

SELEÇÃO DE PLANTAS TOLERANTES AO TEBUTHIURON E COM POTENCIAL PARA FITORREMEDIAÇÃO¹

Fábio Ribeiro Pires²
Caetano Marciano de Souza³
Antônio Alberto da Silva³
Sérgio de Oliveira Procópio²
Paulo Roberto Cecon⁴
José Barbosa dos Santos⁵
Edson Aparecido dos Santos⁶

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo selecionar plantas que sejam seletivas ao tebuthiuron, visando utilizá-las em programas de fitorremediação desse herbicida no solo. Foram avaliadas dez espécies pré-selecionadas: *Avena strigosa*, *Tagetes minuta*, *Crotalaria spectabilis*, *Vicia sativa*, *Canavalia ensiformes*, *Dolichos lablab*, *Brassica rapa*, *Estizolobium deeringianum*, *Raphanus sativus* var. *oleifeurs* e *Lupinus albus*. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em vasos contendo 3 dm³ de solo. Foi utilizado um solo de textura argilo-arenosa. O experimento foi constituído por um fatorial 10 x 4 x 4, sendo dez espécies, quatro doses de tebuthiuron (0,0; 0,5; 1,0; e 2,0 kg ha⁻¹), aplicadas em pré-emergência, e 4 épocas de avaliação (15, 30, 45 e 60 dias após a semeadura), em blocos ao acaso, com três repetições. Foram avaliadas, aos 60 dias, a toxicidade, a altura de plantas e a biomassa seca da parte aérea, de raízes e total. Feijão-de-porco e mucuna-anã foram as espécies que exibiram maior tolerância ao tebuthiuron até a dose de 1,0 kg ha⁻¹, com menores sintomas de toxicidade e menor redução da altura e biomassa em relação à testemunha, sendo, portanto, promissoras na fitorremediação de solos contaminados com tebuthiuron.

Palavras-chave: seletividade, toxicidade, descontaminação.

¹ Aceito para publicação em 12.05.2003.

² Doutorando, Dep. Fitotecnia/UFV. 35671-000 Viçosa, MG. E-mail: piresfr@bol.com.br

³ Dep. Fitotecnia da UFV.

⁴ Dep. Informática da UFV.

⁵ Mestrando, Dep. Fitotecnia da UFV.

⁶ Acadêmico de Agronomia, UFV.

ABSTRACT

SELECTION OF PLANTS TOLERANT TO TEBUTHIURON AND WITH PHYTOREMEDIATION POTENTIAL

The aim of this study was to select tebuthiuron-selective plants to be used in soil phytoremediation programs against this herbicide. Ten pre-selected plants were evaluated: *Avena strigosa*, *Tagetes minuta*, *Crotalaria spectabilis*, *Vicia sativa*, *Canavalia ensiformes*, *Dolichos lablab*, *Brassica rapa*, *Estizolobium deeringianum*, *Raphanus sativus* var. *oleifeurs* and *Lupinus albus*. The experiment was carried out in a greenhouse, with a sandy-clay soil, in pots of 3 dm³ capacity. The experiment had a 10 x 4 x 4 factorial outlay in a randomized complete-block design with three replications. The treatments consisted of: 10 species, 4 tebuthiuron doses (0.0, 0.5, 1.0 and 1.0 kg ha⁻¹), applied before shooting, and four evaluation times (15, 30, 45, and 60 days after sowing). Toxicity, plant height and above-ground, root and total dry matter were evaluated after 60 days. *Canavalia ensiformes* and *Estizolobium deeringianum* presented the most tolerance to tebuthiuron up to dose 1.0 kg ha⁻¹, with less toxicity symptoms and smaller plant height and biomass reduction, when compared to the control treatment, being thus promising for use in the phytoremediation of polluted soils with tebuthiuron.

Key words: selectivity, phytotoxicity, decontamination.

INTRODUÇÃO

O manejo de plantas daninhas com herbicidas trouxe inúmeros benefícios aos sistemas de produção; entretanto, problemas advindos de sua utilização incorreta têm sido constatados. O efeito residual de alguns herbicidas tem provocado toxicidade em culturas sensíveis (*carryover*) cultivadas em seqüência. Esse fenômeno foi observado por Siqueira et al. (16), com os herbicidas atrazine e imazaquin. O maior efeito residual pode também provocar problemas ambientais ocasionados por uma provável lixiviação de moléculas originais ou de seus metabólitos para camadas mais profundas no perfil do solo, podendo atingir o aquífero subterrâneo.

Dentre os herbicidas que apresentam longo efeito residual no solo encontra-se o tebuthiuron (N-{5-(1,1-dimetiletil)-1,3,4-tiadiazol-2-il}-n,n'-dimetiluréia), que é um inibidor de fotossíntese, usado em pré-emergência na cultura de cana-de-açúcar. Estudos mostram que sua persistência no solo pode variar de 11 a 14 meses (3), de 15 a 25 meses (13) e mesmo chegar a 7,2 anos (9). O tebuthiuron apresenta elevada mobilidade em solos com baixos teores de argila e carbono orgânico, representando, portanto, fonte potencial de contaminação dos aquíferos, principalmente como resultado de aplicações seqüenciais ao longo dos anos, na mesma área (5). Diante disso, é necessário o emprego de técnicas que retirem esses compostos do solo, provocando sua descontaminação.

Atualmente, cresce o interesse pela fitorremediação, que é uma técnica que utiliza plantas para descontaminar solos e água (6), podendo

ser resultante: (i) da assimilação direta dos contaminantes e subsequente acumulação de metabólitos não-tóxicos nos tecidos vegetais, como componentes estruturais e (ii) do estímulo da atividade microbiana provocada pela liberação de exsudatos que favorecem o aumento da mineralização do contaminante na região da rizosfera.

A fitorremediação pode ser usada em áreas contaminadas com substâncias orgânicas e/ou inorgânicas. Resultados promissores de fitorremediação já foram obtidos para metais pesados, metalóides, hidrocarbonetos de petróleo, agrotóxicos, explosivos, solventes clorados e subprodutos tóxicos da indústria.

No entanto, solos contaminados com herbicidas apresentam certas limitações à fitorremediação, quando comparados com outros contaminantes orgânicos ou inorgânicos, por serem, muitas vezes, tóxicos às plantas, principalmente onde ocorrem compostos com largo espectro de ação, como o tebuthiuron. Todavia, alguns trabalhos relataram a contribuição de plantas, estimulando o efeito rizosférico e acelerando a mineralização de alguns herbicidas, principalmente atrazine, metolachlor (2, 14) e simazine (17). Outros autores relataram o efeito positivo da utilização de plantas na redução do nível de contaminação de herbicidas no solo (1, 4, 10), demonstrando claramente a possibilidade de utilização de plantas terrestres e aquáticas como fitorremediadoras de agrotóxicos.

No Brasil, praticamente inexistem trabalhos que envolvam a fitorremediação de solos contaminados por herbicidas. A pesquisa nessa área encontra-se ainda incipiente. Um dos raros trabalhos é o de Scramin et al. (15), no qual são identificadas plantas daninhas persistentes, supostamente tolerantes aos herbicidas mais comumente utilizados nas áreas de cana-de-açúcar da região. Assim, a seleção de plantas que apresentem algum grau de tolerância ao tebuthiuron e causem sua degradação/imobilização no solo ou na planta faz-se necessária, principalmente se essa característica estiver também associada a outros benefícios ao solo, como é o caso dos adubos verdes.

Este trabalho teve como objetivo selecionar plantas tolerantes ao tebuthiuron, visando utilizá-las em programas de fitorremediação.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionadas, previamente, dez espécies de plantas com potencial para tolerarem o herbicida tebuthiuron e, em decorrência disso, serem empregadas na sua fitorremediação. Essa seleção foi realizada, inicialmente, com base em informações relatadas em Lorenzi (11) sobre espécies de plantas daninhas tolerantes ao tebuthiuron. Além de espécies de plantas daninhas, foram selecionadas espécies que apresentam valor agrícola/econômico, visando seu posterior aproveitamento na agricultura,

dependendo do grau de detoxificação provocado pela planta testada. Foram então incluídas espécies das famílias Leguminosae, Cruciferae, Gramineae e Compositae, sendo elas: aveia-preta (*Avena strigosa*), cravo-de-defunto (*Tagetes minuta*), crotalária (*Crotalaria spectabilis*), ervilhaca (*Vicia sativa*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*), lablabe (*Dolichos lablab*), mostarda (*Brassica rapa*), mucuna-anã (*Estizolobium deeringianum*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* var. *oleifeurs*) e tremoço-branco (*Lupinus albus*).

Após a pré-seleção, as espécies foram avaliadas quanto à seletividade ao tebuthiuron, em experimento conduzido em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. O substrato utilizado foi um solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, de textura argilo-arenosa, sob vegetação de mata secundária, coletado na profundidade de 0-20 cm e peneirado em malha de 0,004 m, cuja caracterização físico-química encontra-se no Quadro 1. O experimento foi constituído por um fatorial 10 x 4 x 4, sendo dez espécies, quatro doses de tebuthiuron (0; 0,5; 1,0; 2,0 kg ha⁻¹, equivalendo a 0, ½, 1 e 2 vezes a dose comercial – 1 kg ha⁻¹) e quatro épocas de avaliação (15, 30, 45 e 60 dias após a semeadura), totalizando 160 tratamentos, conduzidos no delineamento de blocos ao acaso, com três repetições. A unidade experimental foi vaso de polietileno, contendo 3 dm³ de solo. Após o enchimento dos vasos, procedeu-se à aplicação em pré-emergência do herbicida tebuthiuron (produto comercial Combine 500 SC), em 18/04/2002, simulando diferentes níveis de contaminação do solo. O tebuthiuron foi aplicado empregando-se equipamento costal pressurizado com gás carbônico (CO₂), composto de barra com duas pontas de jato plano 110:03, espaçadas de 0,50 m, cobrindo a largura de 1 m. O volume de aplicação foi de 260 L ha⁻¹.

QUADRO 1 - Composição físico-química da camada arável (0-20 cm) do solo Argissolo Vermelho-Amarelo utilizado no experimento*

Análise granulométrica (dag kg ⁻¹)										
Argila	Silte	Areia fina	Areia grossa	Classificação textural						
39	11	17	33	Argilo-arenosa						
Análise química										
PH	P	H + Al	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	CTC	V	m	MO
	mg/dm ³	cmol/dm ³			total			%		dag/kg
5,8	1,4	4,3	0,0	3,8	1,4	123	9,81	56	0	2,18

*Análises realizadas nos Laboratórios de Análises Físicas e Químicas de Solo do Departamento de Solos da UFV, segundo a metodologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA (8).

A semeadura das espécies selecionadas nos vasos que receberam as diferentes doses foi feita no dia seguinte à aplicação do tebuthiuron. Após a aplicação dos tratamentos, os vasos foram irrigados sempre que necessário, visando manter a umidade do solo em torno de 80% da capacidade de campo. As características avaliadas para determinação da seletividade do tebuthiuron às diferentes espécies foram: toxicidade, atribuindo-se notas de acordo com os sintomas de intoxicação na parte aérea das plantas, utilizando escala variando de 0 a 100, para ausência de sintomas e morte da planta, respectivamente, e altura de planta, adotando-se como base para medição o meristema apical, nas dicotiledôneas, e a extremidade da folha mais alta, nas demais espécies. Na última avaliação, realizada aos 60 dias após a semeadura, mediu-se, além da toxicidade e altura das plantas, a biomassa seca da parte aérea, de raízes e total (parte aérea + raízes), por meio da secagem do material em estufa de circulação forçada, por 72 h.

Como os dados não atenderam às pressuposições de normalidade e homogeneidade, utilizou-se a análise descritiva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Podem-se distinguir quatro grupos de espécies, segundo a seletividade ao tebuthiuron, nas quatro doses aplicadas. Aveia-preta, cravo-de-defunto e nabo forrageiro foram as mais sensíveis ao tebuthiuron, apresentando 100% de toxicidade, levando as plantas à morte (Quadros 2 e 3), mesmo na menor dose ($0,5 \text{ kg ha}^{-1}$). Crotalária, ervilhaca e mostarda apresentaram acima de 50% de toxicidade e redução de altura e biomassa em relação à testemunha. Na dose de $1,0 \text{ kg ha}^{-1}$ essas três espécies foram totalmente controladas (mortas) pelo tebuthiuron. O lablabe e o tremoço-branco poderiam ser incluídos nas três espécies citadas, pois apesar de exibirem certa tolerância na dose de $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$, quando submetidas à dose de $1,0 \text{ kg ha}^{-1}$ a toxicidade foi de 90% no tremoço-branco e 100% na mucuna-anã.

As espécies que apresentaram maior seletividade ao tebuthiuron foram a mucuna-anã e o feijão-de-porco. Na dose de $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$ o feijão-de-porco não exibiu sintomas de toxicidade e de redução da altura em relação à testemunha, tendo apresentado pequena redução da biomassa. A mucuna-anã também tolerou bem o tebuthiuron na dose de $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$. Ao analisar a dose de $1,0 \text{ kg ha}^{-1}$ (dose comercial para o solo utilizado), observa-se que houve sensível aumento da toxicidade nas duas espécies e redução da altura e biomassa, com exceção da mucuna-anã, no caso da altura de planta, a qual não se alterou, evidenciando retardamento/paralisação do crescimento.

Na dose de $2,0 \text{ kg ha}^{-1}$, o dobro da dose comercial, apenas a mucuna-anã apresentou razoável tolerância ao tebuthiuron, porém com 90% de dano (toxicidade) em relação à testemunha. A mucuna-anã e o feijão-de-porco, mesmo bastante suscetíveis às doses mais elevadas do

herbicida, poderiam ser melhor estudadas, com o objetivo de utilizá-las na fitorremediação de tebuthiuron em solos.

A Figura 1 mostra a evolução dos sintomas de toxicidade das dez espécies testadas, em quatro épocas de avaliação e quatro doses de tebuthiuron. Na dose de $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$ o cravo-de-defunto, nabo forrageiro, aveia-preta, mostarda e crotalária já apresentaram acima de 80% de toxicidade na primeira avaliação, evoluindo para 100% na segunda. A mostarda e a crotalária tiveram ligeira recuperação, chegando próximo a 90% de toxicidade. O melhor desempenho foi apresentado pelo feijão-de-porco, com zero de toxicidade em todas as avaliações. A ervilhaca, tremoço-branco e mucuna-anã tiveram aumento da toxicidade na última avaliação, e o lablabe manteve-se com pequena alteração até a última avaliação, na dose de $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$.

Na dose de $1,0 \text{ kg ha}^{-1}$, somente a mucuna-anã, feijão-de-porco e tremoço-branco apresentaram alguma tolerância ao tebuthiuron. Isso foi observado na segunda avaliação, sendo progressivo o aparecimento da toxicidade com o tempo após a aplicação. Até a terceira avaliação, o feijão-de-porco foi a espécie com melhor tolerância, sendo superada na quarta avaliação pela mucuna-anã que se recuperou dos sintomas, apresentando a menor toxicidade. Analisando o efeito da dose de $2,0 \text{ kg ha}^{-1}$ (Figura 1), constata-se a baixa tolerância da maioria das espécies testadas e a severidade do tebuthiuron já aos 15 dias após a semeadura (DAS). Aos 30 DAS somente sobreviveram a mucuna-anã e o tremoço-branco, porém os sintomas de toxicidade evoluíram, especialmente no tremoço, que aos 60 DAS apresentou 100% de toxicidade. No entanto, os sintomas provocados pelo tebuthiuron na dose mais elevada apresentaram-se de forma mais tardia no tremoço que nas demais espécies até os 45 DAS. Esse comportamento coincide com os resultados encontrados por Dower Neto (7), porém discorda daqueles obtidos por Martins e Chalita (12), que constataram a seletividade de herbicidas, isolados ou em misturas, ao tremoço-branco, quando testaram paraquat + diuron, 2,4-D amina, 2,4-D+picloram, fomesafem, lactofen, bentazon e glyphosate. Apenas este último mostrou-se eficiente no controle das plantas de tremoço. Por outro lado, no controle do nabo forrageiro, submetido aos mesmos herbicidas, os tratamentos testados foram ineficientes, contrariamente ao que se observou no presente experimento, o que comprova a severidade do tebuthiuron e seu largo espectro de ação.

A evolução da redução da altura das plantas teve comportamento similar ao observado em relação à toxicidade, porém em ordem contrária (Figura 2). Na dose de $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$ houve declínio mais pronunciado a partir dos 30 DAS, evidenciando a ação do tebuthiuron no porte das plantas. À medida que se aumentou a dose de tebuthiuron ($1,0$ e $2,0 \text{ kg ha}^{-1}$), percebeu-se cada vez mais precoce sua ação herbicida e menor capacidade das plantas testadas em tolerá-lo.

QUADRO 2 - Sintomas de toxicidade e porcentagem de redução da altura de plantas e da biomassa seca da parte aérea de dez espécies, causadas por doses crescentes de tebuthiuron, em relação à testemunha, aos 60 dias após a semeadura

	Toxicidade (%)						Altura de plantas (%)						Biomassa da parte aérea (%)					
	0,5		1,0		2,0		0,5		1,0		2,0		0,5		1,0		2,0	
	M*	S**	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S
Aveia-preta	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0
Cravo-de-defunto	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0
Crotalaria spectab.	87	23	100	0,0	100	0,0	79	0,5	100	0,0	100	0,0	79	0,6	100	0,0	100	0,0
Ervilhaca	63	35	100	0,0	100	0,0	81	0,4	100	0,0	100	0,0	81	0,4	100	0,0	100	0,0
Feijão-de-porco	0,0	0,0	70	26	100	0,0	0	6,1	24	17	100	0,0	5	2,8	49	4,0	100	0,0
Lablabe	33	58	100	0,0	100	0,0	47	39	100	0,0	100	0,0	5	3,3	100	0,0	100	0,0
Mostarda	87	23	100	0,0	100	0,0	94	3,4	100	0,0	100	0,0	91	1,3	100	0,0	100	0,0
Mucuna-anã	30	10	52	22	90	17	11	3,9	11	4,3	75	8,1	36	0,2	60	1,1	89	0,8
Nabo forrageiro	100	0,0	99	0,6	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0
Tremoço-branco	47	11	90	17	100	0,0	13	1,3	72	7,8	100	0,0	22	0,3	39	1,0	100	0,0

* Média de três repetições. **Desvio-padrão

QUADRO 3 - Porcentagem de redução da biomassa seca de raízes e da biomassa seca total de 10 espécies, causada por doses crescentes de tebuthiuron, em relação à testemunha, aos 60 dias após a semeadura

Espécie	Biomassa de raízes (%)									Biomassa total (%)								
	0,5			1,0			2,0			0,5			1,0			2,0		
	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S		
Aveia-preta	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0		
Cravo-de-defunto	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0		
Crotalária spectab.	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0	90	0,6	100	0,0	100	0,0	100	0,0		
Ervilhaca	74	0,9	100	0,0	100	0,0	100	0,0	76	1,3	100	0,0	100	0,0	100	0,0		
Feijão-de-porco	13	1,4	69	1,4	100	0,0	100	0,0	21	4,2	57	5,3	100	0,0	100	0,0		
Lablabe	30	1,5	100	0,0	100	0,0	100	0,0	14	4,7	100	0,0	100	0,0	100	0,0		
Mostarda	96	0,5	100	0,0	100	0,0	100	0,0	93	1,8	100	0,0	100	0,0	100	0,0		
Mucuna-anã	50	0,9	74	0,8	92	0,6	100	0,0	41	0,3	65	1,9	90	1,4	100	0,0		
Nabo forrageiro	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0	100	0,0		
Tremoço-branco	45	0,2	91	0,2	100	0,0	100	0,0	29	0,2	54	1,1	100	0,0	100	0,0		

* Média de três repetições. **Desvio-padrão.

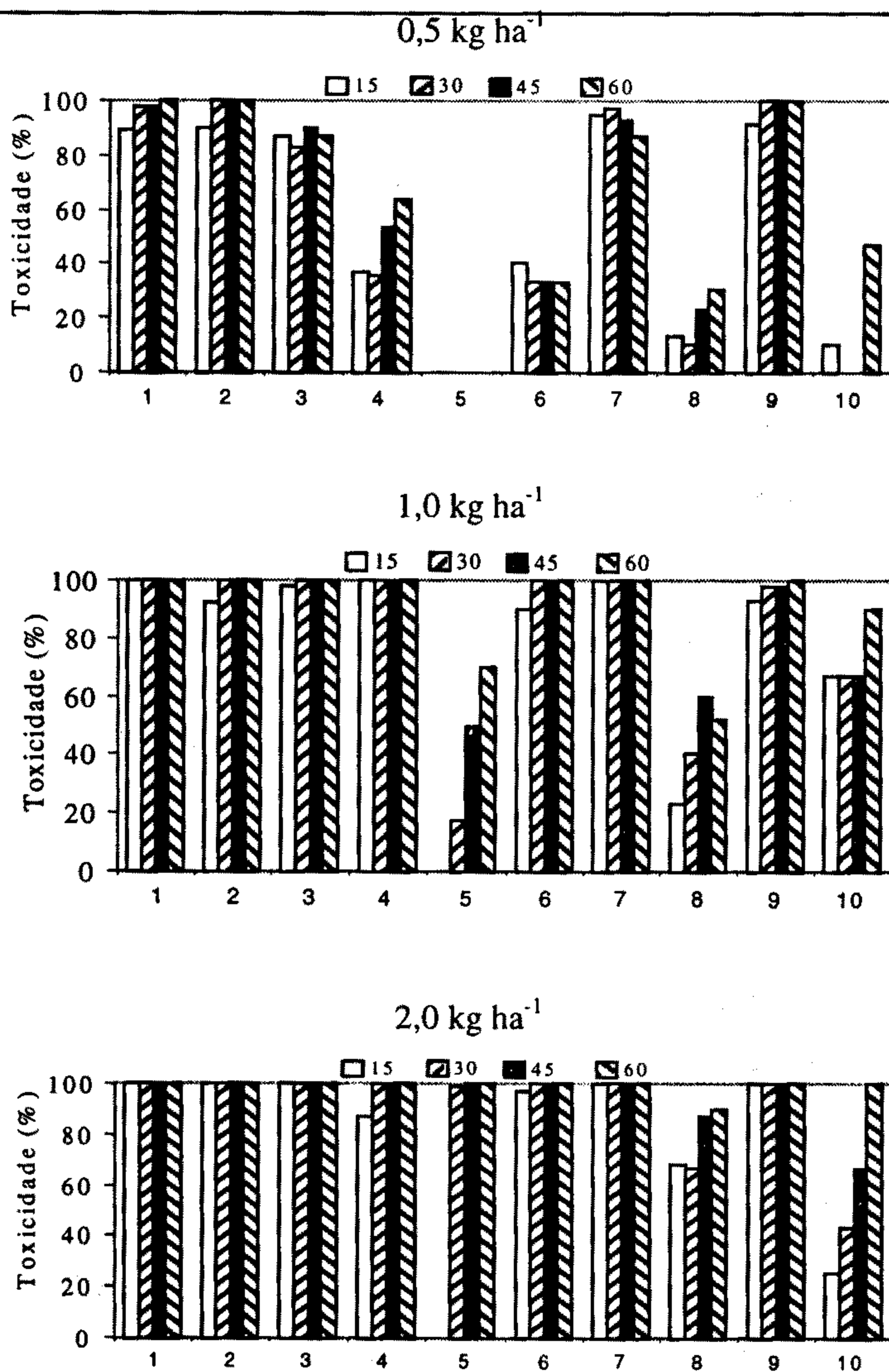


FIGURA 1 - Evolução dos sintomas de toxicidade em 1) aveia-preta; 2) cravo-de-defunto; 3) *Crotalaria spectabilis*; 4) ervilhaca; 5) feijão-de-porco; 6) lablabe; 7) mostarda; 8) mucuna-anã; 9) nabo forrageiro; e 10) tremço-branco, em quatro épocas de avaliação (15, 30, 45 e 60 dias após a semeadura) e três doses de tebuthiuron.

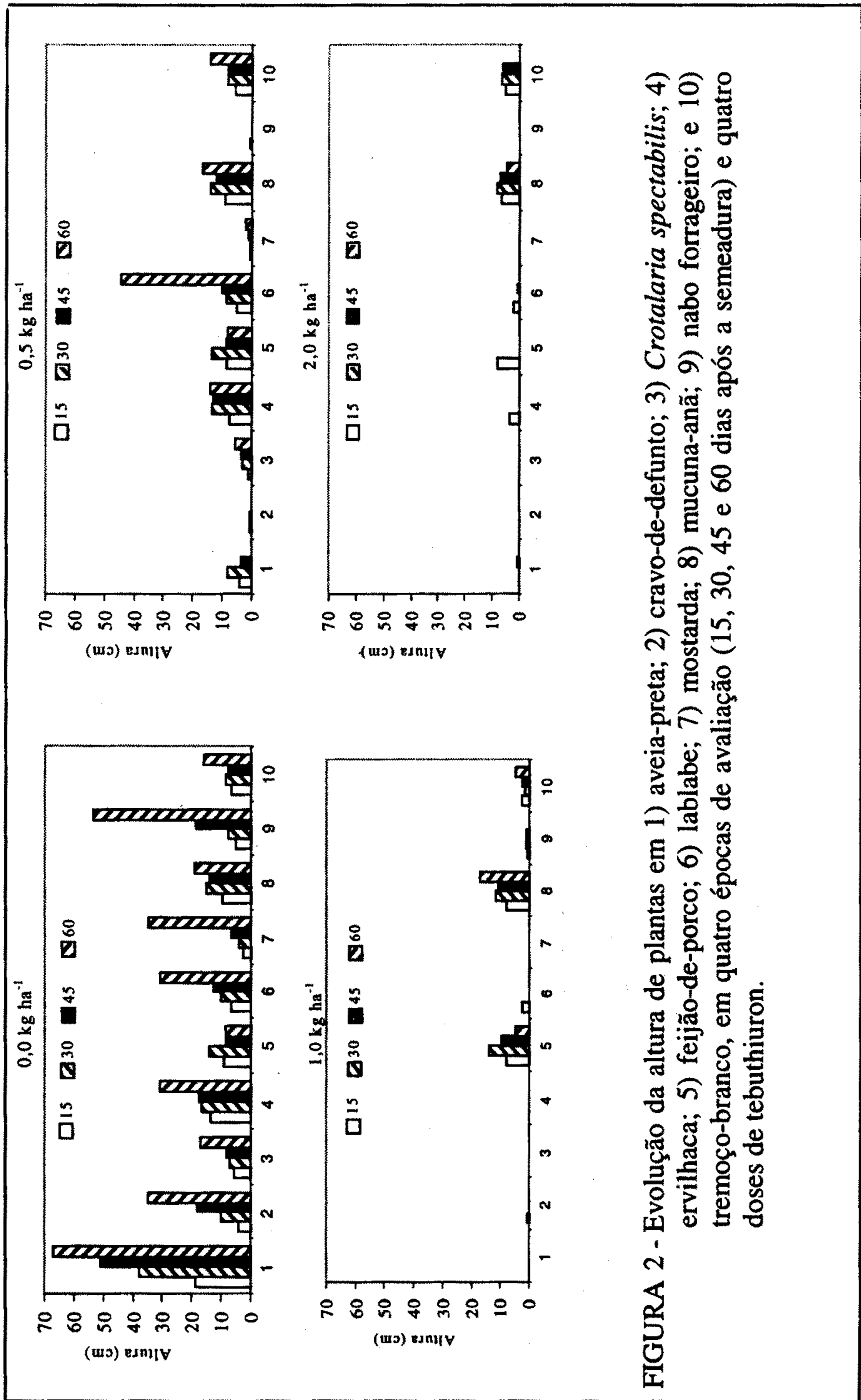


FIGURA 2 - Evolução da altura de plantas em 1) aveia-preta; 2) cravo-de-defunto; 3) *Crotalaria spectabilis*; 4) ervilhaca; 5) feijão-de-porco; 6) lablabe; 7) mostarda; 8) mucuna-anã; 9) nabo forrageiro; e 10) tremoço-branco, em quatro épocas de avaliação (15, 30, 45 e 60 dias após a semeadura) e quatro doses de tebuthiuron.

CONCLUSÕES

1) Feijão-de-porco e mucuna-anã são as espécies que apresentam tolerância ao tebuthiuron até a dose de 1,0 kg ha⁻¹, com menores sintomas de toxicidade e menor redução da altura e biomassa.

2) Mucuna-anã e feijão-de-porco são espécies potenciais para uso na fitorremediação de solos contaminados com tebuthiuron.

REFERÊNCIAS

1. ANDERSON, T. A. & COATS, J. R. Screening rhizosphere soil samples for the ability to mineralize elevated concentrations of atrazine and metolachlor. *J. Environ. Sci. Health*, B30: 473-84, 1995.
2. ANDERSON, T.A.; KRUGER, E.L. & COATS, J.R. Enhanced degradation of a mixture of three herbicides in the rhizosphere of a herbicide-tolerant plant. *Chemosphere*, 28: 1551-7, 1994.
3. BLANCO, J.G. & OLIVEIRA, D.A. Persistência de herbicidas em Latossolo Vermelho-Amarelo em cultura de cana-de-açúcar. *Pesq. Agropec. Bras.*, 22: 681-7, 1987.
4. BOYLE, J.J. & SHANN, J.R. The influence of planting and soil characteristics on mineralization of 2,4,5-T in rhizosphere soil. *J. Environ. Qual.*, 27: 704-9, 1998.
5. CERDEIRA, A.L.; GOMES, M.A.; QUEIROZ, R.C.; BONATO, P.S.; FERRACINI, V.L. & LANCHOTE, V.L. Herbicide and nitrate residues in surface and groundwater from sugarcane area in Brazil. *Bolletino Chimico Farmaceutico*, 138: 131, 1999.
6. CUNNINGHAM, S.D.; ANDERSON, T.A. & SCHWAB, A.P. Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants. *Adv. Agron.*, 56: 55-114, 1996.
7. DOWER NETO, J.B.; ANDRADE, P.F.S; MATSUI, E.M.; MOTA, W.R.D., PEREIRA, M.A.; SOARES, C.R; YANAGUIHARA, A.K. & ZAINA, V.R. Avaliação da eficácia e toxicidade de herbicidas pós-emergentes em tremoço (*Lupinus albus*) na região de Bandeirante, PR. In: Congresso Brasileiro de Herbicidas e Plantas Daninhas, 17, 1988. Foz do Iguaçu, PR. Resumos, Foz do Iguaçu, PR, SBHED. p.278-9.
8. EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.
9. EMMERICH, W.E.; HELMER, J.D.; RENARD, K.G. & LANE, L.J. Fate and effectiveness of tebuthiuron applied to a rangeland watershed. *J. Environ. Qual.*, 13: 382-6, 1984.
10. KRUGER, E.L.; ANHALT, J.C.; SORENSON, D.; NELSON, B.; CHOUHY, A.L.; ANDERSON T.A. & COATS, J.R. Atrazine degradation in pesticide-contaminated soils: phytoremediation potential. In: Kruger, E.L.; Anderson, T.A. & Coats, J.R. (eds.). *Phytoremediation of soil and water contaminants*. Washington, DC, American Chemical Society, 1997. p. 54-64. (ACS Symposium Series).
11. LORENZI, H. Manual de identificação e de controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional. Nova Odessa, Plantarum, 2000. 339p.
12. MARTINS, D. & CHALITA, C. Controle químico de tremoço (*Lupinus albus*) e de nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) no manejo para plantio direto. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 22, 1991, Foz do Iguaçu, PR. Resumos, Foz do Iguaçu, PR, SBCPD, 1991. p.110.
13. MEYER, R.E. & BOVEY, R.W. Tebuthiuron formulation and placement effects on response of woody plants and soil residue. *Weed Sci.*, 36: 373-8, 1988.

14. PERKOVICH, B.S.; ANDERSON, T.A.; KRUGER, E.L. & COATS, J.R. Enhanced mineralization of [¹⁴C] atrazine in *Kochia scoparia* rhizosferic soil from a pesticide-contaminated site. *Pestic. Sci.*, 46: 391-6. 1996.
15. SCRAMIN, S.; SKORUPA, L.A. & MELO, I.S. Utilização de plantas na remediação de solos contaminados por herbicidas – levantamento da flora existente em áreas de cultivo de cana-de-açúcar. In: Melo, I.S.; Silva, C.M.M.S.; Scramin, S. & Spessoto, A. (eds.). *Biodegradação*. Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 369-71.
16. SIQUEIRA, J.O.; SAFIR, G.R. & NAIR, M.G. VA-mycorrhizae and mycorrhizal stimulating isoflavonoid compounds reduce plant herbicide injury. *Plant Soil*, 34: 233-42, 1991.
17. WILSON, P.C.; WHITWELL, T. & KLAINÉ, S.J. Phytotoxicity, uptake, and distribution of ¹⁴C-simazine in *Acorus gramineus* and *Pontederia cordata*. *Weed Sci.*, 48: 701-9. 2000.