

INFLUÊNCIA DE DOSES DE NÍQUEL SOBRE O CRESCIMENTO DE MUDAS DE AROEIRA (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) EM SOLUÇÃO NUTRITIVA

Haroldo Nogueira de Paiva¹, Ruy Carvalho², Flávio Pereira da Silva³, Janice Guedes de Carvalho⁴, Rogério Melloni⁴

RESUMO: Mudanças de aroeira conduzidas em solução nutritiva de Hoagland e Arnon foram submetidas a doses crescentes de Ni²⁺: 0; 2,5; 5; 10; 15 e 20 mg L⁻¹ de Ni²⁺ por um período de 40 dias. Avaliações dos parâmetros altura de plantas, diâmetro do coleto e produção de matéria seca de raiz, caule e folha mostraram redução significativa com aumento das doses de Ni²⁺, com exceção do diâmetro do coleto. O tratamento com 2,5 mg Ni²⁺ L⁻¹ reduziu 40% da altura das plantas e 48% da produção de matéria seca total; a dose de 20 mg Ni²⁺ L⁻¹ provocou a morte das plantas. O nível crítico de toxidez de Ni foi de 1,02 mg L⁻¹. É também descrita a sintomatologia de toxidez de níquel.

Palavras-chave: Espécie nativa, metal pesado, toxidez.

INFLUENCE OF NICKEL LEVELS ON THE GROWTH OF *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. IN NUTRIENT SOLUTION

ABSTRACT: Seedlings of *Myracrodruon urundeuva* were cultivated in Hoagland and Arnon nutrient solution with Ni²⁺ levels: 0; 2,5; 5; 10; 15 and 20 mg Ni²⁺ L⁻¹ for 40 days. Evaluations of the parameters plant height, stem diameter and root, stem and leaves dry matter production showed significant reduction with increase of Ni²⁺ levels, except for the stem diameter. The treatment with 2,5 mg Ni²⁺ L⁻¹ reduced 40% of the plant height and 48% of the total dry matter production; the level of 20 mg Ni²⁺ L⁻¹ caused the death of the plants. The critical level of Ni toxicity was 1,02 mg L⁻¹. It is also described the symptoms of Ni toxicity.

Key words: Native specie, heavy metal, toxicity.

¹ Departamento de Engenharia Florestal da UFV, CEP 36571-000, Viçosa/MG.

² Departamento de Química da UFLA, Caixa Postal 37, CEP 37200-000, Lavras/MG.

³ EPAMIG. CEP 36571-000, Viçosa/MG.

⁴ Departamento de Ciência do Solo, da UFLA, Caixa Postal 37, CEP 37200-000, Lavras/MG.

1. INTRODUÇÃO

Em detrimento de seu papel como elemento útil às plantas, as pesquisas com níquel têm destacado mais seu efeito nocivo aos vegetais. Isto provavelmente se deve à posição do metal no centro da tabela periódica, conferindo-lhe uma alta densidade e, por conseqüência, qualificando-o como metal pesado.

O níquel é um elemento que pode afetar o crescimento e o desenvolvimento das plantas (Marschner, 1995), sendo que Brown et al. (1987) propuseram considerá-lo como essencial. Dentre os aspectos positivos do níquel para a planta, destacam-se a participação na estrutura e funcionamento da enzima urease (Dixon et al., 1975), enzima que atua na hidrólise da uréia; a influência no complexo enzimático hidrogenase, que aumenta a eficiência da fixação de nitrogênio em leguminosas (Klucas et al., 1983) e a participação na síntese de fitoalexinas, que melhora a resistência das plantas às doenças (Walker et al., 1985).

Em níveis elevados, no entanto, o níquel interfere na absorção de ferro e inibe o seu metabolismo (Agarwala et al., 1977); bloqueia a atividade respiratória e desnatura o protoplasma celular em repolho (Niethammer, 1931); aumenta o conteúdo de pectina em raízes de aveia (Crooke, 1958); diminui a concentração de clorofila em folhas de café (Pavan & Bingham, 1982); diminui a atividade da catalase, ao concorrer com o ferro na sua posição no grupo protoporfirínico da enzima (Granick, 1951); aumenta a atividade da peroxidase e provoca distúrbios mitóticos nas pontas das raízes de algumas plantas (Mishra & Kar, 1974).

No ambiente, o níquel torna-se um sério poluente, com as emissões em operações de processamento do metal e com a combustão de óleo e carvão mineral. A aplicação de resíduos urbanos no solo, como o lodo de esgoto, e certos fertilizantes fosfatados também podem ser importantes fontes poluidoras de níquel.

Por apresentar-se quelatizado no lodo de esgoto, torna-se facilmente disponível para as plantas, podendo, então, ser altamente fitotóxico (Kabata-Pendias & Pendias, 1984).

Em solução nutritiva, as espécies comportam-se de forma diferenciada. Assim, as doses de 1 mg L⁻¹ em mudas de café (Pavan & Bingham, 1982), de 5 mg L⁻¹ em aveia (Hunter & Vergnano, 1953), de 6 mg L⁻¹ em algodão (Rehab & Wallace, 1978), de 6 mg L⁻¹ em arroz (Wallace et al., 1977a) e de 10 mg L⁻¹ em mudas de espécies florestais (Lozano & Morrison, 1981) reduziram significativamente a produção de matéria seca destas espécies.

A aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.), pertencente à família Anacardiaceae, é uma árvore nativa e em vias de extinção na região semi-árida (Santos, 1993). É uma importante madeira de lei, usada para diversos fins, como construção civil, dormentes, vigamentos, esteios, postes, obras hidráulicas, forragem e como produto medicinal (Rizzini, 1981). Como habitat natural, a aroeira tem preferência por terras de qualidade boa a regular, principalmente em transição de úmidas para secas. Sua maior freqüência em solos originados de rochas basálticas em áreas de transição de solos do cerrado para os de terra roxa, parece conferir à espécie um ambiente edáfico de alta fertilidade natural (Nogueira et al., 1982). A freqüente ocorrência da aroeira em solos derivados de rochas básicas, normalmente ricos em metais como Fe, Mn, Zn, Co, Ni, dentre outros, sugere um certo grau de tolerância da espécie ao níquel.

A pesquisa e experimentação com espécies florestais nativas, apesar de sua importância, não têm merecido, por parte dos pesquisadores florestais, a devida atenção. Por isso, as informações sobre as essências florestais indígenas são bastante raras (Garrido, 1981). Os objetivos deste trabalho foram verificar o grau de tolerância da aroeira a doses crescentes de níquel em solução nutritiva e caracterizar os sintomas de fitotoxidez.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, adotando-se um delineamento estatístico inteiramente casualizado, com quatro repetições e uma planta por parcela.

As sementes de aroeira foram obtidas junto ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal da Paraíba, Campus de Patos. A semeadura foi feita em caixas plásticas com substrato de vermiculita expandida. Quando as mudas alcançaram aproximadamente 5 cm de altura, foram transplantadas para bandejas plásticas com capacidade para 30 litros (aproximadamente 120 mudas por bandeja), contendo solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950) na concentração equivalente a 20% de sua força. Após 14 dias, a solução nutritiva foi substituída, elevando-se sua concentração a 50%, onde permaneceram por 30 dias. Esta solução foi trocada a cada 10 dias. Após este período as mudas foram individualizadas em recipientes plásticos, com capacidade para 900 mL de solução nutritiva a 50% da sua concentração, onde permaneceram por 10 dias. Em seguida, aumentou-se a concentração da solução para 100% por um período de 20 dias, com intervalo de renovação da solução de 10 dias, quando aplicaram-se os tratamentos com níquel.

Os tratamentos foram 0; 2,5; 5; 10; 15 e 20 mg L⁻¹ de Ni, e a fonte do metal utilizada foi o nitrato de níquel (II) hexahidratado p.a. (Ni(NO₃)₂ · 6H₂O). Corrigiu-se o pH para 5,5 com soluções de KOH 0,1 M ou HCl 0,1 M. A cada 10 dias, a solução nutritiva foi substituída, aplicando-se os tratamentos e corrigindo-se o pH.

Quarenta dias após o início da aplicação dos tratamentos, foi colhido o experimento. Foram avaliados o diâmetro do coleto com o uso de paquímetro e altura das plantas com régua graduada em milímetros. Para a obtenção do peso de matéria seca, folhas, caules e raízes foram colhidas separadamente, lavadas em água destilada e secas em estufa com circulação forçada de ar até atingirem peso constante. Durante a condução do experimento, procedeu-

ção do experimento, procedeu-se à caracterização dos sintomas de fitotoxidez.

Os dados foram analisados utilizando-se o programa estatístico SANEST (Zonta *et al.*, 1984), para obtenção de equações de regressão e médias dos tratamentos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores obtidos para altura e a produção de matéria seca de raiz, caule e folha, considerando-se a dose 0 (zero) igual a 100%, encontram-se na Tabela 1. Com a aplicação de 2,5 mg L⁻¹ de Ni²⁺ houve uma redução de 40% na altura das plantas em relação ao tratamento controle (sem níquel); ao aplicar 5 mg L⁻¹ de Ni²⁺ a redução foi da ordem de 49%, permanecendo neste nível nos demais tratamentos.

Em termos percentuais, na Tabela 1, verificou-se redução de 45,8% no peso de matéria seca de raiz, 48,9% no peso de matéria seca de caule e 48,8% no peso de matéria seca de folha, já na dose 2,5 mg L⁻¹ de Ni²⁺. Estes números aumentaram até atingirem, na dose de 20 mg L⁻¹ de Ni²⁺, uma redução de 71,9%, 70,9% e 67,4% na produção de matéria seca de raiz, caule e folha, respectivamente. Em relação à produção de matéria seca total, houve uma queda de 48% na dose 2,5 mg L⁻¹ de Ni²⁺, chegando a 69,2% para a dose 20 mg L⁻¹ de Ni²⁺ em relação ao tratamento controle (sem níquel).

As equações de regressão das variáveis altura, matéria seca de raiz, caule e folha em função das doses de Ni²⁺ encontram-se na Figura 1.

O comportamento da variável altura de plantas em resposta ao Ni pode ser representado por equação quadrática positiva, com queda até a dose 13,2 mg L⁻¹ de Ni²⁺, aumentando a partir daí. Rauser & Samarakoon (1980) sugerem que o Ni²⁺ poderia inibir a exportação de produtos da fotossíntese, ocasionando uma redução no crescimento das plantas. Entretanto, independentemente da dose de níquel utilizada, não houve efeito significativo sobre o diâmetro do coleto das plantas.

Quanto à matéria seca de raiz, caule e folha, todas as equações mostraram respostas significativas, com resposta quadrática positiva, apresentando redução com o aumento das doses de Ni^{2+} (Figura 1).

Tabela 1. Altura relativa e produção relativa de matéria seca de raiz, caule, folha e total de plantas de aroeira (%) submetidas a diferentes doses de Ni^{2+} ($mg L^{-1}$), em solução nutritiva.

Table 1. Relative height and relative and total production of stem and root dry matter of aroeira (%) submitted to different doses of Ni^{2+} (mgL^{-1}), in nutritive solution

Doses de Ni^{2+}	Altura	MS Raiz	MS Caule	MS Folha	MS Total
0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
2,5	59,73	54,22	51,12	51,24	51,94
5	51,01	39,30	37,00	41,71	40,13
10	53,02	37,50	33,60	42,24	39,26
15	48,32	31,87	24,15	32,68	30,68
20	50,34	28,13	29,05	32,59	30,76

Figura 1. Altura e matéria seca de raiz, caule e folha de aroeira em função de doses de Ni, em solução nutritiva.

Figure 1. Height and root stem and leaves dry matter as function of Ni doses in nutritive solution.

Há diferenças no grau de tolerância à toxicidade de níquel entre as espécies vegetais e mesmo entre variedades e cultivares da mesma espécie, conforme preconizado por Piccini Antón (1990). Enquanto para a aroeira, a dose de 2,5 mg L⁻¹ de Ni²⁺ reduziu aproximadamente 50% a produção de matéria seca total, para feijão, 2 mg L⁻¹ de Ni²⁺ reduziu 38% (Piccini Antón, 1990). Wallace et al. (1977b) verificaram, para a mesma cultura, queda de 78% com 2,94 mg L⁻¹ de Ni²⁺. Em arroz, variedade IAC 4440, 8 mg L⁻¹ de Ni²⁺ provocaram redução de 39% na produção de matéria seca (Piccini Antón, 1990), ao passo que, para o cultivar Earlirose, Wallace et al. (1977a) encontraram redução de 35% com uma dose de 6 mg L⁻¹ de Ni²⁺ na solução nutritiva. Em espécies lenhosas pesquisadas em solução nutritiva, foi constatada redução significativa na produção de matéria seca com doses de 1 mg L⁻¹ de Ni²⁺ em mudas de café (Pavan & Bingham, 1982) e 6 mg L⁻¹ de Ni²⁺ em algodão (Rehab & Wallace, 1978).

A produção de matéria seca da parte aérea (MSPA), absoluta e relativa, encontra-se na Figura 2. A MSPA teve resposta quadrática positiva e o nível crítico de toxicidade (redução de 10%

na produção relativa de MSPA) foi de 1,02 mg L⁻¹ de Ni²⁺. Para a dose de 6,33 mg L⁻¹ de Ni²⁺ esta redução foi de 50%. Em cedro, Paiva et al. (1998) observaram que doses de 1,83 e 9,14 mg L⁻¹ de Ni²⁺ reduziram a produção relativa de MSPA em 10% e 50%, respectivamente. Para ipê-roxo, Paiva et al. (1999) observaram, para os mesmos níveis de redução, que as doses de Ni foram 1,11 e 7,50 mg L⁻¹, respectivamente. Estes resultados mostraram que o grau de tolerância obedeceu à seguinte ordem: cedro > ipê-roxo > aroeira, ou seja, a última espécie é a mais sensível a ambientes contaminados por níquel.

A sintomatologia visual de toxicidade de níquel foi observada principalmente nas doses 15 e 20 mg L⁻¹ de Ni²⁺, caracterizando-se por uma coloração avermelhada iniciando pelas nervuras e evoluindo para todo o limbo das folhas mais velhas, com posterior necrose e desfolhamento. Houve também uma diminuição do tamanho de folhas e redução no crescimento das plantas, e as plantas submetidas ao tratamento 20 mg L⁻¹ de Ni²⁺ morreram ao longo do experimento. Essas informações referentes às folhas velhas contrastam com as descrições publicadas por diversos autores (Chino, 1981; Pavan & Bingham, 1982;

Figura 2. Matéria seca da parte aérea (MSPA) absoluta e relativa de aroeira, em função de doses de Ni, em solução nutritiva.

Figure 2. Absolute and relative of dry matter aroeira aerial part, as function of Ni doses in nutritive solution.

Piccini Antón, 1990). Segundo estes autores, os sintomas de toxidez aparecem primeiro em folhas jovens. No presente estudo, o sintoma típico de toxidez de níquel, ou seja, deficiência induzida de ferro em folhas novas, foi observado somente em plantas submetidas às menores doses de níquel (2,5 e 5 mg L⁻¹ de Ni²⁺), sendo explicado pelos argumentos de Foy et al. (1978), de que a presença de níquel inibe a translocação de ferro para a parte aérea da planta.

4. CONCLUSÃO

Os resultados desse trabalho permitem concluir que a aroeira é uma espécie sensível à aplicação de níquel em solução nutritiva, não sendo, portanto, indicada para recomposição vegetal de áreas contaminadas por este metal.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGARWALA, S. C.; BISCHT, S. S.; SHARMA, C. P. Relative effectiveness of certain heavy metals in producing toxicity and symptoms of deficiency in barley. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 55, p. 1299-1307, 1977.
- BROWN, P. H.; WELSH, R. M.; CARY, E. E. Nickel: a micronutrient essential for higher plants. **Plant Physiology**, Rockville, v. 85, n. 3, p. 801-803, Nov. 1987.
- CHINO, M. Nickel. In: KITAGISHI, K.; YAMANE, I. (Ed.). **Heavy metals pollution in soils of Japan**. Tokyo: Japan Sciences Society Press, 1981. p. 65-80.
- CROOKE, W. M. Effect of heavy metal toxicity on the cation exchange capacity on plant roots. **Soil Science**, Baltimore, v. 86, p. 231-241, 1958.
- DIXON, N. E.; GAZZOLA, C.; BLAKELEY, R. L.; ZERNER, R. Jack bean urease. A metalloenzyme. A simple biological role for nickel. **Journal of the American Chemical Society**, Washington, v. 97, n. 14, p. 4131-4133, 1975.
- FOY, C. D.; CHANEY, R. L.; WHITE, M. C. The physiology of metal toxicity in plants. **Annual Review of Physiology**, Palo Alto, v. 29, p. 511-566, 1978.
- GARRIDO, M. A. de O. **Caracteres silviculturais e conteúdo de nutrientes no folheto de alguns povoamentos puros e misto de espécies nativas**. 1981. 105 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP.
- GRANICK, S. Biosynthesis of chlorophyll and related pigments. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 2, p. 115-144, 1951.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water-culture method for growing plants without soil**. Berkeley: California Agriculture Experiment Station, 1950. 347 p.
- HUNTER, J. G.; VERGNANO, O. Trace element toxicities in oat plants. **Annals of Applied Biology**, Wellesbourne, v. 40, p. 761-777, 1953.
- KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. Boca Raton/Florida: CRC Press, 1984. 315 p.
- KLUCAS, R. V.; HANUS, F. J.; RUSSELL, S. A.; EVANS, H. J. Nickel, a micronutrient for hydrogen dependent growth of *Rhizobium japonicum* and for expression of urease activity in soybean leaves. **Proceedings of the National Academy of Sciences of USA**, Washington, v. 80, p. 2253-2257, 1983.
- LOZANO, F. C.; MORRISON, I. K. Disruption of hardwood nutrition by sulfur dioxide, nickel

- and copper air pollution near Sudbury, Canadá. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 10, n. 2, p. 198-204, 1981.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.
- MISHRA, D.; KAR, M. Nickel in plant growth and metabolism. **The Botanical Review**, New York, v. 40, n. 4, p. 395-449, 1974.
- NIETHAMMER, A. The influence of heavy metal compounds on plant cells. **Protoplasma**, Vienna, v. 12, p. 554-558, 1931.
- NOGUEIRA, J. C. B.; SIQUEIRA, A. C. M. F.; MORAIS, E.; COELHO, L. C. C. MARIANO, G. Conservação genética de essências nativas através de ensaios de progênes e procedência. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 28, p. 391-397, jan./fev. 1982. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1982, Belo Horizonte. **Anais...** São Paulo, 1982.
- PAIVA, H. N.; CARVALHO, J. G.; SIQUEIRA, J. O.; CORRÊA, J. B. D.; CASTRO, A. R. Toxidez de Cd, Ni, Pb e Zn no cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) em solução nutritiva. In: FERTBIO 98, Caxambú, 1998. **Resumos...** Lavras: UFLA/SBCS/SBM, 1998. p. 232.
- PAIVA, H. N.; CARVALHO, J. G.; SIQUEIRA, J. O.; CORRÊA, J. B. D.; MIRANDA, J. R. P. Fitotoxicidade de Cd, Ni, Pb e Zn no ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standl.) em solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília. **Anais...** Brasília: SBCS/EMBRAPA, 1999. CD-ROM.
- PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T. Toxidez de metais em plantas. II. Caracterização da toxidez de níquel em cafeeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 2, p.323-328, fev. 1982.
- PICCINI ANTÓN, D. F. **Toxidez do níquel em arroz e feijão**. 1990. 144p. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP.
- RAUSER, W. E.; SAMARAKOON, A. B. Vein loading in seedlings of *Phaseolus vulgaris* exposed to excess cobalt, nickel, and zinc. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 65, n. 4, p. 578-583, 1980.
- REHAB, F. I.; WALLACE, A. Excess trace metal effects on cotton: 5. Nickel and cadmium in solution culture. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 9, n. 8, p. 771-778, 1978.
- RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil**: manual de dendrologia brasileira. São Paulo: EDUSP, 1981. 294 p.
- SANTOS, G. J. C. dos. **Efeito biológico de *Trichoderma viride* Pers. ex S.F. Gray e *T. harzianum* Rifai no tratamento de sementes de aroeira do sertão (*Astronium urundeuva* (Fr. All.) Engl.) e na incorporação ao solo**. 1993. 58 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Fitossanidade) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.
- WALKER, C. D.; GRAHAM, R. D.; MADISON, J. T.; CARY, E. E.; WELCH, R. M. Effects of nickel deficiency on some nitrogen metabolites in cowpeas (*Vigna unguiculata* L. Walp.). **Plant Physiology**, Bethesda, v. 79, n. 2, p. 474-479, 1985.
- WALLACE, A.; CHA, J. W.; CHAUDHRY, F. M.; KINNEAR, J.; ROMNEY, E. M. Tolerance

of rice plants to trace metals. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 8, n. 9, p. 809-817, 1977a.

WALLACE, A.; ROMNEY, E. M.; CHA, J. W. Nickel - iron interactions in bush beans. **Communications in Soil Science and Plant**

Analysis, New York, v. 8, n. 9, p. 787-790, 1977b.

ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A.; SILVEIRA JÚNIOR, P. **Sistemas de análise estatística para microcomputadores (SANEST)**. Pelotas: UFPel-Departamento de Matemática e Estatística, 1984. 151 p.