

FITORREMEDIAÇÃO DO HERBICIDA TRIFLOXYSULFURON SODIUM¹

Phytoremediation of the Herbicide Trifloxysulfuron Sodium

SANTOS, J.B.², PROCÓPIO, S.O.³, SILVA, A.A.⁴, PIRES, F.R.⁵, RIBEIRO JÚNIOR, J.I.⁶, SANTOS, E.A.⁷ e FERREIRA, L.R.⁴

RESUMO - Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de espécies vegetais na fitorremediação do herbicida trifloxysulfuron sodium em solos, utilizando o milho como planta indicadora. Os tratamentos foram compostos pela combinação de espécies (*Calopogonium muconoides*, *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*, *Vicia sativa*, *Cajanus cajan*, *Canavalia ensiformis*, *Helianthus annuus*, *Dolichus lablab*, *Pennisetum glaucum*, *Stylosantes guianensis*, *Mucuna deeringiana*, *Mucuna cinereum*, *Mucuna aterrima*, *Raphanus sativus* e *Lupinus albus*), semeadas anteriormente à cultura do milho, mais um tratamento controle (sem cultivo prévio) e três doses do herbicida trifloxysulfuron sodium (0,00; 3,75; e 15,00 g ha⁻¹). O delineamento experimental usado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial, sendo utilizadas três repetições. A semeadura das espécies vegetais nos vasos foi feita no dia seguinte à aplicação do trifloxysulfuron sodium. Após 80 dias da semeadura, as espécies vegetais foram cortadas na altura do coleto, descartando-se a sua parte aérea. A seguir, foi realizada a semeadura do milho (cultivar AG-122). Aos 45 dias após a emergência das plantas de milho foram avaliadas a altura de plantas e a sua biomassa seca da parte aérea. Verificou-se que as espécies *M. aterrima* e *C. ensiformis* foram eficientes na descontaminação do herbicida trifloxysulfuron sodium em solo.

Palavras-chave: fitorremediação, descontaminação, adubos verdes, solos.

ABSTRACT - This work aimed to evaluate the efficiency of plant species in the phytoremediation of the herbicide trifloxysulfuron sodium in soils, by using corn crop as a bioindicator. The treatments were composed by the combination of the species (*Calopogonium muconoides*, *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*, *Vicia sativa*, *Cajanus cajan*, *Canavalia ensiformis*, *Helianthus annuus*, *Dolichus lablab*, *Pennisetum glaucum*, *Stylosantes guianensis*, *Mucuna deeringiana*, *Mucuna cinereum*, *Mucuna aterrima*, *Raphanus sativus* and *Lupinus albus*) sowed before the corn, without previous cultivation (control), and three rates of trifloxysulfuron sodium (0.00, 3.75 and 15.00 g ha⁻¹). The experiment was arranged in a randomized block design, in a factorial scheme, with three replicates. Eighty days after sowing, the plants were cut and the shoots discarded. After that, corn (cultivar AG-122) was sowed. Forty five days after emergence, corn height and shoot dry biomass were recorded. *M. aterrima* and *C. ensiformis* were considered efficient regarding decontamination of the herbicide residues in soil.

Key words: phytoremediation, decontamination, green manure, soils.

INTRODUÇÃO

Fitorremediação é o uso de plantas e sua comunidade microbiana associada para

degradar, seqüestrar ou imobilizar poluentes no solo (Siciliano & Germida, 1999). O uso de plantas para despoluir áreas com solos contaminados apresenta elevado potencial de

¹ Recebido para publicação em 6.6.2003 e na forma revisada em 18.6.2004.

² Doutorando do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa – UFV, 36571-000 Viçosa-MG; ³Prof. do Dep. de Fitossanidade da Universidade Federal de Pelotas – UFPEL, 96010-900 Pelotas-RS. ⁴Prof. do Dep. de Fitotecnia da UFV;

⁵Prof. do Dep. de Agronomia da FESURV; ⁶Prof. do Dep. de Informática da UFV; ⁷Acadêmico de Agronomia, UFV.



utilização em relação aos métodos convencionais, como bombeamento e tratamento, ou ao de remoção física da camada contaminada, por apresentar potencial para tratamento *in situ* (Perkovich et al., 1996) e ser economicamente viável (Vose et al., 2000).

Essa técnica, que no Brasil é ainda incipiente, tem seu uso difundido nos Estados Unidos e na Europa, principalmente na remediação de metais pesados, sendo identificadas algumas espécies de comprovada eficiência (Radin, 2000; Accioly & Siqueira, 2000). Outra recente linha de pesquisa tem como objetivo selecionar plantas para a biodegradação de contaminantes orgânicos, como petróleo e seus derivados, e de pesticidas (Anderson & Coats, 1995; Cunningham et al., 1996; Fernandez et al., 1999; Wilson et al., 1999; Vose et al., 2000).

A fitorremediação de herbicidas representa uma área de pesquisa interessante, pois esses compostos, amplamente utilizados na agricultura mundial no controle de plantas daninhas, apresentam riscos potenciais de contaminação do solo e da água (Perkovich et al., 1996). Além disso, produtos que apresentam efeito residual longo - que pode variar de alguns meses até três anos ou mais - provocam fitotoxicidade em culturas sensíveis (*carryover*) plantadas após a utilização desses herbicidas, como observado para atrazine e imazaquin por Siqueira et al. (1991).

O trifloxysulfuron sodium, recentemente registrado no País, é utilizado na cultura do algodão em pós-emergência inicial, porém tem apresentado problemas de *carryover* na cultura do feijão. Mesmo sendo um produto utilizado em baixas concentrações (em torno de 7,5 g ha⁻¹), o período de espera para o plantio de culturas sensíveis, recomendado pelo fabricante, é de, aproximadamente, oito meses a contar de sua aplicação. Esse fato pode limitar sua utilização em áreas onde o agricultor cultiva, por exemplo, feijão no inverno.

A identificação de espécies de plantas que consigam fitorremediar o trifloxysulfuron sodium e, ainda, reúnam características de interesse agrônomo, como as leguminosas, seria de grande interesse. O uso deste grupo de plantas, além de possibilitar a despoluição do solo, proporcionaria também, entre outros

benefícios, por exemplo, a fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico (Rogers et al., 1996).

Com a finalidade de identificar espécies potencialmente fitorremediadoras de solos contaminados por herbicidas, alguns trabalhos têm sido realizados (Boyle & Shann, 1998; Wilson et al., 1999, 2000). Das espécies testadas, algumas têm comprovado sua eficiência na redução dos níveis de determinados herbicidas no solo. Estudos envolvendo solo rizosférico da espécie *Kochia scoparia* evidenciaram que a degradação de metolachlor e, principalmente, atrazine foi maior do que quando comparada à de solos não-vegetados (Anderson et al., 1994; Anderson & Coats, 1995; Perkovich et al., 1996; Rice et al., 1997).

Objetivou-se neste trabalho avaliar a eficiência de espécies vegetais na fitorremediação do herbicida trifloxysulfuron sodium em solos, utilizando o milho como planta indicadora.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG, sendo conduzido em vasos, contendo como substrato um solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, de textura argilo-arenosa, cuja caracterização físico-química encontra-se na Tabela 1.

Os tratamentos foram compostos pela combinação entre as espécies vegetais *Calopogonium muconoides* (calopogônio), *Crotalaria juncea* (crotalária), *Crotalaria spectabilis* (crotalária), *Vicia sativa* (ervilhaca), *Cajanus cajan* (feijão-guandu), *Canavalia ensiformis* (feijão-de-porco), *Helianthus annuus* (girassol), *Dolichus lablab* (lablabe), *Pennisetum glaucum* (milheto), *Stylosantes guianensis* (mineirão), *Mucuna deeringiana* (mucuna-anã), *Mucuna cinereum* (mucuna-cinza), *Mucuna aterrima* (mucuna-preta), *Raphanus sativus* (nabo forrageiro) e *Lupinus albus* (tremoço-branco), semeadas anteriormente à cultura do milho, mais um controle (sem cultivo prévio) e três doses do herbicida trifloxysulfuron sodium (0,00; 3,75; e 15,00 g ha⁻¹). A escolha das espécies foi baseada em experimentos preliminares de tolerância ao herbicida.

Tabela 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 _{total}	V	m	MO
(H ₂ O)	(mg dm ⁻³)	(cmol _c dm ⁻³)							(%)	(dag kg ⁻¹)
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 (1997).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 16 x 3, com três repetições. A unidade experimental foi constituída de um vaso de polietileno, contendo 3 dm³ de solo. O solo utilizado recebeu adubação de 600 kg ha⁻¹ da fórmula 4-14-8 antes do preenchimento dos vasos. Após essa etapa, os vasos foram umedecidos e, depois de 24 horas, procedeu-se à aplicação em pré-emergência do herbicida, empregando pulverizador costal pressurizado com gás carbônico (CO₂), aplicando o equivalente a 260 L ha⁻¹ de calda.

A semeadura das espécies vegetais foi realizada no dia seguinte à aplicação do trifloxysulfuron sodium. Após a emergência das plantas foi realizado desbaste, deixando-se quatro vezes a densidade recomendada de cada espécie, com base no uso das espécies na adubação verde. Durante a condução do experimento os vasos foram mantidos sob irrigação.

Após 80 dias da semeadura, as espécies vegetais foram cortadas na altura do coleto, destacando-se a sua parte aérea. A seguir, foi realizada a semeadura do milho (cultivar AG-122). Após a emergência das plantas de milho, efetuou-se desbaste, deixando-se duas plantas por vaso.

Aos 45 dias após a emergência das plantas de milho foram avaliadas a altura de plantas e a biomassa seca da parte aérea das plantas, obtida por meio de pesagem do material colhido, que foi secado em estufa de circulação forçada (70 ± 2 °C) por 72 horas.

Todas as variáveis que atenderam às pressuposições de normalidade e homogeneidade das variâncias, por meio dos testes de Lilliefors e de Cochran, respectivamente, foram submetidas à análise de variância. O efeito entre as doses do trifloxysulfuron sodium dentro de cada espécie vegetal foi avaliado por análise de regressão, a 1 ou 5% de significância, e o efeito entre as espécies dentro de cada dose do herbicida, por meio do critério de Scott-Knott, a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Altura de Plantas

Observou-se (Figuras 1 e 2) efeito significativo (P < 0,01) das doses de trifloxysulfuron sodium sobre a altura das plantas de milho quando semeadas em seqüência às espécies *H. annuus*, *C. muconoides*, *C. juncea*, *C. spectabilis*, *V. sativa*, *C. cajan*, *D. lablab*, *P. glaucum*, *S. guianensis*, *M. deeringiana*, *M. cinereum*, *L. albus* e, também, quando não houve cultivo anterior (controle), sendo suas equações de regressão apresentadas na Tabela 2. Para essas 12 espécies e para o controle, a altura das plantas diminuiu com o aumento das doses do trifloxysulfuron sodium, variando na intensidade da queda, de acordo com a espécie testada (Figuras 1 e 2), com exceção dos tratamentos contendo *H. annuus*, *P. glaucum*, *S. guianensis*, *M. deeringiana*, *M. cinereum* e o controle, que acarretaram diminuição até uma determinada dose, a qual variou de acordo com o tratamento. Após essa



dose, a altura das plantas de milho se estabilizou. Não foi detectado efeito das doses do herbicida sobre esta característica quando foram cultivadas anteriormente ao milho as espécies *C. ensiformis*, *M. aterrima* e *R. sativus* (Tabela 2).

Observou-se que, nos tratamentos onde não se aplicou o trifloxysulfuron sodium ($0,00 \text{ g ha}^{-1}$), apresentados na Tabela 2, a única espécie semeada previamente ao milho que não afetou a altura das plantas foi *M. aterrima*. O cultivo anterior de todas as outras espécies testadas em solo livre do herbicida resultou em diminuição da altura das plantas de milho, possivelmente devido a efeitos alelopáticos.

Em relação à dose do trifloxysulfuron sodium de $3,75 \text{ g ha}^{-1}$, aproximadamente metade da dose comercial recomendada pelo fabricante, verificou-se que a maior altura das plantas de milho foi obtida após seu plantio em solos que receberam previamente as espécies *C. ensiformis*, *C. spectabilis*, *M. aterrima*, *V. sativa* e *L. albus*, sendo superior ao controle (Tabela 2).

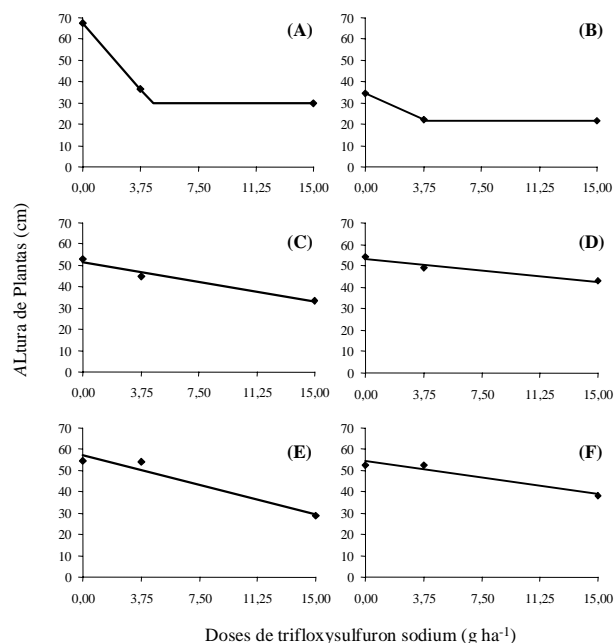


Figura 1 - Estimativa da altura de plantas de milho aos 45 dias após a emergência, após a semeadura de diversas espécies vegetais [Controle – sem cultivo (A), *Helianthus annuus* (B), *Calopogonium muconoides* (C), *Crotalaria juncea* (D), *Crotalaria spectabilis* (E) e *Vicia sativa* (F)] em solos submetidos a três doses de trifloxysulfuron sodium.

Pela análise da Tabela 2, constata-se que, mesmo quando cultivadas em solos que receberam duas vezes a dose comercial do produto (15 g ha^{-1}), as plantas de milho semeadas após *M. aterrima*, *C. ensiformis*, *M. cinereum* e *M. deeringiana* não apresentaram queda significativa nas suas alturas, diferenciando-se das plantas cultivadas após as demais espécies, inclusive do tratamento sem cultivo prévio. Observou-se também que, nessa dose, as espécies *P. glaucum* e *H. annuus* apresentaram-se significativamente inferiores ao tratamento controle, o que não foi verificado com as demais espécies. Wilson et al. (2000) constataram que a atividade de simazine em solução foi reduzida a 45 e 34%, em sete dias, com a presença de *Acorus gramineus* e *Pontederia cordata*, respectivamente, sugerindo serem eficientes na fitorremediação deste herbicida.

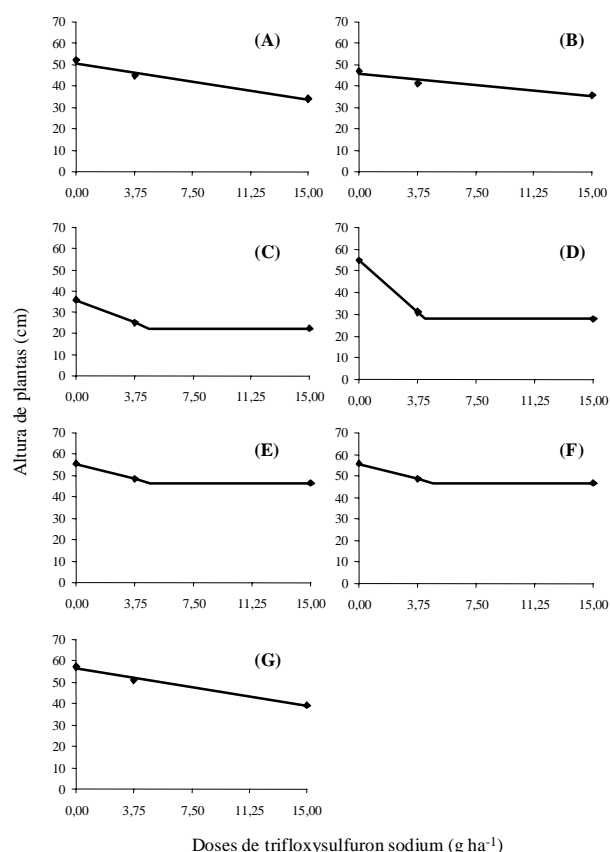


Figura 2 - Estimativas da altura de plantas de milho aos 45 dias após a emergência, após a semeadura de diversas espécies vegetais [*Cajanus cajan* (A), *Dolichus lablab* (B), *Penisetum glaucum* (C), *Stylosantes guianensis* (D), *Mucuna deeringiana* (E), *Mucuna cinereum* (F) e *Lupinus albus* (G)] em solos submetidos a três doses de trifloxysulfuron sodium.

Tabela 2 - Efeito do plantio anterior de diversas espécies vegetais sobre a altura de plantas de milho aos 45 dias após a emergência, semeadas em solo submetido a três doses do herbicida trifloxysulfuron sodium (D). Viçosa-MG, 2003

Espécie fitorremediadora	Doses de trifloxysulfuron sodium (g ha ⁻¹)			Equação de regressão	R ² (%)
	0,00	3,75	15,00		
	Altura de plantas de milho (cm)				
Sem cultivo	67,33 a	36,67 c	30,00 c	$\hat{Y} = 67,33 - 8,178^{**}D$ (0 D 4,57) e $\bar{Y} = 30,00$ (4,57 D 15)	100,00
<i>H. annuus</i>	34,67 c	22,00 d	21,67 d	$\hat{Y} = 34,66 - 3,378^{**}D$ (0 D 3,85) e $\bar{Y} = 21,67$ (3,85 D 15)	100,00
<i>C. muconoides</i>	53,00 b	45,00 b	33,33 c	$\hat{Y} = 51,58 - 1,248^{**}D$	97,01
<i>C. juncea</i>	54,33 b	49,00 b	42,67 b	$\hat{Y} = 53,22 - 0,728^{**}D$	94,73
<i>C. spectabilis</i>	54,50 b	54,00 a	28,67 c	$\hat{Y} = 57,25 - 1,844^{**}D$	94,99
<i>V. sativa</i>	52,67 b	52,67 a	38,33 b	$\hat{Y} = 54,32 - 1,029^{**}D$	94,23
<i>C. cajan</i>	52,00 b	44,67 b	34,00 c	$\hat{Y} = 50,69 - 1,142^{**}D$	96,98
<i>C. ensiformis</i>	54,00 b	54,00 a	51,00 a	$\bar{Y} = 53,00$	-
<i>D. lablab</i>	47,00 b	41,33 b	35,33 c	$\hat{Y} = 45,73 - 0,721^{**}D$	93,16
<i>P. glaucum</i>	36,00 c	25,00 d	22,33 d	$\hat{Y} = 36,00 - 2,933^{**}D$ (0 D 4,66) e $\bar{Y} = 22,33$ (4,66 D 15)	100,00
<i>S. guianensis</i>	55,00 b	31,00 c	28,00 c	$\hat{Y} = 55,00 - 6,400^{**}D$ (0 D 4,22) e $\bar{Y} = 28,00$ (4,22 D 15)	100,00
<i>M. deeringiana</i>	55,67 b	48,33 b	46,33 a	$\hat{Y} = 55,66 - 1,956^{**}D$ (0 D 4,77) e $\bar{Y} = 46,33$ (4,77 D 15)	100,00
<i>M. cinereum</i>	55,50 b	48,33 b	46,50 a	$\hat{Y} = 55,50 - 1,911^{**}D$ (0 D 4,71) e $\bar{Y} = 46,50$ (4,71 D 15)	100,00
<i>M. aterrima</i>	60,00 a	53,33 a	53,00 a	$\bar{Y} = 55,44$	-
<i>R. sativus</i>	35,00 c	30,67 c	30,33 c	$\bar{Y} = 32,00$	-
<i>L. albus</i>	57,17 b	51,00 a	39,33 b	$\hat{Y} = 56,38 - 1,154^{**}D$	98,91

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott (P>0,05).

** Significativo pelo teste t (P<0,01).

Biomassa Seca da Parte Aérea

Quando o milho foi semeado após a colheita das espécies *C. muconoides*, *C. cajan*, *C. ensiformis*, *S. guianensis*, *M. cinereum*, *L. albus*, *D. lablab* e, também, quando não houve cultivo anterior (controle), observou-se que a biomassa seca da parte aérea das plantas de milho diminuiu de forma linear (P < 0,01 ou P < 0,05) com o aumento das doses do trifloxysulfuron sodium, variando na intensidade da queda de acordo com a espécie testada (Figura 3 e Tabela 3). Nos tratamentos contendo previamente *C. juncea* e *M. aterrima* a diminuição ocorreu até, aproximadamente, a dose estimada de 4,00 g ha⁻¹; após essa dose, a biomassa seca da parte aérea das plantas de milho tendeu a ficar constante. Não foi observado efeito das doses do herbicida sobre esta característica quando foram semeadas anteriormente à cultura do milho as espécies

H. annuus, *C. spectabilis*, *V. sativa*, *P. glaucum*, *M. deeringiana* e *R. sativus*.

Verificou-se, nos tratamentos em que não se aplicou o trifloxysulfuron sodium (Tabela 3), que as únicas espécies semeadas previamente ao milho que resultaram na biomassa seca da parte aérea das plantas de milho semelhante ao tratamento controle foram *C. muconoides*, *C. juncea* e *S. guianensis*. Todavia, os tratamentos contendo *M. aterrima* e *C. ensiformis* se mostraram superiores ao tratamento sem cultivo prévio no que se refere a esse parâmetro. O cultivo anterior de todas as outras espécies testadas em solo livre do herbicida resultou em diminuição da biomassa seca da parte aérea das plantas de milho. Novamente, a razão mais provável para esses resultados seria a ocorrência de efeitos alelopáticos das plantas previamente semeadas sobre as plantas de milho, como já relatado anteriormente para a altura das plantas.



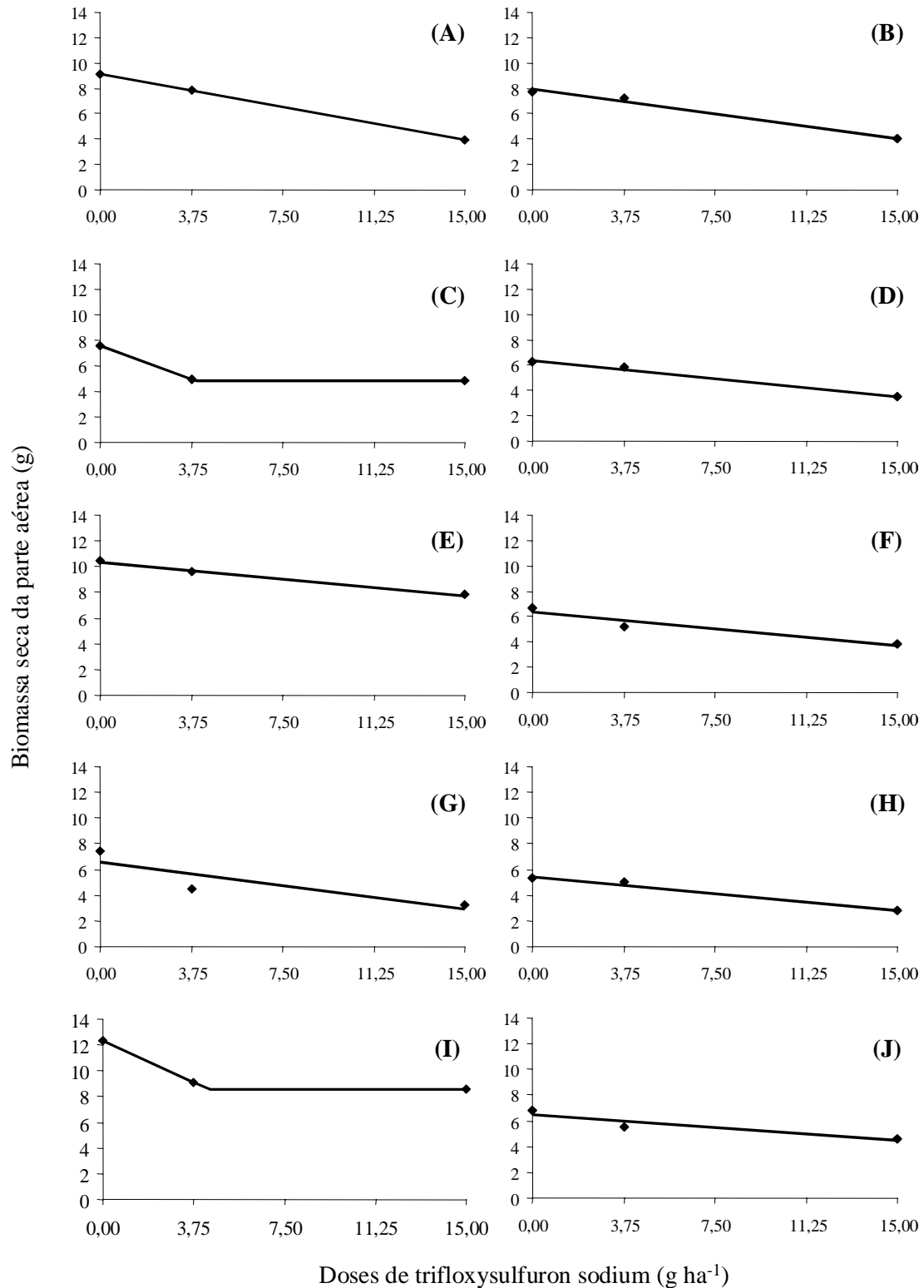


Figura 3 - Estimativas da biomassa seca da parte aérea de plantas de milho aos 45 dias após a emergência, após a semeadura de diversas espécies vegetais [Testemunha (A), *Calopogonium muconoides* (B), *Crotalaria juncea* (C), *Cajanus cajan* (D), *Canavalia ensiformis* (E), *Dolichus lablab* (F), *Stylosantes guianensis* (G), *Mucuna cinereum* (H), *Mucuna aterrima* (I) e *Lupinus albus* (J)] em solos submetidos a três doses de trifloxysulfuron sodium.

Tabela 3 - Efeito do plantio anterior de diversas espécies vegetais sobre a biomassa seca da parte aérea (BSPA) de plantas de milho aos 45 dias após a emergência, semeadas em solo submetido a três doses do herbicida trifloxysulfuron sodium (D). Viçosa-MG, 2003

Espécie fitorremediadora	Doses de trifloxysulfuron sodium (g ha ⁻¹)			Equação de regressão	R ² (%)
	0,00	3,75	15,00		
	BSPA de plantas de milho (g)				
Sem cultivo	9,13 b	7,80 a	3,98 b	$\hat{Y} = 9,11 - 0,343**D$	99,99
<i>H. annuus</i>	3,67 d	2,95 b	2,26 b	$\bar{Y} = 2,96$	-
<i>C. muconoides</i>	7,75 b	7,25 a	4,00 b	$\hat{Y} = 7,95 - 0,259**D$	98,58
<i>C. juncea</i>	7,61 b	4,93 b	4,81 b	$\hat{Y} = 7,61 - 0,714**D$ (0 D 3,92) e $\bar{Y} = 4,81$ (3,92 D 15)	100,00
<i>C. spectabilis</i>	4,81 d	3,79 b	3,10 b	$\bar{Y} = 3,90$	-
<i>V. sativa</i>	6,31 c	8,26 a	5,10 b	$\bar{Y} = 6,56$	-
<i>C. cajan</i>	6,29 c	5,79 b	3,48 b	$\hat{Y} = 6,39 - 0,192**D$	99,42
<i>C. ensiformis</i>	10,45 a	9,57 a	7,79 a	$\hat{Y} = 10,35 - 0,173*D$	99,18
<i>D. lablab</i>	6,72 c	5,17 b	3,79 b	$\hat{Y} = 63,43 - 0,179*D$	90,43
<i>P. glaucum</i>	3,22 d	3,87 b	2,07 b	$\bar{Y} = 3,05$	-
<i>S. guianensis</i>	7,39 b	4,52 b	3,24 b	$\hat{Y} = 6,54 - 0,239**D$	77,10
<i>M. deeringiana</i>	4,19 d	3,54 b	2,65 b	$\bar{Y} = 3,46$	-
<i>M. cinereum</i>	5,33 c	4,97 b	2,80 b	$\hat{Y} = 5,45 - 0,174*D$	98,73
<i>M. aterrima</i>	12,34 a	9,07 a	8,53 a	$\hat{Y} = 12,34 - 0,871**D$ (0 D 4,38) e $\bar{Y} = 8,53$ (4,38 D 15)	100,00
<i>R. sativus</i>	3,67 d	3,76 b	2,90 b	$\bar{Y} = 3,44$	-
<i>L. albus</i>	6,84 c	5,58 b	4,56 b	$\hat{Y} = 6,52 - 0,138*D$	88,72

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott (P>0,05).

* Significativo pelo teste t (P<0,05) e ** significativo pelo teste t (P<0,01).

Quando se analisam os efeitos dos cultivos prévios na dose do trifloxysulfuron sodium de 3,75 g ha⁻¹, observa-se (Tabela 3) que a maior produção de biomassa seca da parte aérea das plantas de milho foi obtida nos solos que receberam previamente as espécies *C. ensiformis*, *M. aterrima*, *V. sativa*, *C. muconoides*, além do tratamento controle, sendo superiores a todos os outros tratamentos. Constatou-se, também, que o cultivo prévio de *M. aterrima* e *C. ensiformis* proporcionou as maiores biomassas de parte aérea de plantas de milho quando semeadas em solos que receberam duas vezes a dose comercial do produto (15 g ha⁻¹), diferenciando-se das demais espécies, inclusive do tratamento sem cultivo prévio. Anderson et al. (1994) demonstraram que a degradação de atrazine, metolachlor e trifluralin foi significativamente maior em solos rizosféricos de *Kochia scoparia* que em solos não-vegetados.

Conclui-se que *M. aterrima* e *C. ensiformis* foram as espécies mais eficientes na descontaminação do herbicida trifloxysulfuron sodium em solo. O uso dessa tecnologia pode resultar em maior segurança do plantio de milho em áreas onde esse herbicida tenha sido aplicado. Além disso, poderia contribuir para a redução do risco da ocorrência de impactos ambientais adversos, como a contaminação de recursos hídricos subterrâneos. No entanto, a continuação dos estudos de fitorremediação, utilizando-se essas duas espécies, é necessária, agora, em nível de campo, visando a confirmação dos resultados obtidos.

AGRADECIMENTOS

À empresa Syngenta Proteção de Cultivos Ltda., pelo apoio financeiro.



LITERATURA CITADA

- ACCIOLY, A. M. A.; SIQUEIRA, J. O. Contaminação química e biorremediação do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V.; V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 299-352.
- 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**, v. B30, p. 473-484, 1995.
- 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**, v. 28, p. 1551-1557, 1994.
- 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.**, v. 27, p. 704-709, 1998.
- CUNNINGHAM, S. D.; ANDERSON, T. A.; SCHWAB, A. P. Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants. **Adv. Agron.**, v. 56, p. 55-114, 1996.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: 1997. 212 p.
- FERNANDEZ, R. T. et al. Evaluating semiaquatic herbaceous perennials for use in herbicide phytoremediation. **J. Am. Soc. Hort. Sci.**, v. 124, p. 539-544, 1999.
- PERKOVICH, B. S. et al. Enhanced mineralization of [¹⁴C] atrazine in *Kochia scoparia* rhizospheric soil from a pesticide-contaminated site. **Pestic. Sci.**, v. 46, p. 391-396, 1996.
- RADIN, J. W. Using superplants to clean up our environment. **Agric. Res.**, v.48, <<http://www.ars.usda.gov/is/AR/archive/jun00/>. 2000>.
- RICE, P. J.; ANDERSON, T. A.; COATS, J. R. Phytoremediation of herbicide-contaminated surface water with aquatic plants. In: Phytoremediation of soil and water contaminants, 1997, Washington, DC: **ACS Symposium Series...** Washington, DC: American Chemical Society, 1997. p. 133-151.
- ROGERS, H. B. et al. Selection of cold-tolerant plants for growth in soils contaminated with organics. **J. Soil Cont.**, v. 5, p. 171-186, 1996.
- SICILIANO, S. D.; GERMIDA, J. J. Enhanced phytoremediation of chlorobenzoates in rhizosphere soil. **Soil Biol. Biochem.**, v. 31, p. 299-305, 1999.
- SIQUEIRA, J. O.; SAFIR, G. R.; NAIR, M. G. VA-mycorrhizae and mycorrhizal stimulating isoflavonoid compounds reduce plant herbicide injury. **Plant Soil**, v. 34, p. 233-42, 1991.
- VOSE, J. M. et al. Leaf water relations and sapflow in Eastern cottonwood (*Populus deltoides* Bartr.) trees planted for phytoremediation of a groundwater pollutant. **Inter. J. Phytoremed.**, v. 2, p. 53-73, 2000.
- WILSON, P. C.; WHITWELL, T.; KLAINE, S. J. Phytotoxicity, uptake, and distribution of ¹⁴C-simazine in *Canna hybrida* 'Yellow King Hunbert'. **Environ. Toxicol. Chem.**, v. 18, p. 1462-1468, 1999.
- WILSON, P. C.; WHITWELL, T.; KLAINE, S. J. Phytotoxicity, uptake, and distribution of ¹⁴C-simazine in *Acorus gramineus* and *Pontederia cordata*. **Weed Sci.**, v. 48, p. 701-709, 2000.