



Ciência Rural

ISSN: 0103-8478

cienciarural@mail.ufsm.br

Universidade Federal de Santa Maria

Brasil

Dufech Castilhos, Danilo; Barros Silva, Enilson de; Fialho de Resende, José Carlos; Neves Costa, Claudia das; Passianoto, Caio César; Rennó Cintra, Welber Braga; Rodrigues de Lima, Ana Claudia; Rodrigues de Lima, Claudia Liane; Muller, Valberto

Adição de cromo hexavalente no crescimento, nodulação e absorção de nutrientes em soja

Ciência Rural, vol. 31, núm. 6, novembro-dezembro, 2001, pp. 969-972

Universidade Federal de Santa Maria

Santa Maria, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33131608>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

ADIÇÃO DE CROMO HEXAVALENTE NO CRESCIMENTO, NODULAÇÃO E ABSORÇÃO DE NUTRIENTES EM SOJA

HEXAVALENT CHROMIUM EFFECTS ON SOYBEANS GROWTH, NITROGEN FIXATION AND NUTRIENTS ABSORPTION

Danilo Dufech Castilhos¹ Claudia das Neves Costa² Caio César Passianoto²
Ana Claudia Rodrigues de Lima³ Claudia Liane Rodrigues de Lima³ Valberto Muller³

RESUMO

Foram avaliados os efeitos de doses crescentes de Cr⁶⁺ sobre a produção de matéria seca, absorção de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio em plantas de soja. Antes da semeadura, as sementes foram tratadas com inóculo turfoso contendo *Bradyrhizobium japonicum*. As plantas foram cultivadas durante 40 dias em vasos "Leonard" que continha areia na parte superior e solução nutritiva sem nitrogênio na parte inferior. Os tratamentos constaram das seguintes doses de Cr⁶⁺ ($K_2Cr_7O_7$) na solução nutritiva: 0, 5, 10, 20 e 40mg ℓ^{-1} . Foi constatado que concentrações de Cr⁶⁺ maiores que 5mg ℓ^{-1} diminuíram a produção de matéria seca da parte aérea e radicular da soja, o número e peso de nódulos secos de *Bradyrhizobium*, como também a fixação biológica de nitrogênio e a absorção de P, K, Ca e Mg. Teores de Cr na parte aérea de plantas de soja superiores a 3,4mg Kg⁻¹ podem ser considerados fitotóxicos.

Palavras-chave: cromo hexavalente, soja, *Bradyrhizobium japonicum*, fixação simbiótica-N₂.

SUMMARY

This study was carried out to evaluate the effect of hexavalent chromium on dry matter production, nutrient uptake and nitrogen fixation in soybeans (*Glycine max*). The seeds were inoculated with commercial strains of *Bradyrhizobium japonicum* (SEMA 587 and 5019) and the plants were grown in "Leonard Jars" containing washed sand in the upper portion and nutrient solution (without N) in the lower. Five Cr⁶⁺ concentrations were used: 0, 5, 10, 20 and 40mg ℓ^{-1} in the nutrient solution. Concentrations of Cr⁶⁺ above 5mg ℓ^{-1} decreased plants and nodules dry matter production, number of nodules, nitrogen fixation and P, K, Ca and Mg uptake. Chromium concentrations in soybean tops above 3,4mg kg⁻¹ were considered phytotoxic.

Key words: Hexavalent chromium, soy bean, *Bradyrhizobium japonicum*, Symbiotic nitrogen fixation.

INTRODUÇÃO

O cromo é um metal que ocorre no ecossistema como resultado da intemperização do material de origem dos solos e que pode ser introduzido através de deposições de resíduos de origem industrial como curtumes e siderurgia. A disposição no solo pode causar uma significante poluição de aquíferos e do próprio solo quando os efluentes dessas indústrias são depositados ou utilizados na irrigação e/ou como insumo agrícola.

O cromo na forma trivalente (Cr³⁺) tem sido considerado um elemento estável no solo. Entretanto, alguns estudos com amostras de solo coletadas e mantidas com umidade natural indicam que o Cr³⁺ pode ser oxidado a Cr⁶⁺ (BARTLETT & JAMES, 1979; MILACIC & STUPAR, 1995). Esses autores atribuem essa oxidação à presença de manganês na forma oxidada (Mn⁴⁺), o qual atua como receptor de elétrons, havendo a transformação do Cr³⁺ para Cr⁶⁺, com permanência de vários meses.

Na natureza, o cromo ocorre tanto na forma trivalente como na forma hexavalente. Devido à sua maior solubilidade, o Cr⁶⁺ apresenta maior toxicidade do que o Cr³⁺. A presença de algumas dessas formas em quantidades prejudiciais para as

¹Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor Adjunto, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPel), 96001-970, Pelotas/RS. E-mail: danilodc@ufpel.tche.br. Autor para correspondência.

²Engenheiro Agrônomo, Pós-graduando em Ciência do Solo, FAEM, UFPel, bolsista CNPq.

³Engenheiro Agrônomo, Pós-graduando em Ciência do Solo, FAEM, UFPel, bolsista CNPq.

plantas pode resultar em danos como clorose, redução de crescimento foliar e radicular e morte (MERTZ, 1969). Devido ao alto poder de oxidação do Cr⁶⁺, danos à membrana de células das plantas e de microrganismos tem sido observada (HUNTER & VERGNANO, 1953; BARCELO *et al.*, 1985; SHARMA *et al.*, 1995). OGAWA *et al.* (1989) observaram que a presença de Cr⁶⁺ causou a inativação da enzima DNA polimerase e consequente decréscimo da divisão celular em *Bacillus subtilis*. Os efeitos tóxicos do Cr⁶⁺ nas plantas são causados por alterações no conteúdo de nutrientes essenciais e decréscimo da taxa de fotossíntese como consequência do fechamento de estômatos, alteração de cloroplastos e redução do espaço intercelular (VASQUES *et al.*, 1987).

O presente trabalho teve por objetivos avaliar os efeitos de doses crescentes de Cr⁶⁺ sobre a produção de matéria seca, absorção de nutrientes e fixação simbiótica de nitrogênio em plantas de soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Solos da FAEM/UFPel. Para o cultivo da soja, foi utilizado areia pura, peneirada (<2,0mm) e lavada com HCl 0,25Mol l⁻¹ e água destilada, acondicionada em vasos "Leonard" previamente esterilizados em autoclave por 30 minutos. A parte inferior do vaso recebeu 400ml de solução nutritiva, específica para a cultura da soja, cuja composição é apresentada na tabela 1.

O nitrogênio foi suprimido da solução nutritiva para não causar interferência no processo de fixação biológica deste elemento. Antes da semeadura da soja as sementes foram peletizadas utilizando-se inóculo turfoso específico, açúcar

como adesivo e calcário. O inóculo continha um mínimo de 10⁸ cél. g⁻¹ de *Bradyrhizobium japonicum* composto de um consórcio das estirpes "SEMIA" 587 e "SEMIA" 5019 selecionadas pelo Serviço de Microbiologia da FEPAGRO /RS. Em cada vaso foram plantadas 6 sementes de soja da variedade "Embrapa 48". Após 7 dias da emergência foi feito o desbaste para 3 plantas por vaso.

Foram utilizadas 5 doses de Cr⁶⁺ adicionado à solução nutritiva na forma de K₂Cr₂O₇. As doses foram de 0, 5, 10, 20 e 40mg de Cr⁶⁺ l⁻¹, com 3 repetições, sendo os vasos dispostos em um delineamento completamente casualizado. A solução nutritiva bem como os tratamentos de Cr⁶⁺ foram repostos a cada 4 dias de cultivo para que fossem mantidas as concentrações de nutrientes da tabela 1 e do Cr⁶⁺. Após 40 dias da emergência, as plantas foram colhidas separando-se a parte aérea do sistema radicular. Após a lavagem das raízes os nódulos foram destacados, coletados e secos em estufa (65°C) durante 72h, juntamente com a parte vegetal.

O número de nódulos foi determinado logo após a coleta. Após a secagem foi determinado o peso seco da parte aérea, do sistema radicular e dos nódulos das plantas. Na parte aérea determinaram-se os teores de N, P, K, Ca e Mg conforme metodologia descrita em TEDESCO *et al.* (1995). Os teores de Cr foram determinados em espectrofotômetro de absorção atômica equipado com forno de grafite. Com base no peso seco das plantas e na concentração de nutrientes calculou-se a quantidade de cada elemento absorvida por planta. Os dados foram estudados pela análise da variância, comparação de médias pelo teste Tukey (5%) e regressão polinomial com utilização do programa "Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas" (SAEG 6.0), da Universidade Federal de Viçosa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos 14 dias após a emergência das plantas, foram observados sintomas de clorose e podridão apical nas plantas cultivadas nos tratamentos contendo 10, 20 e 40mg Cr⁶⁺ l⁻¹. Na dose 40mg de Cr⁶⁺ l⁻¹, ocorreu a morte das plantas aos 19 dias de cultivo. Esta tolerância da soja a pequenas concentrações de Cr⁶⁺ também foi observada em cultivos hidropônicos com feijão (BONET *et al.*, 1991) e trigo (SHARMA *et al.*, 1995). A redução no crescimento foliar, pela presença de cromo, somente foi observada em concentrações superiores a 13mg de Cr⁶⁺ l⁻¹. No presente trabalho, a produção de matéria seca da parte aérea e das raízes de soja bem como o número e o peso seco dos nódulos não foram afetados pela

Tabela 1 - Composição da solução nutritiva para o cultivo da soja em areia.

Elemento	Forma de suprimento	Concentração do elemento
		mg l ⁻¹
P	KH ₂ PO ₄	36
K	KH ₂ PO ₄	45
Ca	CaCl ₂ . 2H ₂ O	60
Mg	MgSO ₄ . 7H ₂ O	30
Mn	MnCl ₂ . 2H ₂ O	0,5
Mo	(NH ₄) ₂ Mo ₇ O ₄ . 4H ₂ O	0,001
B	H ₃ BO ₃	0,25
Cu	CuSO ₄ . 5H ₂ O	0,5
Zn	ZnSO ₄ . 7H ₂ O	0,1
Fe	Fe-EDTA	5,0

presença de 5mg de Cr⁶⁺ ℓ⁻¹ na solução nutritiva, cujos valores foram estatisticamente semelhantes aos obtidos com a ausência de Cr⁶⁺ (Tabela 2).

Alguns mecanismos microbianos de tolerância ao Cr⁶⁺ têm sido estudados, como a bioacumulação de metais na forma aniónica em quantidades de até 2% do peso celular. A acumulação intracelular de CrO₄²⁻ pode ocorrer pelo mesmo sistema de transporte do SO₄²⁻ (ROSSI, 1990). A adaptação microbiana ao Cr⁶⁺ através da sua redução para Cr³⁺, forma considerada de baixa toxicidade, foi também observada em isolados de amostras de solo (WANG & XIAO, 1995), água (LULI *et al.*, 1983), sedimentos (DE LEO & EHRLICH, 1994) e lodo de esgoto (WANG *et al.*, 1989). A redução biológica pode ocorrer em nível radicular, pela ação da enzima cromato redutase, sendo o íon cromato (Cr⁶⁺) receptor de elétrons oriundos de substratos como a glicose (LOVLEY, 1993), comum em raízes de plantas como a soja, comumente associada a microrganismos diazotróficos.

A redução do número de nódulos nas raízes de soja com o aumento das doses de Cr⁶⁺ indica o efeito tóxico deste metal sobre os microrganismos, principalmente a bactéria do gênero *Bradyrhizobium* responsável pela fixação do N₂. Tem sido observado que quantidades excessivas de Cr⁶⁺ provocam menor divisão celular, aumento do tempo de geração e inibição da síntese de DNA, devido à inativação da enzima DNA polimerase (OGAWA, 1989).

O aumento da concentração de Cr⁶⁺ na solução nutritiva provocou um aumento nos teores desse metal no tecido da soja (Tabela 3); o aumento nos teores dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg no tecido podem ser devidos ao efeito de concentração, à medida que a produção de matéria seca foi reduzida pela presença do cromo.

Tabela 2 - Matéria seca produzida e número de nódulos de plantas de soja cultivadas na presença de Cr⁶⁺.

Cr ⁶⁺ Adicionado	Máteria seca		Nódulos	
	Parte aérea	Raízes	Número	Peso seco
mg ℓ ⁻¹	----- g vaso ⁻¹ -----			mg
0	1,08a	0,26a	10a	27a
5	0,87a	0,22a	7a	12ab
10	0,52 b	0,14 b	6a	3 b
20	0,23 c	0,081 b	1 b	2 b

Médias seguidas de letras distintas entre si na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%.

Tabela 3 - Teores de macronutrientes e de cromo no tecido foliar de soja cultivada na presença de Cr⁶⁺.

Cr ⁶⁺ Adicionado	N	P	K	Ca	Mg	Cr					
mg ℓ ⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----				mg kg ⁻¹						
0	26,3	c	1,6	c	14,2a	14,1	c	7,4	b	0,0	
5	33,5	c	1,4	c	13,2a	16,2	b	7,4	b	3,4	c
10	40,1	b	2,2	b	16,4a	21,2a	b	7,9	b	14,5	b
20	66,1a		2,9a		16,7a	22,5a		9,8a		34,5a	

Médias seguidas de letras distintas entre si na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%.

A análise de regressão entre as concentrações de Cr⁶⁺ na solução nutritiva e os teores de cromo no tecido foliar da soja mostrou um coeficiente r²=0,98, significativo ao nível de 1%, o que demonstra a alta relação entre a absorção deste metal e a sua disponibilidade. A toxicidade do Cr⁶⁺ para as plantas varia conforme a capacidade de tolerância das diversas espécies. CHANG *et al.* (1992) verificaram que teores no tecido acima de 5,9mg kg⁻¹ causaram 50% de retardamento no crescimento de plantas de milho. LOSI *et al.* (1994) afirmam que efeitos tóxicos para a maioria das plantas são comuns quando a concentração nas folhas é superior a 18mg kg⁻¹. No presente trabalho foi observado uma redução de 49% na produção de matéria seca total das plantas de soja no tratamento com adição de 10mg de Cr⁶⁺ na solução, sendo a concentração de Cr⁶⁺ no tecido das plantas igual a 14,5mg kg⁻¹.

A menor fixação biológica de nitrogênio e absorção dos macronutrientes pela presença do Cr⁶⁺ provocou significativa redução das quantidades de N, P, K, Ca e Mg e aumento de cromo, absorvidos pelas plantas de soja, principalmente nas dosagens superiores a 5,0mg de Cr⁶⁺ ℓ⁻¹ (Tabela 4).

BISHNOI *et al.* (1993) também observaram maiores danos ao sistema radicular e redução na absorção de nutrientes em plantas de ervilha cultivadas com doses crescentes de Cr⁶⁺.

CONCLUSÕES

A produção de matéria seca da parte aérea e radicular da soja, o número e peso de nódulos de *Bradyrhizobium*, como também a fixação biológica de nitrogênio e a absorção de P, K, Ca e Mg decresceram em cultivos com concentrações de Cr⁶⁺ superiores a 5mg ℓ⁻¹. Teores de Cr na parte aérea de plantas de soja maiores que 3,4mg kg⁻¹ podem ser considerados fitotóxicos.

Tabela 4 - Quantidades de macronutrientes e de cromo absorvidos por planta de soja cultivada na presença de Cr⁶⁺.

Cr ⁶⁺ Adicionado	N	P	K	Ca	Mg	Cr
mg f ¹	-----mg -----				µg	
0	9,47a	0,58a	5,11a	5,07a	2,66a	0,0
5	9,71a	0,41 b	3,83 b	4,70ab	2,15a	0,98 b
10	6,95 b	0,38 b	2,84 b	3,67 b	1,37b	2,51a
20	5,06 b	0,22 c	1,28 c	1,72 c	0,75c	2,64a

Médias seguidas de letras distintas entre si na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARCELO, J., POSCHENRIEDER C., GUNSE, B. Effect of chromium (VI) on mineral element composition of bush beans. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.8, p.211-217, 1985.
- BARTLETT, R.J., JAMES, B.R. Behavior of chromium in soils.III. Oxidation. *Journal of Environmental Quality*, Madison, v.8, n.11, p.31-35, 1979.
- BISHNOI, N.R., DUA, A., GUPTA, V.K., *et al.* Effects of chromium on seed germination, seedling growth and yield of peas. *Agricultural Ecosystem Environmental*, Amsterdam , v.47, n.1, p.47-57, 1993.
- BONET, A., POSCHENRIEDER, C., BARCELO, J. Chromium III-ion interaction in Fe-deficient an Fe-sufficient bean plants. I Growth and nutrient content. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.14, p.403-414, 1991.
- CHANG, A.C., GRANATO, T.C., PAGE, A.L. A methodology for establishing phytotoxicity criteria for chromium, copper, nickel and zinc in agricultural land application of municipal sewage sludge. *Journal of Environmental Quality*, Madison, v.21, n.4, p.521-536, 1992.
- DE LEO, C.P., EHRLICH, H.L. Reduction of hexavalent chromium by *Pseudomonas fluorescens* LB 300 in batch and continuous cultures. *Applied Microbiology and Biotechnology*, Berlin, v.40, p.756-759, 1994.
- HUNTER, J.G., VERGNANO, O. Trace element toxicities in oat plant. *Annals Applied Biology*, New York, v.40, p.761-777, 1953.
- LOSI, M.E., AMRHEIN, C., FRANKENBERGER, W.T. Environmental biochemistry of chromium. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, New York, v.135, p.91-121, 1994.
- LOVLEY, D. Dissimilatory metal reduction. *Annual Review of Microbiology*, Washington, v.46, p.276-290, 1993.
- LULI, G.W., TALNAGI, J.W., STROHL, W.R. Hexavalent chromium-resistant bacteria isolated from river sediments. *Applied Environmental Microbiology*, Washington, v. 46, n.4, p.846-854, 1983.
- MERTZ, W.E. Chromium occurrence and function in biological systems. *Physiology Reviews*, Baltimore, v.49, p.163-239, 1969.
- MILACIC, R., STUPAR, J. Fractionation and oxidation of chromium in tannery waste and sewage sludge-amended soils. *Environmental Science and Technology*, Easton, v.29, n.2, p.506-514, 1995.
- OGAWA, T., USUI, M., YATOME, C., *et al.* Influence of chromium compounds on microbial growth and nucleic acid synthesis. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, New York, v.43, p.254-260, 1989.
- ROSSI, G. *Biohydrometallurgy*. Hamburg : Mc Graw Hill, 1990. 609p.
- SHARMA, D.C., CHATTERJEE, C., SHARMA, C.P. Chromium accumulation and its effects on wheat metabolism. *Plant Science*, Dublin, v.111, p.145-151, 1995.
- TEDESCO M.J., GIANELLO, C., BISSANI, C.A., *et al.* *Análises de solos, plantas e outros materiais*. 2.ed. Porto Alegre : Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 174p. (Boletim Técnico 5).
- WANG, P.C., MORI, T., KOMORI, K. Isolation and characterization of an *Enterobacter cloacae* strain that reduces hexavalent chromium under anaerobic conditions. *Applied Environmental Microbiology*, Washington, v.55, n.7, p.1665-1669, 1989.
- WANG Y.T., XIAO, C. Factors affecting hexavalent chromium reduction in pure culture of bactéria. *Water Research*, London, v.29, n.11. p.2467-2474, 1995.