

FITOTOXICIDADE E TRANSFERÊNCIA SOLO-PLANTA DE CÁDMIO E BÁRIO COMO CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO

Leônidas Carrijo Azevedo Melo¹; Luís Reynaldo Ferracciú Alleoni²

Resumo – Metais pesados são tóxicos ao ambiente em concentrações acima dos limites toleráveis. Nesse estudo avaliou-se a fitotoxicidade e a transferência solo-planta de Cd e de Ba em quatro espécies de plantas cultivadas em dois solos com atributos contrastantes. Os solos tiveram a acidez corrigida com calcário e receberam doses de Cd ou de Ba. As plantas foram cultivadas até o florescimento, colhidas e analisadas quanto à produção de matéria seca e teores de metais. A soja foi a cultura mais afetada pelos teores dos metais. O Cd foi fitotóxico à soja a partir da concentração de 5,2 mg kg⁻¹, valor quatro vezes maior que o valor de prevenção para solos estabelecido pela legislação brasileira. O Ba afetou a soja a partir de 150 mg kg⁻¹ apenas no solo arenoso. A transferência dos metais foi maior no Neossolo do que no Latossolo, e as raízes acumularam mais metal do que as outras partes da planta.

Abstract – Heavy metals affect the environment at concentrations above tolerable limits. Our objective was to evaluate the phytotoxicity and soil-plant transfer of Cd and Ba in four plant species grown in soils with contrasting attributes. Soil acidity was corrected with lime and received either Cd or Ba. Plants were grown until flowering stage, then harvested and analyzed for dry matter yield and metal contents. Soybean was the most affected crop by contamination. Cd was toxic to soybean at 5.2 mg kg⁻¹, which is four-fold higher than the soil prevention value established by the Brazilian legislation. Barium affected soybean from 150 mg kg⁻¹ only in the sandy soil. The transfer of metals was higher in the Entisol than in the Oxisol, and the roots accumulated more metal than other plant parts.

Palavras-Chave – valor de prevenção; limite de contaminação; toxicidade.

INTRODUÇÃO

As atividades antrópicas têm aumentado a poluição ambiental por metais pesados durante décadas. No entanto, ainda há poucos estudos sobre como estes elementos afetam as plantas em solos brasileiros. Estudos de fitotoxicidade e de transferência solo-planta de metais podem ser úteis para fornecer informações sobre bioacumulação de metais em culturas e para dar suporte à definição de limites de contaminantes em solos.

Dentre os metais, o cádmio (Cd) é de especial preocupação, porque pode ser móvel no solo e tóxico para as plantas e animais em concentrações muito baixas, além de ser facilmente absorvido pelas raízes das plantas. Assim, as plantas são a principal via de

¹Instituto Agronômico de Campinas. Av. Barão de Itapura, 1481, fone: (19) 3231-5422, e-mail: leonidasmelobr@yahoo.com.br

²Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP, Av. Pádua Dias, 11, fone: (19) 3417-2100, e-mail: alleoni@esalq.usp.br

entrada de Cd na cadeia alimentar. Os sintomas mais comuns de toxicidade de Cd em plantas são redução no crescimento e clorose foliar [1]. O bário (Ba), por outro lado, é pouco estudado em solos e plantas, embora faça parte da lista de elementos com limites estabelecidos pela legislação ambiental do Estado de São Paulo. Desta forma, mais estudos são necessários em solos e em plantas sobre este elemento.

Nosso objetivo foi avaliar o efeito de concentrações de Cd e Ba na produção de matéria seca de ervilha, sorgo, soja e milho cultivados em dois solos com atributos físicos e químicos contrastantes, além de avaliar a transferência solo-planta destes elementos.

MATERIAL E MÉTODOS

Um Latossolo Vermelho distrófico e um Neossolo Quartzarênico foram coletados sob mata nativa e caracterizados (Tabela 1) para cálculo da necessidade de calagem para correção da acidez. Em seguida foi montado experimento em casa de vegetação em blocos casualizados, com quatro repetições. Foram adicionadas, separadamente, doses de Cd (0; 0,65; 1,3; 2,6; 5,2 e 10,4 mg kg⁻¹) e de Ba (0; 75; 150; 300 e 600 mg kg⁻¹), baseadas nos valores de prevenção (1,3 mg kg⁻¹ para Cd e 150 mg kg⁻¹ para Ba) estabelecidos pela Cetesb em 2005. Em vasos de 4 dm³, ervilha e sorgo foram cultivados até o florescimento. Depois foram colhidas, separadas em folhas, caule e raízes, secas em estufa, pesadas, moídas e digeridas para determinação dos teores de metais. O solo (seco ao ar) foi colocado novamente nos vasos para o cultivo de milho e soja (alternando a sucessão gramínea x leguminosa). O mesmo procedimento foi utilizado para colheita e preparo das amostras de plantas. Antes de cada cultivo, amostras de solo de cada vaso foram coletadas, preparadas e digeridas pelo método da água-régia (HCl:HNO₃, 3:1, v/v) para determinação dos teores de Cd e de Ba. O efeito das concentrações dos metais sobre a produção de matéria seca foi comparada pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), dentro de cada solo. O fator de bioconcentração (FCB = metal na planta/metal no solo) foi calculado para cada parte da planta. Além disso, foi calculado o fator de transferência (FT = metal na parte aérea/metal na raiz).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ambos os solos estudados estavam ácidos sob condições naturais e tinham propriedades contrastantes e baixos teores de Cd e de Ba (Tabela 1).

A soja foi a cultura mais sensível à exposição ao Cd (Figura 1A e 2B). Em ambos os solos, a produção de matéria seca da soja foi reduzida a partir da concentração de 5,2 mg kg⁻¹, o que significa que esta concentração representou foi o nível de fitotoxicidade nas condições experimentais empregadas.

Tabela 1 – Caracterização dos solos utilizados no experimento.

Solo	pH*	pH após calagem	C total	Areia	Argila	Fe ₂ O ₃	CTC	Ba	Cd
			g kg ⁻¹				mmol _c kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	
Latossolo	3,5±0,1	5,2±0,1	32±1,0	260	632	76	188±11	32±3,6	0,30±0,02
Neossolo	3,6±0,1	5,0±0,1	8,0±0,4	811	60	5,0	41±1,0	3,5±0,4	<0,01

*pH medido em solução de CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹; CTC = capacidade de troca de cátions.

O milho, no Latossolo, foi apenas levemente afetado quando exposto a 10,4 mg kg⁻¹. Neste solo, soja e milho apresentaram maior produção de matéria seca, em relação ao controle, para os tratamentos 0,65 e 2,6 mg kg⁻¹ de Cd, respectivamente (Figura 2A), o que pode ter sido resultante de um efeito estimulante em baixas concentrações. As plantas de soja apresentaram clorose e necrose na maior concentração de 10,4 mg kg⁻¹.

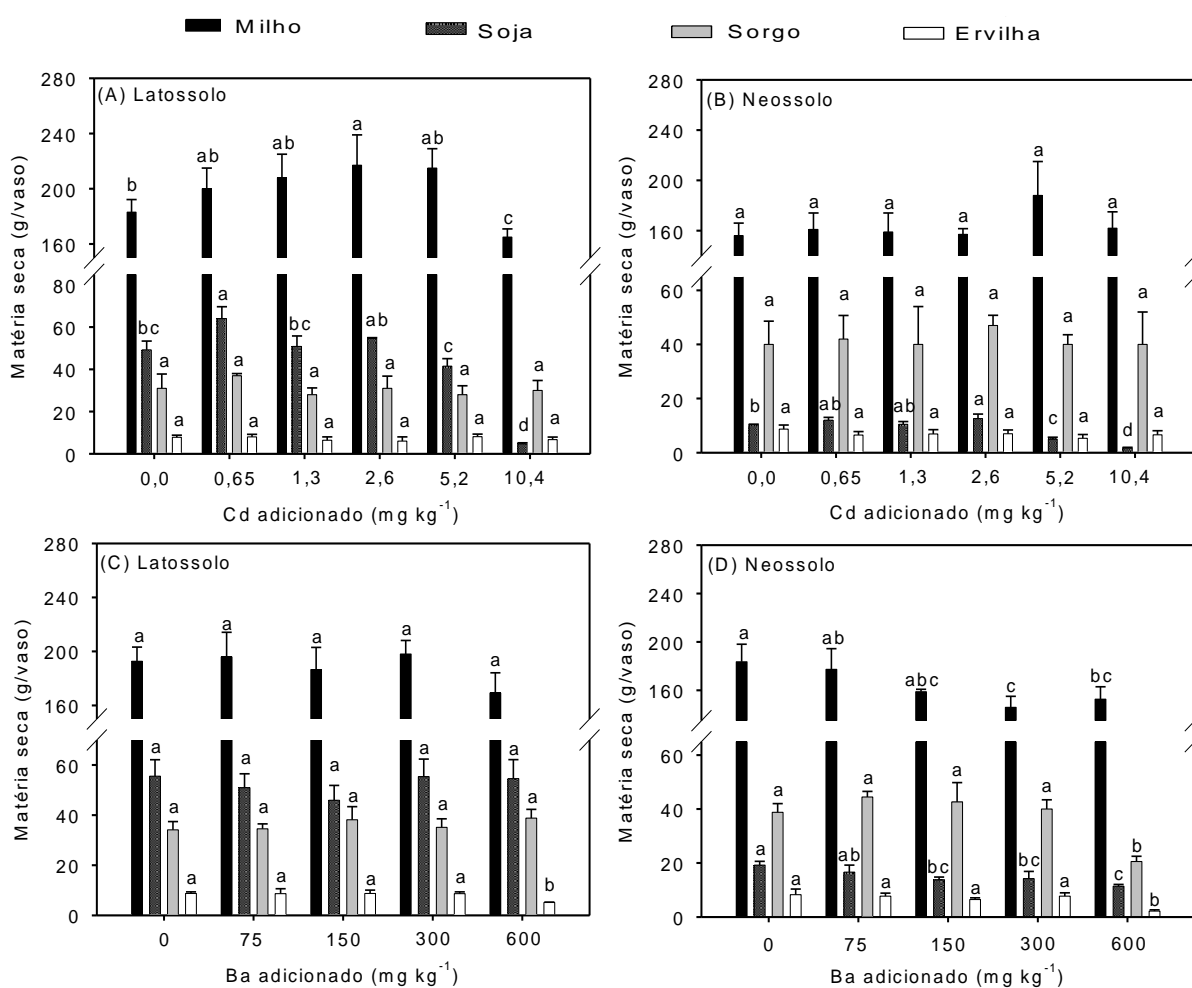


Figura 1 – Efeito das concentrações de Cd e de Ba na produção de matéria seca de milho, soja, sorgo e ervilha. Médias (n = 4) seguidas pela mesma letra não diferem (Tukey, $p < 0,05$). Barras representam o desvio-padrão da média.

Para os tratamentos com Ba (Figuras 2C e 2D) a soja foi novamente a cultura mais sensível, sendo afetada no Neossolo a partir da concentração de 150 mg kg⁻¹, em comparação ao controle (Figura 2D). O milho teve a produção de matéria seca reduzida

partir de 300 mg kg⁻¹, enquanto sorgo e ervilha foram afetados apenas na concentração de 600 mg kg⁻¹. No Latossolo, apenas a ervilha teve a produção ligeiramente reduzida na dose mais elevada. Os sintomas visuais de clorose foram pronunciados em plantas de ervilha, mas não apareceram nas outras culturas.

Os fatores de bioconcentração (FCB), em geral, foram mais elevados nas plantas cultivadas no Neossolo do que no Latossolo (Tabela 2). Estes resultados sugerem maior transferência dos metais no Neossolo do que no Latossolo, o que está atrelado aos efeitos tóxicos mais pronunciados de redução no crescimento das plantas daquele em relação a este solo.

Tabela 2 – Fatores de bioconcentração (BCF) e fator de transferência (FT) de cádmio (Cd) e bário (Ba), em plantas cultivadas em dois solos contaminados artificialmente com esses metais.

Tratamentos Cd	Milho		Soja		Sorgo		Ervilha	
	Latossolo	Neossolo	Latossolo	Neossolo	Latossolo	Neossolo	Latossolo	Neossolo
FBC _{folha}	1,04	2,26	3,47	5,09	3,28	3,95	0,37	0,48
FBC _{caule}	0,78	1,23	1,72	4,44	4,72	9,65	0,37	5,17
FBC _{raiz}	9,59	7,46	4,24	5,63	2,70	13,43	2,37	14,12
FT	0,15	0,23	0,94	0,94	1,50	0,58	0,20	0,59
Tratamentos Ba								
FBC _{folha}	0,32	0,88	0,20	0,42	0,94	1,38	0,21	0,23
FBC _{caule}	0,22	1,08	0,31	0,77	1,41	1,26	0,24	0,09
FBC _{raiz}	0,45	2,64	0,39	1,74	2,74	4,46	0,67	0,59
FT	0,73	0,43	0,64	0,57	0,51	0,61	0,38	0,45

As raízes apresentaram maior BCF em relação ao caule e às folhas. Isto também fica evidenciado pelo fator de transferência (FT = metal na parte aérea/metal nas raízes) ter sido menor do que 1 (um) em todas as plantas e solos, exceto para o sorgo cultivado no Latossolo. A folha e o caule apresentaram BCFs semelhantes na maioria dos casos e os valores variaram em função da espécie e do solo.

CONCLUSÕES

- O Cd foi fitotóxico à soja a partir da concentração de 5,2 mg kg⁻¹, valor quatro vezes maior que o valor de prevenção estabelecido para solos pela legislação brasileira. O Ba afetou a soja a partir de 150 mg kg⁻¹ apenas no solo arenoso.
- A transferência dos metais foi maior no Neossolo do que no Latossolo.
- As raízes acumularam mais metal do que as outras partes da planta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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