

ISSN 2236-0476

## AVALIAÇÃO DA INTENSIDADE DE VERDE DAS FOLHAS EM PLANTAS DE VIME CULTIVADAS EM SOLO CONTAMINADO COM CÁDMIO

Eduardo da Silva Daniel<sup>(1)(3)</sup>, Mariuccia Schlichting de Martin<sup>(1)(4)</sup>, Myrcia Minatti<sup>(1)(5)</sup>, David José Miquelluti<sup>(1)(6)</sup>, Mari Lucia Campos<sup>(1)(7)</sup> e Vitor Paulo Vargas<sup>(1)(8)</sup>.

<sup>(1)</sup>Centro de Ciências Agroveterinárias - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages - Santa Catarina.

<sup>(2)</sup>Instituto Agronômico, Campinas – São Paulo.

<sup>(3)</sup>Email: [edudaniel@hotmail.com](mailto:edudaniel@hotmail.com). <sup>(4)</sup>Email: [mariucciasdm@hotmail.com](mailto:mariucciasdm@hotmail.com). <sup>(5)</sup>Email: [myrciaminatti@gmail.com](mailto:myrciaminatti@gmail.com).

<sup>(6)</sup> Email: [dmiquell@gmail.com](mailto:dmiquell@gmail.com). <sup>(7)</sup> Email: [mari.lucia03@gmail.com](mailto:mari.lucia03@gmail.com). <sup>(8)</sup>Email: [vitorpvargas@hotmail.com](mailto:vitorpvargas@hotmail.com).

### INTRODUÇÃO

O cádmio não tem função biológica conhecida e não é requerido pelos organismos, até mesmo em quantidade-traço, podendo entrar nos ciclos biológicos e acumular-se na cadeia alimentar, causando danos irreversíveis à saúde humana.

No solo, é proveniente, inicialmente, do intemperismo do material de origem. Porém, a partir de 1940, grandes quantidades de cádmio foram incorporadas ao meio ambiente através de processos industriais, atividades de mineração, utilização de fertilizantes fosfatados e da queima de combustíveis fósseis, bem como da compostagem de lixo urbano e do uso de resíduos de tratamentos de esgotos para a adubação, contribuindo para um aumento significativo da contaminação ambiental pelo metal (GUIMARÃES et al., 2008).

No solo, a toxicidade e a mobilidade do cádmio dependem das interações com o mesmo. Quando grandes quantidades do metal são adicionadas, pode haver a migração do poluente, o que culmina com a contaminação dos recursos hídricos (LINHARES et al., 2009).

Valores de concentração máxima em solo para cádmio foram definidos pelo CONAMA, através da Resolução n° 420 de 2009, não podendo ultrapassar 3 mg kg<sup>-1</sup> de Cd para uso agrícola, 8 mg kg<sup>-1</sup> para uso residencial e 20 mg kg<sup>-1</sup> para uso industrial. Acima desses valores as áreas são consideradas impróprias para a utilização, devendo então ser adotadas estratégias para sua descontaminação.

Entre as técnicas de recuperação, a fitorremediação apresenta muitas vantagens em relação a outras formas de descontaminação por ser uma técnica fundamentada em processos naturais. O reduzido custo de implantação é um dos principais pontos positivos a ser considerado. Ao mesmo tempo, é de relativa facilidade de aplicação, fornecendo ainda materiais secundários que aumentam a renda e melhoram a qualidade visual do local em que é implantada. No entanto, a maioria das plantas tem baixa tolerância ao cádmio. Aquelas que se desenvolvem em solos contaminados, apresentando níveis extremos de tolerância, são ditas como plantas hiperacumuladoras (GUIMARÃES et al., 2008). Dentre as plantas com potencial de tolerância, absorção e translocação de metais, a família *salicaceae* é composta por espécies vegetais que sobrevivem em ambientes temporariamente saturados em água, apresentando características morfológicas que as tornam muito atrativas para serem utilizadas em projetos de fitorremediação (ANDRADE et al., 2007). Apesar de tolerarem altos níveis

ISSN 2236-0476

de cádmio no solo, as *salicaceae*, como qualquer outra família tolerante, estão sujeitas à fitotoxidez. Um dos sintomas típicos visíveis da toxidez ao cádmio é a clorose foliar (JIANG et al., 2005; KUPPER et al., 2007;). Tal fato se deve à influência direta do cádmio em enzimas relacionadas à biossíntese de clorofilas, à redução no número de cloroplastos por célula e à mudança notamano celular das plantas expostas a estemetal (GUIMARÃES et al., 2008).

O objetivo do presente trabalho foi estudar a fitotoxidez do cádmio a plantas de vime (*Salix viminalis*) quando cultivadas em Cambissolo Flúvico Alumínico gleissólico contaminado, em casa de vegetação, por meio da avaliação de índices de clorofila das folhas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi instalado em maio de 2012 e conduzido em casa de vegetação localizada no CAV-UDESC em Lages, SC, sob condições de temperatura e umidade controladas. As unidades experimentais foram constituídas de vasos plásticos contendo 4,5 kg de solo da camada superficial (perfil de 0 a 20 cm) de um Cambissolo Flúvico Alumínico gleissólico, coletado em ambiente natural na comunidade de Pessegueiros, no município de Bocaina do Sul. As características químicas desse solo são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1. Características químicas e teor de argila do Cambissolo Flúvico Alumínico gleissólico do solo utilizado no experimento.

Camada	pH em água	CTC pH 7,0	V	Al <sup>+3</sup>	Ca	Mg	K	P	Argila	COT*
cm		cmolc dm <sup>-3</sup>	%	.....cmolc dm <sup>-3</sup> .....	.....	.....mg dm <sup>-3</sup> .....	.....	.....g kg <sup>-1</sup> .....	.....	.....
0-20	5,5	12,47	55,86	0,00	6,30	0,54	49	2,30	260	29

\* Carbono orgânico total.

O solo foi contaminado com doses crescentes de cádmio, com a finalidade de se observarem os efeitos da aplicação de diferentes doses do metal sobre a quantidade de clorofila de folhas de plantas de *Salix viminalis* através de método não destrutivo. Tais doses constituíram os tratamentos, nos valores de 0, 10, 50, 100 e 200 mg kg<sup>-1</sup> de cádmio no solo, arranjados de acordo com um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. A contaminação do solo ocorreu após a secagem e tamisagem do solo em peneira de 2 mm utilizando solução de nitrato de cádmio (Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>). O solo, depois de contaminado, foi mantido incubado por 45 dias com umidade na capacidade de campo, em casa de vegetação, para a estabilização das condições químicas. Após este período, foram checados os níveis de cádmio no solo, através do método descrito por URE (1990), que retorna os valores semi-totais do metal no solo. Em seguida, cada unidade experimental recebeu 4 estacas de 10 cm de comprimento de diferentes diâmetros de plantas de *Salix viminalis*, coletadas de forma aleatória de ramos de plantas da estação experimental da EPAGRI de Lages, SC. A análise

ISSN 2236-0476

de clorofila foi procedida 90 dias após a instalação do experimento, através do medidor portátil de clorofila SPAD 502 (Konica Minolta<sup>®</sup>, Tóquio, Japão). Foram utilizadas folhas totalmente expandidas, removidas do terço médio das plantas, no período entre 8-10 h da manhã (com temperatura de 15-18°C e umidade relativa de 75-85%). O valor de intensidade de verde considerado foi a média de leituras efetuadas em 3 folhas de cada uma das 4 plantas de cada unidade experimental.

Ao final, os valores de cádmio no solo e de índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) medidos nas folhas foram submetidos a análise de regressão, a fim de determinar a equação que melhor se ajustasse aos dados obtidos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de intensidade de verde das folhas (Índice SPAD) de plantas de *Salix viminalis* obtidos com o clorofilômetro e os valores de cádmio aplicado no solo apresentaram correlação linear de 0,73. À medida que os valores de cádmio no solo aumentaram, houve diminuição dos valores de intensidade de verde das folhas, variando de 42 SPADS, naquelas plantas cultivadas em solo não contaminado, até 23,7 SPADS, naquelas cultivadas em solo com valores de 140,86 mg kg<sup>-1</sup> (Figura 1). Tal resultado assemelha-se ao estudo de Silva (2010) que, utilizando-se do clorofilômetro SPAD 502 e trabalhando na identificação de espécies hiperacumuladoras e tolerantes ao cádmio (doses de 32 e 125 mg kg<sup>-1</sup>) observou o amarelecimento de folhas de *Solanum americanum* e tomate cv. Micro-Tom. Os valores obtidos também são corroborados por Monteiro (2010), que analisou o mutante de tomateiro Never Ripe (Nr) submetido a estresse por cádmio sob diferentes períodos de exposição. Conforme este autor, o cádmio provoca diminuição da síntese de clorofila e subsequente reflexo na taxa de fotossíntese quando as plantas são expostas à dose de 0,5 mM de Cd por 35 dias.

ISSN 2236-0476

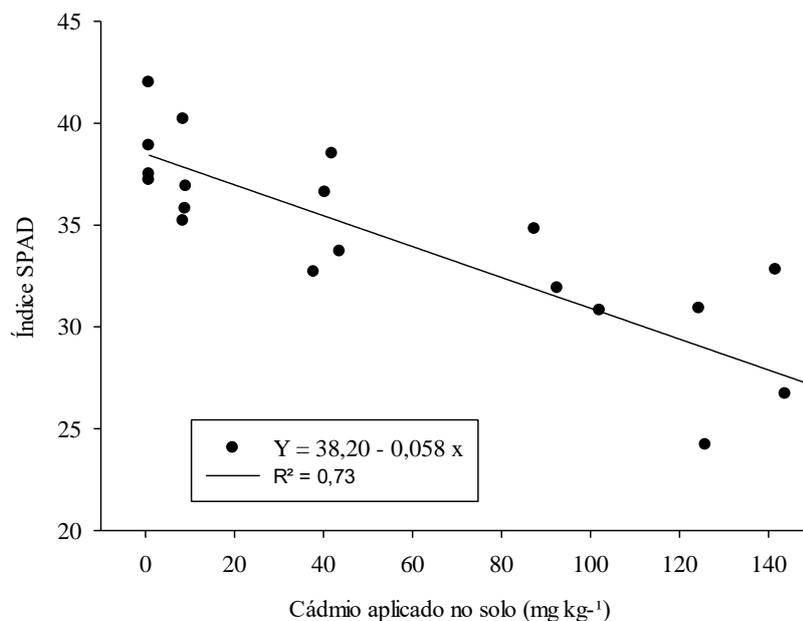


Figura 1. Índice SPAD em folhas de plantas de *Salix viminalis* cultivadas em solo contaminado por cádmio.

A diminuição da intensidade do verde das folhas evidencia o status de clorose foliar, de acordo com Jiang et al. (2005) e Kupper et al. (2007), mais evidente nas plantas que foram cultivadas em solos que receberam maior dose de cádmio. Isso se explica pelo fato de que a clorose pode ser devida a uma competição do cádmio com o ferro por sítios de absorção na membrana plasmática (KABATA-PENDIAS et al., 2000) ou com magnésio (KURDZIEL et al., 2004), podendo, neste caso, afetar potencialmente a estabilidade das clorofilas. Como a presença do cádmio pode provocar a deficiência de fósforo ou reduzir o transporte de manganês, estes efeitos podem também provocar clorose (GODBOLD et al., 1985). Outras possíveis causas da clorose podem ser: uma influência direta do cádmio em enzimas relacionadas à biossíntese de clorofilas, uma redução no número de cloroplastos por célula e uma mudança no tamanho celular das plantas expostas a este metal. Segundo Kurdziel et al. (2004), a clorose está mais relacionada a um decréscimo na replicação do cloroplasto e da divisão celular do que a interação direta entre o cádmio e a biossíntese de clorofila.

## CONCLUSÃO

Os valores de intensidade de verde das folhas de plantas de *Salix viminalis* correlacionam-se, de maneira inversamente proporcional, com os valores de cádmio presentes no solo.

ISSN 2236-0476

A diminuição da intensidade do verde das folhas evidencia a fitotoxidez e o status de clorose foliar causadas pelo metal.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro a este projeto e aos colaboradores que agregaram conhecimentos e esforços à pesquisa.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, M.G.; MELO, F.V.; GABARDO, J.; SOUZA, P.L.C.; REISSMANN, C.B. Metais pesados em solos de área de mineração e metalurgia de chumbo. I – Fitoextração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa – MG, v.33, n.6, p.1879-1888, 2009.
- CHASIN, A.A.M.; CARDOSO, M.L. **Ecotoxicologia do Cádmi e seus Compostos**. Série Cadernos de referência ambiental, Salvador – BA: NEAMA, v.6, 2001, 122p.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução N° 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Diário Oficial da União n° 249, p.81-84, 2009.
- GODBOLD, D.L.; HUTTERMANN, A. Effect of zinc, cadmium and mercury on root elongation of Piceaabies (Karst.) seedlings and the significance of these metals to forest dieback. **Environmental and Pollution**, v.38, p.509-516, 1985.
- GUIMARÃES, M.A.; SANTANA, T.A.; SILVA, E.V.; ZENZEN, I.L.; LOUREIRO, M.E. Toxicidade e tolerância ao cádmio em plantas. **Revista Trópica - Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha –MA, n.3, v.1, p.58, 2008.
- JIANG, R.F.; MA, D.Y.; ZHAO, F.J.; McGRATH, S.P. Cadmium hyperaccumulation protects *Thlaspi caerulescens* from leaf feeding damage by thrips (*Frankliniella occidentalis*). **New Phytologist**, Lancaster – RU, v.167, p.805-814, 2005.
- KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace Elements in Soils and Plants**, 3ª ed. Editora: CRC Press: Londres, 2000, p.123-167.
- KUPPER, H.; PARAMESWARAN, A.; LEITENMAIER, B.; TRTILEK, M.; SETLIK, I. Cadmium-induced inhibition of photosynthesis and long-term acclimation to cadmium stress in the hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens*. **New Phytologist**, Lancaster – RU, p.1-20, 2007.
- LINHARES, L.A.; FILHO, F.B.E.; OLIVEIRA, C.V.; BELLIS, V.M. Adsorção de cádmio e chumbo em solos tropicais altamente intemperizados. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília – DF, v.44, n.3, p.291-299, 2009.
- MONTEIRO, C.C. Análise bioquímica do mutante hormonal de tomateiro Never Ripe (Nr) submetido aos estresses por cádmio e salinidade. 2010. 121 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, 2010.

**ISSN 2236-0476**

SCHIMITT, C. Nutrição mineral do vime em ambientes naturais e potencial de fitorremediação em ambiente contaminado com cádmio e chumbo. 2011. 80 p. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina, 2011.

SILVA, A.A. Identificação de espécies hiperacumuladoras e prospecção de genes relacionados à tolerância de plantas a cádmio. 2010. 95 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.