal nas plantas, que desdobra a ureia em gás carbônico e amônia, o que o torna diretamente relacionado ao metabolismo do nitrogênio (N) nas plantas.

Esta descoberta, demonstrada por Eskew et al. (1983), promoveu o níquel de elemento tóxico para nutriente essencial. Em 2007, foi inserido na legislação brasileira de fertilizantes na Instrução Normativa N° 05, a qual define que os fertilizantes mistos ou complexos que contenham micronutrientes devem apresentar, no mínimo, 60% do teor total solúvel nos seguintes extratores: solução de ácido cítrico a 2% para boro (B), cobalto (Co), ferro (Fe), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e zinco (Zn); solução de Citrato Neutro de Amônia (CNA) + água (relação 1:1) para cobre (Cu) e manganês (Mn) (BASTA, 1992).

A distribuição no perfil do solo está relacionada com a presença da matéria orgânica, textura do solo, presença dos óxidos amorfos e das frações de argila, variável com o tipo de solo. Geralmente, observa-se uma estreita relação entre níquel nos solos, capacidade de troca catiônica (CTC) e teor de argila (BIONDI, 2010).

2.1 Níquel no solo

A disponibilidade de níquel para as plantas é regulada, em grande parte, pelas reações de adsorção que ocorrem entre micronutriente e as superfícies sólidas do solo. Essas reações são influenciadas pela umidade, pH, capacidade de troca de cátions, teor de argila e matéria orgânica no perfil, superfície específica, teor de óxidos, condições de oxidação/redução, adição de fertilizantes e absorção pelas plantas (SANTOS, 2011).

A característica que mais influencia a distribuição do níquel entre a fase sólida e a solúvel do solo é o pH, sendo sua disponibilidade inversamente relacionada com essa propriedade. Solos com pH menor que 5,5 apresentam maior disponibilidade de Ni, enquanto a matéria orgânica diminui a sua disponibilidade para as plantas devido a formação de quelatos orgânicos (NETO, 2009).

Pode ocorrer em vários estados de oxidação (-1) a (+4), sendo o (+2) o estado mais comum é estável. A maioria dos micronutrientes metálicos como o Ni na solução do solo não se encontra na forma iônica livre e sim complexado na matéria orgânica por ligações orgânicas e inorgânicas ou na forma de cátions, sendo adsorvidos pelas cargas da superfície dos coloides (BERTON et al., 2006).

2.2 Níquel na planta

As plantas absorvem o Ni na forma de cátion divalente $Ni^{2+,}$ como comentado anteriormente. O seu teor na solução do solo muito pequeno, ainda que possa ser mais abundante nos solos onde ocorrem serpentinas. A mobilidade no floema é alta, durante o processo de senescência, até 70% do Ni acumulado na parte aérea pode deslocar-se para as sementes (POLLACCO; HOLLAND, 1993).

A descoberta feita por Dixon e colaboradores em (1975), que o Ni é um componente da enzima urease e que está presente em muitas espécies de plantas provocou interesse científico pela pesquisa referente ao papel deste elemento em plantas superiores.

Desde então, tem-se obtido respostas de plantas a aplicações de Ni sob condições de campo com a nogueira pecan (ROVERS et al., 1983), com abobrinha zucchini, arroz, tomate, cedro e umbuzeiro crescidos em soluções nutritivas (PENNAZIO; ROGGERO, 1988) e com a soja em meios de cultura de tecido utilizando a uréia como fonte de nitrogênio exclusivamente (POLLACCO; HOLLAND, 1993).

2.3 Funções do Ni nas plantas

Dentre outros aspectos positivos do níquel destacam-se a sua influência no complexo enzimático hidrogênase, que aumenta a eficiência da fixação do N por leguminosas (PANDAA et al., 2007) e a participação na síntese de fitoalexinas, aumentando a resistência das plantas às doenças (ROVERS et al., 1983).

O Ni é importante catalisador de enzimas fundamentais em rotas bioquímicas nas plantas, afetando a ciclagem de carbono C e N e também dos metabólitos secundários. São conhecidas como dependentes do Ni as enzimas: urease, monóxido de carbono desidrogenase, desidrogenase de Ni, metil coenzima M redutase,

superóxido dismutase, NiFe hidrogenases, acetil coenzima A sintase, RNase-A e provalmente muitas outras ainda desconhecidas. Nas leguminosas, como a soja, exerce influência direta no processo de (FBN), pois é constituinte da enzima hidrogenase (GABE, 1998).

Ureta e colaboradores (2005) demonstraram que baixo nível de níquel nos solos agrícolas pode limitar a atividade da hidrogenase simbiótica de *Rhizobium leguminosarum* logo, o fornecimento adequado de Ni possibilita o aumento da atividade desta enzima, potencializando a nodulação e favorecendo a FBN (ESKEW et al., 1994).

O Ni também exerce outras funções nas plantas, como: interferência no metabolismo de aminoácidos e de ácidos orgânicos (MORAES et al., 2010), na produção de etileno (BIONDI, 2010), na germinação das sementes, na resistência das plantas a doenças (PAYE et al., 2010), como componente estrutural da enzima hidrogenase (BERTON et al., 2006) e na conservação pós-colheita de frutos (BASTA, 1992**).**

2.4 Atuação do Níquel em plantas

Por muito tempo o níquel foi considerado um metal pesado com características tóxicas para as plantas. Entretanto, atualmente este elemento é considerado essencial às plantas por ser parte constituinte da metaloenzima urease, sendo diretamente relacionado ao metabolismo do nitrogênio nas plantas (MORAES, et al., 2010).

O Ni pode incrementar a produção da lavoura e diminuir a ocorrência de doenças como a ferrugem asiática, pois apresenta propriedades antifúngicas (RODAK, 2014). O níquel é um elemento móvel no floema e xilema, e dependendo da espécie pode ser translocado para as sementes ou para as raízes (SANTOS, 2011).

Normalmente, a concentração de Ni nas plantas é baixa (1 a 10 mg kg^{-1}) (MORAES et al., 2010). Segundo Malavolta et al., (2006) o Ni é absorvido como Ni^{2+}, podendo competir com outros cátions divalentes. Apresenta efeito sinérgico na absorção de nitrogênio e potássio.

Sendo requerido pelas plantas, pois desempenha funções em atividades enzimáticas, como a atividade da glioxalase I e da urease que transforma ureia em amônia e gás carbônico como mostra a equação a seguir:

$$(NH_2)_2\text{-}CO + H_2O \rightarrow 2NH_3 + CO_2$$

A carência de Ni na planta gera diversas consequências ao vegetal, como a redução da atividade da urease, que culmina na alteração da síntese de proteínas, e que, por sua vez, provoca diminuição no crescimento e no teor de aminoácidos. Concomitante a isso ocorre o aumento do teor de nitrato e ureia nas folhas. Adicionalmente, antecipa a senescência das plantas e modifica o metabolismo do nitrogênio (PALACIOS; MATAIX, 1999). Segundo Page et al. (2005), a alta concentração de Ni nas plantas provoca a diminuição da quantidade de Fe na mesma.

Nesse sentido, o excesso do elemento pode levar a uma deficiência de Zn. Além disso pode ocasionar toxidez, que pode variar com a espécie, pois há ocorrência de plantas sensíveis, moderadamente tolerantes e hiperacumuladoras de níquel (NYCZEPIR, 2006).

2.5 O papel do Níquel na fisiologia e na bioquímica das plantas

Pollacco e colaboradores (1993) consideram o Ni um micronutriente essencial em certas espécies vegetais, especialmente quando cultivadas com ureia, pois é parte da enzima urease (DIXON et al., 1975), e sua deficiência leva à redução da atividade enzimática em tecidos de soja [*Glycine max* (L.) Merr.], arroz (*Oryza sativa* L.) e fumo (*Nicotiana tabacum* L.), resultando em acúmulo excessivo de ureia, tornando-a fitotóxica (POLLACCO; HOLLAND, 1993).

A urease (EC 3.5.1.5; urea amidohidroxilase) é uma metaloenzima que catalisa a hidrólise da ureia para formar NH_3 e CO_2 (DIXON et al., 1975). É encontrada em vários organismos, incluindo plantas, fungos e bactérias. A função principal da urease é permitir aos organismos o uso da ureia gerada externa ou internamente como fonte de N. Bloqueios genéticos e químicos da atividade da urease nas folhas causam um tipo de necrose foliar, associado ao acúmulo de ureia, o que promove alterações no ciclo da ornitina (POLLACCO; HOLLAND, 1993). Nas plantas, a urease tem função na assimilação da ureia derivada de ureídeos ou arginina (POLLACCO; HOLLAND, 1993).

No entanto, a relevância fisiológica da urease bem como a variação sazonal de aminoácidos do ciclo da ornitina não estão esclarecidas. Quando a atividade da urease é baixa, devido ao inadequado suprimento de Ni, a ureia pode se acumular em

níveis consideráveis, especialmente em plantas tratadas com ureia, o que pode eventualmente levar a alterações nos compostos intermediários do ciclo da ornitina (PANDOLFINI, 1992).

Sendo assim, o níquel possui alta mobilidade na planta, encontrando-se em todos os tecidos e, principalmente, nas sementes (PAGE, FELLER, 2005). O acúmulo ocorre de modo diferencial entre os tecidos e ao longo do ciclo vital da planta, sendo maior nos grãos, nas folhas e nas partes jovens.

Portanto o Ni é capaz de modificar a absorção e o transporte do nitrato, alterando a atividade das enzimas nitrato redutase e glutamina sintetase, essenciais para a síntese de aminoácidos (PALACIOS; MATAIX, 1999).

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada foi a pesquisa exploratória, utilizando-se de revisão bibliográfica de livros conceituados da área, artigos científicos, e informação de órgãos governamentais de referência e relevância no Brasil e mundo, conforme sugerido por Prodanov (2013).

A finalidade da pesquisa é exploratória que, segundo Gil (2010), proporciona maior familiaridade com o problema. Por fim, os procedimentos técnicos para a coleta e análise de dados foram o documental e estudo de caso.

4 CONCLUSÃO

Os estudos realizados neste trabalho conseguimos comprovar a teoria da importância do uso do níquel como um micronutriente essencial, como foi relatado a sua importância no solo e na planta, e por apresentar a principal função de ser um ativador da enzima urease.

Todas as informações apresentadas podem contribuir para a melhora das formulações de fertilizantes com intuito de obter um melhor aproveitamento dos nutrientes e otimizar o crescimento vegetal.

REFERÊNCIAS

BASTA, N. T.; TABATABAI, M. A. Effect of cropping systems on adsorption of metals by soils: III competitive sorption. **Soil Science**, New Brunswick, v. 153, p. 331 – 336, 1992.

BERTON, R. S.; PIRES, A. M. M.; ANDRADE, S. A. L. de; ABREU, C. A. de; AMBROSANO, E. J.; SILVEIRA, A. P. D. da. Toxicidade do níquel em plantas de feijão e efeitos sobre a microbiota do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.8, p.1305-1312, ago. 2006.

BIONDI, C. M. **Teores naturais de metais pesados nos solos de referência do estado de Pernambuco**. 2010. 58 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

CAIRES, S. M. **Determinação dos teores naturais de metais pesados em solos do Estado de Minas Gerais como subsídio ao estabelecimento de Valores de Referência de Qualidade**. 2009. 304 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

DIXON, N. E.; GAZZOLA, C.; BLAKELEY, R. L.; ZERNER, B. Jack bean urease (EC 3.5.1.5) a metalloenzyme: simple biological role for nickel. **Journal of the American Chemical Society**, v. 97, n.14, p. 4131- 4133, 1975.

ESKEW DL, RM WELCH, EE CARY. Nickel: an essential micronutrient for legumes and possibly all higher plants. **Science** 222: 621-623, 1983.

GABE, U. **Teor e disponibilidade para a soja de micronutrientes e elementos potencialmente tóxicos em fertilizantes minerais e calcários**. 1998. 84 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MALAVOLTA, E.; LEÃO, H. C.; OLIVEIRA, S.; LAVRES JÚNIOR, L.; MORAES, M. F.; CABRAL, C. P.; MALAVOLTA, M. Repartição de nutrientes nas flores, folhas e ramos da laranjeira cultivar Natal**. Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 2, n. 3, p. 506-511, 2006.

MORAES, M. F.; ABREU JUNIOR, C. H.; LAVRES JUNIOR, J. Micronutrientes. In: PROCHNOW, L. I.; CASARN, V.; STIPP, S. R. (Ed.). Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes. Piracicaba: **International Plant Nutrition Institute**, v. 2., 2010. p. 205-278.

NETO, A. P. **Metabolismo do nitrogênio e concentração de nutrientes no cafeeiro irrigado em razão da dose de nitrogênio**. 94 p. 2009. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

NYCZEPIR, A. P.; WOOD, B. W.; REILLY, C. C. Association of Meloidogyne partityla with mouse-ear disorders of pecan in Georgia. **Journal of Nematology**, v. 4, p. 272, 2006.

PAGE, V.; FELLER, U. Selective transport of zinc, manganese, nickel, cobalt and cadmium in the root system and transfer to the leaves in young wheat. **Annals of Botany**, v. 96, p. 425-434, 2005.

PAIVA, H. N.; CARVALHO, J. G.; SIQUEIRA, J. O.; FERNANDES, A. R.; MIRANDA, J. R. P. Efeito da aplicação de doses crescentes de níquel sobre o teor e o conteúdo de nutrientes em mudas de ipê-roxo (Tabebuia impetiginosa (Mart) Standley). **Scientia Forestalis**, n. 63, p. 158-166, 2003.

PALACIOS, G.; MATAIX, J. The influence of organic amendment and nickel pollution on tomato fruit yield and quality. **Journal of Environmental Science and Health**, Part B, v. 34, p. 133-150, 1999.

PANDAA, G. C.; DASA, S. K.; BANDOPADHYAYB, T. S.; GUHA, A. K. Adsorption of nickel on husk of Lathyrus sativus: behavior and binding mechanism. Colloids Surf B: **Biointerfaces**, v. 57, p. 135-142, 2007.

PANDOLFINI, T.; GABBRIELI, R.; COMPARINI, C. **Nickel toxicity and peroxidase activity in seedlings of Triticum aestivum L**. Plant Cell Enviroment, v. 15, p. 719-725, 1992.

PAYE, H. S.; MELLO, J. W. V.; ABRAHÃO, W. A. P.; FERNANDES FILHO, E. I.; DIAS, L. C. P.; CASTRO, M. L. O.; MELO, S. B.; FRANÇA, M. M. Valores de referência de qualidade para metais pesados em solos no Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 2041-2051, 2010.

PENNAZIO, S., ROGGERO, P. Effects of trace elements on the natural resistance of asparagus bean to tobacco necrosis virus and ethylene production. **Advances in Horticultural Science**, v. 2., 23-26, 1988.

POLLACCO, J. C.; HOLLAND, M. A. Roles of urease in plant cells. International, **Review of Cytology**, v. 145, p. 65-103, 1993.

POLLARD, A. J.; POWELL, K. D.; HARPER, H. A.; SMITH, J. Á. C. The genetic basis of metal hyperaccumulation in plants. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 21, p. 539-566, 2002.

PRODANOV, C. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. Cleber Cristiano Prodanov e Ernani Cesar de Freitas – 2ª Edição – Novo Hamburgo – Editora Feevale, 2013.

REVOREDO, M. D.; MELO, W. J. Disponibilidade de níquel em solo tratado com lodo de esgoto e cultivado com sorgo**. Bragantia**, v. 65, n. 4, p. 679-685, 2006.

RODAK, B. W. **Níquel em solos e na cultura de soja**. 2014. 101 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

ROVERS, H.; CAMARGO, O. A.; VALADARES, J. M. A. S. Níquel total e solúvel em DTPA em solos do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 7, n. 3, p. 217-220, 1983.

SANTOS, S. N. **Valores de referência de metais pesados em solos de Mato Grosso e Rondônia**. 2011. 101 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.