

QUANTIFICAÇÃO DOS HERBICIDAS GLYPHOSATE E SULFOSATE NA ÁGUA APÓS SIMULAÇÃO DE CHUVA¹

Glyphosate and Sulfosate Quantification in the Water after Rainfall Simulation

PIRES, N.M.², FERREIRA, F.A.³, SILVA, A.A.³, CARDOSO, A.A.³ e OLIVEIRA, V.R.⁴

RESUMO - A lavagem de herbicidas aplicados nas folhas das plantas é influenciada por características relacionadas com a planta e por fatores ambientais. Dentre os fatores ambientais, umidade do solo e precipitação pluvial podem interferir de forma significativa no desempenho desses produtos; assim, o conhecimento dessa interferência é fundamental para racionalização da aplicação de herbicidas no manejo das plantas daninhas. O objetivo deste trabalho foi quantificar resíduos dos herbicidas glyphosate e sulfosate na água, após aplicação foliar desses herbicidas e de 53 mm h⁻¹ de chuva simulada sobre plantas de *Brachiaria brizantha* cultivadas em ausência e sob estresse hídrico. Utilizou-se neste estudo o tomateiro (*Lycopersicon esculentum*) 'Santa Clara' como planta-teste. O comprimento de raiz foi a característica mais sensível e também a mais adequada para evidenciar a resposta das plantas às doses dos herbicidas, e o tomateiro se mostrou mais sensível ao glyphosate do que ao sulfosate. Os valores de I₅₀ para o glyphosate e o sulfosate obtidos nas curvas-padrão foram de 324,1 e 407,8 µg L⁻¹, respectivamente, para o comprimento de raiz. O I₅₀ foi menor quando os herbicidas foram aplicados em plantas sob estresse hídrico.

Palavras-chave: bioensaio, estresse hídrico, pós-emergente, absorção foliar.

ABSTRACT - Knowledge of foliar herbicide washout is essential to optimize weed management and to avoid environmental problems. Bioassays to detect small quantities of herbicides in water samples are low-cost techniques extensively used in herbicide research. These methods measure the biological response of a living organism to determine the presence and concentration of a chemical in a substrate. The purpose of this paper was to quantify glyphosate and sulfosate residues in the water, after 53 mm h⁻¹ of rainfall simulation, applied to the *Brachiaria brizantha* plant, grown without and under water stress. Tomato (*Lycopersicon esculentum*) was used as test-plant. According to the results, it may be concluded that: the I₅₀ values for the glyphosate and sulfosate obtained in the standard curves were 324.12 and 407.86 µg L⁻¹, respectively, for root length; the I₅₀ was lower when the herbicides had been applied in plants under water stress.

Key words: bioassay, water stress, postemergence, foliar absorption.

INTRODUÇÃO

Em alguns sistemas de manejo de plantas daninhas, a chuva pode interferir na eficiência de herbicidas aplicados em pós-emergência. Uma chuva rápida e de pequena intensidade,

em alguns casos, pode ser benéfica, proporcionando umedecimento e/ou melhor redistribuição do herbicida na planta, aumentando assim sua eficiência (Malefy & Quakenbush, 1991). De modo geral, chuva de grande intensidade, logo após a aplicação, reduz a toxicidade

¹ Recebido para publicação em 4/1/2000 e na forma revisada em 15/3/2000.

² Parte da Tese de Doutorado em Fitotecnia, Bolsista do CNPq, Universidade Federal de Viçosa-UFV. Dep. de Fitotecnia, Viçosa-MG. 36570-000. <nadja_oliveira@hotmail.com>; ³ Professor da Universidade Federal de Viçosa, Dep. de Fitotecnia – UFV. ⁴ Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - Centro Tecnológico do Centro-Oeste, Caixa Postal 295, 35701-970 Sete Lagoas-MG.



devido à lavagem dos herbicidas ainda não absorvidos pela superfície foliar (Bryson, 1988; Anderson et al., 1993).

O glyphosate [N-(fosfonometil) glicina] e o sulfosate [sal de N-(fosfonometil) glicina trimetilsulfônico] são herbicidas sistêmicos, não-seletivos e com mecanismos de ação que se baseiam na interrupção da rota do ácido chiquímico, responsável pela produção dos aminoácidos aromáticos essenciais, fenilalanina, tirosina e triptofano (Rodrigues & Almeida, 1995). Reduções nas sínteses desses aminoácidos diminuem a síntese de proteínas e, subsequentemente, acarretam menor crescimento da planta (Cole et al., 1983; Hess, 1994). O glyphosate é bastante usado na agricultura, principalmente em sistemas de plantio direto, renovação ou eliminação de pastagens, controle de plantas daninhas em pomares, seringueira, café, e em áreas não-agrícolas. Alguns trabalhos mostram que ele pode ser facilmente lavado da superfície foliar das plantas daninhas, pela chuva ou água de irrigação (Sprankle et al., 1975; Bryson, 1988). Essa perda poderá ser maior se a planta daninha estiver sob estresse hídrico (Lauridson et al., 1983; Dickson et al., 1990). O sulfosate apresenta comportamento semelhante ao do glyphosate (Schrader, 1992; Ahrens, 1994; Leite, 1996). Entretanto, estudos mostram que há menor interferência da chuva na lavagem do primeiro, quando comparado ao glyphosate (Constantin, 1996; Marochi, 1996), podendo, ambos os produtos, ser arrastados pela água, causando problemas de contaminação no ambiente terrestre e aquático.

A preocupação com o potencial de contaminação do ambiente pelos herbicidas, mesmo em quantidades muito pequenas, tem levado ao desenvolvimento de metodologias capazes de identificar e quantificar os resíduos desses produtos. Uma maneira simples e versátil para esse monitoramento é por meio de bioensaios, que se baseiam na resposta de um organismo, plantas superiores ou microrganismos, a um determinado princípio ativo ou, ainda, a metabólitos, determinando a presença e/ou concentração de um composto químico em um substrato (Santelmann, 1977; Streibig et al., 1993).

O objetivo deste trabalho foi quantificar, por meio de bioensaios, resíduos de glyphosate

e sulfosate em água coletada após a simulação de chuva sobre plantas de *Brachiaria brizantha*, cultivadas sem e sob estresse hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

Determinação das curvas-padrão dos herbicidas

Para obtenção de curvas-padrão ou doses-resposta, foram realizados experimentos em casa de vegetação, a fim de estabelecer os intervalos de doses para os herbicidas glyphosate e sulfosate, utilizando-se como planta-teste o tomateiro (*Lycopersicon esculentum*) 'Santa Clara'. Em seguida, empregando-se uma progressão geométrica e a expressão

$$d_n = d_x / q^{N-(n-1)}$$

em que d_x = dose máxima; q = razão da progressão geométrica, para $q \geq 2$; N = número de termos a interpolar; e $n = 1, 2, 3, \dots, N$ (Souza, 1998), foram calculadas as demais doses do intervalo: 0, 32, 64, 128, 256 e 512 $\mu\text{g L}^{-1}$ para o glyphosate e 0, 64, 128, 256, 512 e 1.024 $\mu\text{g L}^{-1}$ para o sulfosate.

Plantas de tomateiro foram cultivadas em areia lavada até o surgimento do primeiro par de folha definitiva, correspondendo a aproximadamente 10 dias após a semeadura. Essas plantas foram transplantadas para vasos contendo 1,5 L de solução nutritiva de Hoagland (Hoagland & Arnon, 1938) preparada com água desmineralizada, modificada para metade na dose de ferro, corrigida para $\text{pH } 5,7 \pm 0,2$ e mantida sob arejamento constante. Doze horas após o transplante, os herbicidas foram adicionados à solução nutritiva. Para cada herbicida, foi preparada solução com 48 $\mu\text{g g}^{-1}$ do produto, retirando-se as seguintes alíquotas: 1, 2, 4, 8 e 16 mL para o glyphosate e 2, 4, 8, 16 e 32 mL para o sulfosate. Estas alíquotas foram adicionadas aos vasos contendo a solução nutritiva. Para ambos os experimentos, empregou-se o delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições e duas plantas por parcela.

Vinte dias após o transplante, as plantas foram colhidas e avaliaram-se as características: comprimento de raiz e biomassa seca da parte aérea, das raízes e total. Durante o período de condução dos bioensaios, não se fez troca da solução nutritiva, mas apenas a reposição

diária da água consumida e o ajuste do pH da solução para $5,7 \pm 0,2$ no décimo dia após o transplante.

Determinação de resíduos dos herbicidas na água após simulação de chuva

Para determinação dos resíduos de glyphosate e sulfosate na água, sementes de *Brachiaria brizantha* foram semeadas em 96 caixas plásticas (40 x 30 x 10 cm), contendo uma camada de 10 cm de solo. As caixas foram mantidas em casa de vegetação, e 20 dias após a semeadura fez-se o desbaste, deixando-se, em cada caixa, 30 plantas uniformemente distribuídas, sendo as plantas remanescentes cultivadas por mais 30 dias em solo com umidade em torno de 80% da capacidade de campo. Ao final desse período, as caixas foram divididas em dois grupos iguais e mantidas separadas dentro da casa de vegetação. No primeiro grupo, as plantas foram mantidas com a mesma umidade no solo, ou seja, 80% da capacidade de campo, e no outro grupo as plantas foram submetidas a déficit hídrico crescente durante cinco dias, mediante suspensão da irrigação.

Aos 55 dias da semeadura, época em que as plantas apresentavam três perfilhos, o glyphosate e o sulfosate foram aplicados na dose de $1,44 \text{ kg ha}^{-1}$. Nessa época, as plantas

mantidas sob estresse hídrico apresentavam-se com as folhas murchas e enroladas.

Após receber o herbicida, a parte aérea das plantas foi cortada ao nível do solo, nos intervalos de tempo de 0, 2, 4 e 6 horas. Foram utilizadas seis caixas plásticas por intervalo de tempo, pesando-se 985 g de material vegetal fresco, que foi distribuído uniformemente sobre um simulador de chuva (Figura 1), aplicando-se 53 mm h^{-1} de chuva por um período de 15 min. Durante esse período, coletou-se toda a água da chuva simulada (11 L de água + produto), que foi utilizada nos bioensaios, empregando-se o tomateiro como planta-teste.

Tabela 1 - Quantidades biologicamente ativas (QBA) do glyphosate e do sulfosate, determinadas a partir dos I_{50} da curva-padrão e da curva do lixiviado, quando aplicados em plantas sem e sob estresse hídrico, nos diferentes intervalos de tempo entre a aplicação dos herbicidas e a simulação de chuva

Intervalo de tempo (h)	Plantas sem estresse hídrico		Plantas sob estresse hídrico	
	I_{50} lixiviado (%)	QBA (mg L^{-1})	I_{50} lixiviado (%)	QBA (mg L^{-1})
Glyphosate				
0	3,788	8,556	3,343	9,695
2	4,122	7,863	3,794	8,543
4	4,854	6,677	4,348	7,454
6	5,940	5,456	4,347	7,456
Sulfosate				
0	3,806	10,716	3,211	12,702
2	3,880	10,511	3,538	11,528
4	4,309	9,465	4,306	9,472
6	6,282	6,492	5,969	6,833

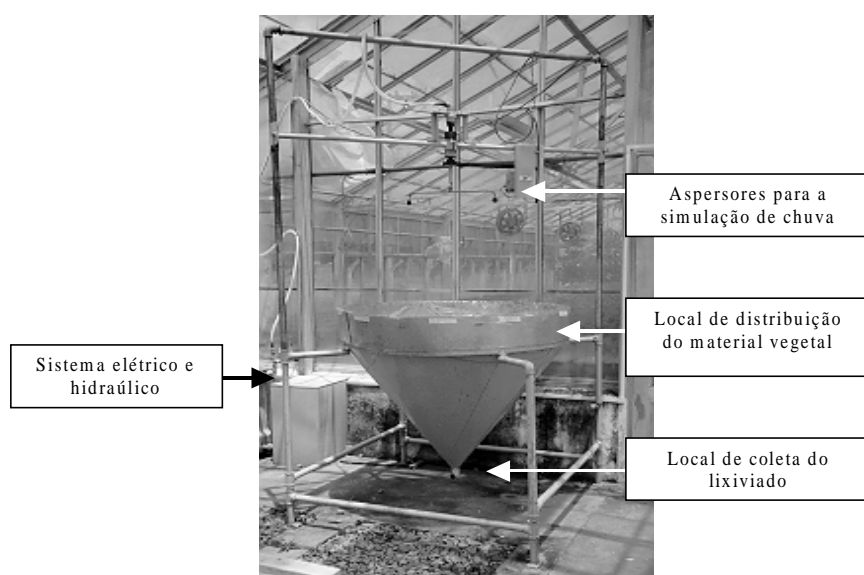


Figura 1 - Simulador de chuva usado no experimento.



Da água coletada (lixiviado) foram retiradas alíquotas de 30, 60, 90 e 120 mL, que foram completadas para um volume final de 1,5 L de solução nutritiva de Hoagland (Hoagland & Arnon, 1938), preparada e mantida conforme já descrito anteriormente. As alíquotas corresponderam a 2, 4, 6 e 8% do lixiviado/vaso. Além destes tratamentos, acrescentou-se um tratamento controle (solução nutritiva sem o lixiviado - 0%). O delineamento experimental, o número de repetições, o tamanho de parcela e o período de condução e coleta de dados dos bioensaios foram idênticos aos bioensaios de obtenção das curvas-padrão. As doses dos lixiviados foram determinadas em ensaios preliminares, como aquelas que causaram inibição do desenvolvimento do tomateiro sem provocar a sua morte.

Análise estatística

Na interpretação dos resultados dos bioensaios para determinação das curvas-padrão e curvas dos lixiviados, realizou-se análise de variância dos dados de cada uma das características avaliadas na planta-teste e, em seguida, a análise de regressão, tendo como variável independente as doses dos herbicidas ou lixiviados. As curvas-resposta foram obtidas, ajustando-se o modelo de regressão não-linear. O modelo utilizado foi o logístico, que descreve a relação entre a resposta da planta (Y) e a dose do herbicida (X) pela expressão

$$Y = a / [1 + (x/b)^c]$$

em que a = resposta da planta-teste na dose zero; b = dose que inibe metade do crescimento (I_{50}); e c = declividade da curva em torno do I_{50} . A escolha deste modelo estatístico baseou-se em pesquisas que mostram ser ele mais adequado para descrever a relação entre doses de herbicidas e resposta das plantas (Streibig et al., 1993; Souza, 1998).

Quantidades biologicamente ativas dos herbicidas

As quantidades biologicamente ativas dos herbicidas (QBA) nos lixiviados foram determinadas pela expressão

$$QBA(\mu\text{g L}^{-1}) = (I_{50cp} \cdot V_{lx}) / [(I_{50lx}/100)V_{cp}]$$

em que I_{50cp} = dose que reduziu metade do crescimento da planta-teste na curva-padrão; I_{50lx} = dose que reduziu metade do crescimento da planta-teste na curva do lixiviado; V_{cp} = volume do vaso empregado na curva-padrão; e V_{lx} = volume do vaso empregado na curva do lixiviado (Souza, 1998). O índice que indica a dose requerida para reduzir metade do crescimento, I_{50} , da planta-teste foi obtido diretamente na equação de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação da resposta da planta-teste às doses conhecidas de glyphosate e sulfosate, as características comprimento de raiz e biomassas secas da parte aérea, das raízes e total decresceram com o aumento nas doses dos herbicidas na água. Dentre as características avaliadas, o comprimento de raiz foi a mais sensível, apresentando a maior redução com o aumento das doses, indicando ser a característica mais adequada para se detectar a presença de resíduo desses herbicidas na água (Figura 2). Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Richardson (1985) e Westwood et al. (1997), os quais verificaram, em hidroponia, que as raízes das plantas-teste trigo, milho, tomate e corda-de-viola (*Convolvulus arvensis*) apresentaram maior sensibilidade do que a parte aérea.

O valor do I_{50} , determinado a partir da equação de regressão, para o comprimento de raiz, foi de 324,12 $\mu\text{g L}^{-1}$ para o glyphosate e 407,86 $\mu\text{g L}^{-1}$ para o sulfosate (Figura 2). Essas estimativas mostram que o tomateiro foi mais sensível ao glyphosate. Souza (1998), utilizando o glyphosate e, como planta-teste, o tomateiro, obteve estimativa do $I_{50} = 324,15 \mu\text{g L}^{-1}$.

Para ambos os herbicidas, o comprimento de raiz decresceu com o aumento da concentração do lixiviado na solução nutritiva, em todos os intervalos de tempo entre a aplicação dos herbicidas e a ocorrência de chuva (Figuras 3 e 4). Além disso, à medida que se aumentou o intervalo de tempo entre a aplicação dos herbicidas e a simulação da chuva, maior concentração do lixiviado foi necessária para

promover redução de 50% no comprimento da raiz do tomateiro. Isso mostra que é necessário um período mínimo para que o herbicida, após pulverizado sobre as plantas, seja absorvido, não ficando exposto a perdas por lavagem. Esse período necessita ser maior quando as plantas a serem controladas estiverem sob estresse hídrico, pois em plantas nestas condições foi necessário menor concentração do lixiviado para provocar redução de 50% do comprimento da raiz da planta-teste, comparado às plantas sem estresse hídrico (Figura 4). No caso do glyphosate, é recomendado um período de seis horas, sem presença de chuva (Bryson, 1988; Rodrigues & Almeida, 1995). Entretanto,

estudos mostram que esse tempo pode variar com a dose aplicada, a planta daninha a ser controlada e a condição de umidade do solo onde a planta daninha se desenvolve (Ahmadi et al., 1980).

As quantidades biologicamente ativas dos herbicidas, estimadas a partir dos valores de I_{50} das curvas-padrão e das curvas do lixiviado, reduziram-se à medida que o tempo entre a aplicação dos herbicidas e a ocorrência de chuva aumentou (Tabela 1). Essa redução decorreu de maior absorção dos herbicidas pelas plantas de *B. brizantha* e, conseqüentemente, da exposição de menor quantidade dos produtos à lavagem.

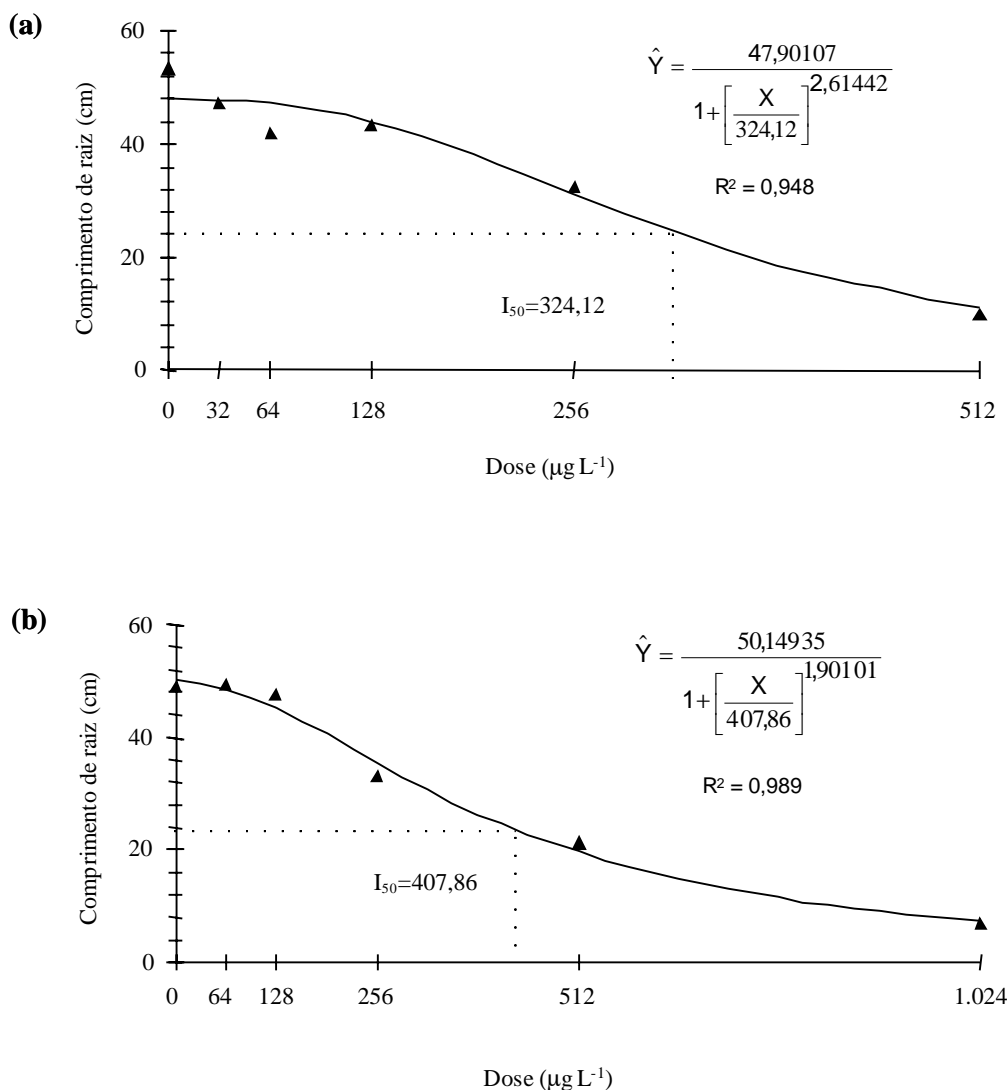


Figura 2 - Curvas de doses-resposta do comprimento de raiz do tomateiro sob doses crescentes do glyphosate (a) e do sulfosate (b).



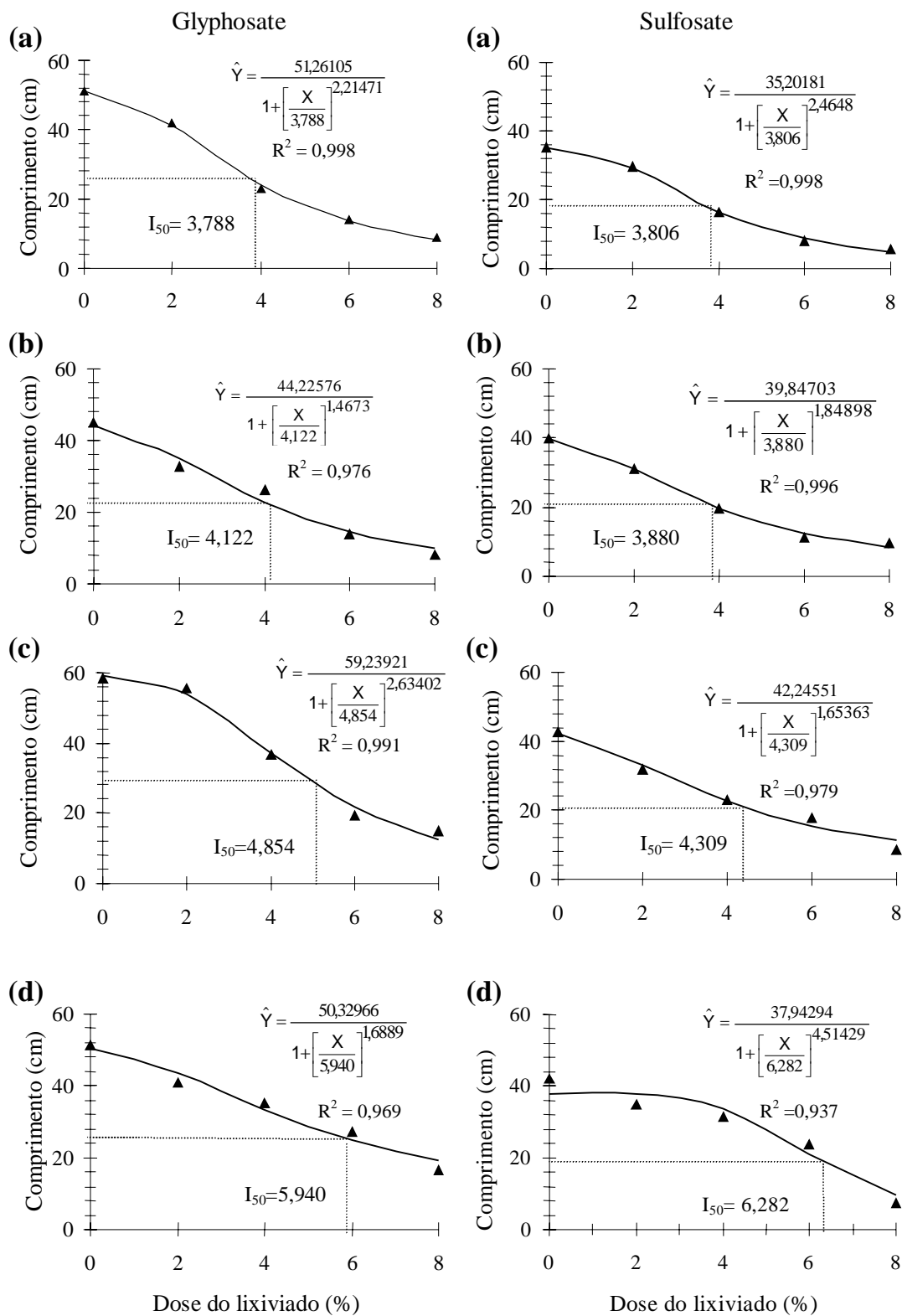


Figura 3 - Comprimento de raízes de tomateiro ‘Santa Clara’ submetidas a doses crescentes do lixiviado, coletado logo após a aplicação (a), duas horas (b), quatro horas (c) e seis horas (d) após a aplicação de $1,44 \text{ kg ha}^{-1}$ de glyphosate e sulfosate em plantas de *Brachiaria brizantha* cultivadas sem estresse hídrico e após a simulação de 53 mm h^{-1} de chuva, por 15 minutos.

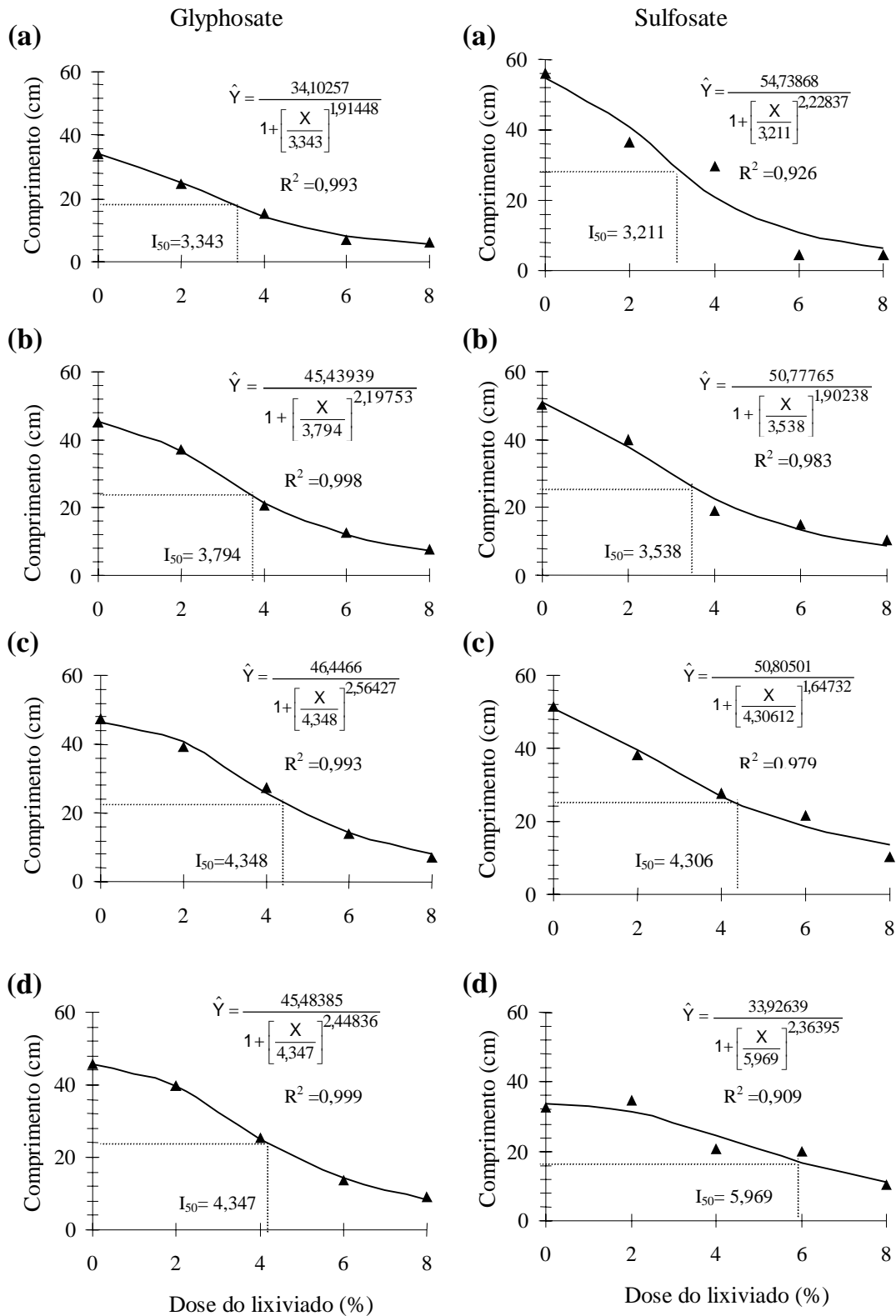


Figura 4 - Comprimento de raízes de tomateiro ‘Santa Clara’ submetidas a doses crescentes do lixiviado, coletado logo após a aplicação (a), duas horas (b), quatro horas (c) e seis horas (d) após a aplicação de 1,44 kg ha⁻¹ de glyphosate e sulfosate em plantas de *Brachiaria brizantha* cultivadas sob estresse hídrico e após a simulação de 53 mm h⁻¹ de chuva, por 15 minutos.



De modo geral, as quantidades biologicamente ativas de glyphosate e de sulfosate na água recolhida após lavagem foram bastante altas, acima de $5,0 \text{ g m}^{-3}$ (Tabela 1). No entanto, essas concentrações elevadas devem ser consideradas pouco prováveis de serem encontradas em ambientes agrícolas, pois, nestes, nem todo o herbicida lavado estaria disponível como contaminante da água e/ou do solo. O glyphosate e o sulfosate apresentam, em geral, baixo potencial de contaminação do solo, uma vez que são fortemente adsorvidos às suas partículas constituintes e rapidamente degradados pelos microrganismos do solo (Sprankle et al., 1975; Rodrigues & Almeida, 1995), embora o resíduo do glyphosate, em solos arenosos e com baixa atividade microbiana, cause injúrias em algumas culturas (Cornish, 1992; Piccolo et al., 1994). O glyphosate, quando aplicado em canais de irrigação, tem causado alguns problemas em culturas sensíveis, apesar de a extensão da contaminação da água estar na dependência de fatores como dimensão dos canais, dose empregada e diminuição da concentração do herbicida na água pela absorção pelas plantas e/ou adsorção nos sedimentos ou nas partículas dissolvidas na água (Bowmer, 1982). De acordo com este autor, o Conselho de Pesquisa Médica da Austrália tem aceitado um limite máximo do resíduo de glyphosate em águas potáveis de $0,5 \text{ g m}^{-3}$, enquanto em sistemas de irrigação esse limite varia com a suscetibilidade da cultura. Já no Reino Unido a concentração máxima permitida na água é de $0,2 \text{ g m}^{-3}$, independentemente do destino de uso da água (Bowmer, 1982).

Os bioensaios, apesar de apresentarem limitações, principalmente em razão de o crescimento da planta-teste ser diretamente influenciado pelas condições ambientais, como luz, temperatura e umidade, mostraram-se viáveis na quantificação dos resíduos de glyphosate e sulfosate na água, podendo ser complementados pela análise química da água. O comprimento de raiz, por ter sido a característica da planta-teste mais sensível, pode ser considerado a mais adequada para estudos de resíduos desses herbicidas em água. A aplicação do glyphosate ou sulfosate em plantas sob estresse hídrico e/ou seguidos de chuvas de alta intensidade deve ser evitada, a fim de reduzir o potencial de contaminação do ambiente, além da menor eficiência de controle das plantas daninhas.

LITERATURA CITADA

- AHMADI, M.S., HADERLIE, L.C., WICKS, G.A. Effect of growth stage and water stress on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control and on glyphosate absorption and translocation. *Weed Sci.*, v.28, n.3, p.277-282, 1980.
- ANDERSON, D.M., SWANTON, C.J., HALL, J.C., MERSEY, B.G. The influence of soil moisture, simulated rainfall and time of application on the efficacy of glufosinate-ammonium. *Weed Res.*, v.33, n.2, p.149-160, 1993.
- AHRENS, W.H. (Ed.) **Herbicide handbook**. 7.ed, Champaign: Weed Science Society of America, 1994. p.149-152.
- BOWMER, K.H. Residues of glyphosate in irrigation water. *Pestic. Sci.* v.13, p.623-638, 1982.
- BRYSON, C.T. Effects of rainfall on foliar herbicides applied to seedling johnsongrass. *Weed Tech.*, v.2, n.2, p.153-158, 1988.
- COLE, D.J., CASELEY, J.C., DODGE, A.D. Influence of glyphosate on selected plant process. *Weed Res.*, v.23, n.3, p.173-183, 1983.
- CONSTANTIN, J. Efeito de diferentes intervalos de irrigação sobre a absorção e eficiência do sulfosate no controle de plantas daninhas em pós-emergência. In: SEMINÁRIO ZAPP: o desafio do novo, 1996, São Paulo, SP. **Coletânea de trabalhos...** São Paulo: Zeneca Agrícola, 1996. p.27-31.
- CORNISH, P.S. Glyphosate residues in a sandy soil affect tomato transplants. *Aust. J. Exp. Agric.*, v.32, n.3, p.395-399, 1992.
- DICKSON, R.L., ANDREWS, M., FIELD, R.J., DICKSON, E.L. Effect of water stress, nitrogen, and gibberellic acid on fluazifop and glyphosate activity on oats (*Avena sativa*). *Weed Sci.*, v.38, n.1, p.54-61, 1990.
- HESS, F.D. Mechanism of action of inhibitors of amino acid biosynthesis. In: **Herbicide action - An intensive course on the activity, selectivity, behavior, and fate of herbicides in plants and soil**. West Lafayette: Purdue University, 1994. p.344-365.
- HOAGLAND, D.R., ARNON, D.I. **The water-culture method for growing plants without soil**. Berkeley: University of California, 1938. 39p. (College of Agriculture, Agricultural Experimental Station, Circular, 347).

- LAURIDSON, T.C., WILSON, R.G., HADERLIE, L.C. Effect of moisture stress on Canada thistle (*Cirsium arvense*) control absorption and translocation of herbicide. **Weed Sci.**, v.31, n.5, p.674-680, 1983.
- LEITE, C.R.F. Eficiência do herbicida zapp (sulfosate) sob diferentes condições ambientais no controle da planta daninha *Brachiaria plantaginea* (capim-marmelada). In: SEMINÁRIO ZAPP: o desafio do novo, 1996, São Paulo, SP. **Coletânea de trabalhos...** São Paulo: Zeneca Agrícola, 1996. p.41-52.
- MALEFYT, T., QUAKENBUSH, L. Influences of environmental factors on the biological activity of the imidazolinone herbicide. In: SHANER D.L., O'CONNOR **The imidazolinone herbicide**. Boca Raton: CRC Press, 1991. p.103-127.
- MAROCHI, A.I. Avaliação do período ideal entre aplicação e ocorrência de chuva, para herbicidas de ação sistêmica, utilizados em dessecação no plantio direto In: SEMINÁRIO ZAPP: o desafio do novo, 1996, São Paulo. **Coletânea de trabalhos...** São Paulo: Zeneca Agrícola, 1996.p.11-26.
- PICCOLO, A., CELANO, G., ARIENZO, M., MIRABELLA, A. Adsorption and desorption of glyphosate in some European soils. **J. Environ. Sci. Health**, Part B, v.6, p.1105-1115, 1994.
- RICHARDSON, W.B. Bioassays for glyphosate. In: GROSSBARD, E., ATKINSON, D., (Ed.) **The herbicide glyphosate**. London: Butterworths, 1985. p.286-298.
- RODRIGUES, B.N., ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 3.ed. Londrina: IAPAR, 1995. 675p.
- SANTELMANN, P.W. Herbicide bioassay. In: TRUELOVE, B. (Ed.) **Research methods in weed science**. Auburn: Southern Weed Science Society, 1977. p.79-87.
- SCHRADER, P.L. A comparative study of glyphosate and sulfosate in Kern County. In: ANNUAL CALIFORNIA WEED CONFERENCE, 44, 1992, Sacramento, CA. **Proceedings...** Fremont, CA: CWSS, 1992. p.20.
- SOUZA, A.P. **Movimento e degradação do glyphosate e do imazapyr em solos de diferentes texturas e composição química**. Viçosa: UFV, 1998. 86p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- SPRANKLE, P., MEGGITT, W.F., PENNER, D. Absorption, action, and translocation of glyphosate. **Weed Sci.**, v.23, n.3, p.235-240, 1975.
- STREIBIG, J.C., RUDEMO, M., JENSEN, J.E. Dose-response curves and statistical models. In: STREIBIG, J.C., KUDSK, P. **Herbicide bioassays**. Boca Raton: CRC Press, 1993. p.29-55.
- WESTWOOD, J.H., YERKES, C.N., DeGENNARO, F.P., WELLER, S.C. Absorption and translocation of glyphosate in tolerant and susceptible biotypes of field bindweed (*Convolvulus arvensis*). **Weed Sci.**, v.45, n.5, p.658-663, 1997.

