

PERSISTÊNCIA E LIXIVIAÇÃO DO HERBICIDA SIMAZINA EM SOLO BARRENTO CULTIVADO COM MILHO¹

FLÁVIO M. G. BLANCO², HÉLIO G. BLANCO³ e THAIS. R. MACHADO⁴

RESUMO

Foram determinadas, em experimento de campo, a persistência e a lixiviação do herbicida simazina na dose de 3 kg/ha i.a. em um solo podzol vermelho-amarelo de textura barrenta plantado com milho, por meio do monitoramento de seus resíduos, durante um ano após a sua aplicação, em 14 de janeiro de 1992. O experimento foi conduzido na Estação Experimental do Instituto Biológico, Campinas, SP, utilizando-se o método de cromatografia gasosa para a determinação analítica de resíduos. Empregou-se o fatorial 8 X 5, "épocas de amostragem do solo" X "profundidades de amostragem", quatro repetições para os procedimentos experimentais no campo, reduzidas

para duas nas determinações analíticas. Os resultados demonstraram que a maior concentração do herbicida localizou-se na camada superficial do solo (0-10 cm de profundidade), onde persistiu até 360 dias após o tratamento na concentração de 0,08 mg/kg de solo. A curva de persistência do produto, para a profundidade de 010 cm, foi representada por uma equação exponencial do terceiro grau. Foram encontrados resíduos de simazina nas camadas de solo à profundidades de 10-20, 20-30 e 30-40 cm até 183, 65 e 65 dias após o tratamento, respectivamente.

Palavras chave: Resíduo, solo, herbicida, ecotoxicologia.

ABSTRACT

Persistence and leaching of simazine in soil planted with corn.

The soil persistence and leaching of simazine were investigated under field conditions at Campinas, SP, Brazil in a loamy podzol red-yellow soil planted with corn crop. Simazine was applied at the rate of 3,0kg/ha a.i. at pre-emergence of weeds and corn on January, 14 1992. Gas chromatography analysis of soil samples taken at five different depths (0-10cm, 10-20cm, 20-30cm, 30-40cm and 40-50cm), eight times after simazine application over the year

showed that the highest herbicide concentration was found at the 0-10cm layer; simazine residues were not found below 40cm soil depth and persistence curve of the herbicide was accounted for a 3rd grade regression. One year after the treatment simazine residues were found in the soil (0,08 mg/kg).

Key words: Residue, soil, herbicide, ecotoxicology.

¹Recebido para publicação em 16/05/97 e na forma revisada em 27/10/97.

²Pesq. Científico, Eng. Age, M.Sc., Seção de Herbicidas, Instituto Biológico, Caixa Postal 70, CEP 13001-970, Campinas, SP

³Pesq. Científico, Eng. Age, M.Sc., Dr., Seção de Herbicidas, Instituto Biológico, Caixa Postal 70, CEP 13001-970, Campinas, SP

⁴Química, Lab. Analítico de Resíduos e Controles Ambientais, Novartis Química S.A.

INTRODUÇÃO

O interesse sobre os efeitos de produtos químicos sobre o meio ambiente, principalmente os agrotóxicos, teve início nos anos sessenta quando, então, a sociedade começou a se preocupar com os efeitos de inseticidas de uso agrícola na fauna silvestre divulgados pelo noticiário da imprensa mundial. Causou grande repercussão mundial, nesta ocasião, o livro "Primavera Silenciosa" de Rachel Carson (Carson, 1964), que projetava um futuro sombrio para o planeta Terra, caso o homem não parasse de se utilizar dos agrotóxicos de um modo indiscriminado. Recentemente, o jornal inglês "Daily Telegraph" incluiu o livro "Silent Spring" na lista dos dez livros que mais marcaram o século 20⁽⁵⁾.

Com o desenvolvimento da Ecotoxicologia, ramo da ciência criada pelo Dr. René Thruhaut, em 1975 (Astolfi *et al.*, 1984), os sistemas legislativos dos países procuraram estabelecer normas e mecanismos legais de uso dos agrotóxicos, bem como, provas ou testes de seu comportamento no meio ambiente, a fim de controlar de modo preventivo os riscos de contaminação decorrentes de seu uso. O objetivo final dessa legislação é definir para cada produto o perfil ecotoxicológico para as condições ambientais do país em que está em uso.

Um dos testes que tem contribuído para a construção do perfil ecotoxicológico dos agrotóxicos são os ensaios de campo para verificar a persistência, o acúmulo, a dissipação e a lixiviação destes produtos no solo.

Diversos trabalhos de investigação de resíduos de agrotóxicos têm sido realizados em países desenvolvidos. Ritter (1990), em trabalho de revisão, relata que, nos Estados Unidos, mais de 70 pesticidas já foram encontrados em água subterrânea, sendo os mais frequentes o inseticida aldicarb, o herbicida atrazina, e os fumigantes EDB, DCP e DBCP, sendo também detectada a presença de simazina.

Jornal Folha de São Paulo, p.6-2, 26/3/95

No Brasil, os trabalhos de pesquisa de herbicidas em solos de agroecossistemas são ainda em número reduzido, principalmente, quando obtidos em condições naturais de cultivo. Blanco & Oliveira (1987) relatam que a persistência de simazina, na camada de 0-10 cm do perfil de solo argiloso de Capivari, SP, quando aplicado em abril, foi maior que a de ametrina e atrazina, não apresentando mais bioatividade sobre a planta-teste após 11 meses da aplicação; em outra pesquisa (Blanco & Oliveira, 1989), conduzida em Limeira, SP., os autores encontraram um período de 60 dias de persistência de simazina no solo para aplicação de outubro, época que corresponde ao início das chuvas no Estado. Favaleza & Pereira (1982), em solos da Bahia, constataram por meio de bioensaios que a simazina se restringe a camada de 0-5 cm em solo barrento; traços do herbicida foram encontrados a 15-20 cm de profundidade, sendo que após 75 dias da aplicação não foram encontrados resíduos.

Assim, como contribuição ao conhecimento do perfil ecotoxicológico da simazina, um herbicida do grupo das triazinas de extenso uso na cultura do milho, foi conduzido um experimento de campo para o monitoramento de resíduos do produto durante 360 dias, até a profundidade de 50 cm do perfil do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Ensaio de campo

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Campinas, Seção de Herbicidas, Instituto Biológico, Campinas, SP, 22°54' latitude Sul, 47°04' longitude Oeste e 693 m de altitude. O solo do experimento foi um podzol vermelho-amarelo com as características físico-químicas descritas na Tabela 1.

O terreno de plantio foi preparado por meio de uma aração com arado de disco, seguidas de uma gradagem com grade niveladora de 28 discos.

Omilho, var. AG 401 foi plantado em 13 de janeiro de 1992, em sulcos espaçados de 1m, com 8 plantas por metro linear. A adubação

foi realizada com 400 kg/ha da fórmula 4-14-8, na linha de plantio, complementada com uma adubação de cobertura de 20,0 kg/ha com sulfato de amônio, aos 42 dias da germinação do milho.

TABELA 1. Características físicas e químicas do perfil do solo onde foi conduzido o experimento.*

Profundidade (cm)	Análise granulométrica (%)				Classe e Sub-classe textural
	Argila	Silte	Areia fina	Areia grossa	
0-10	17,3	10,5	38,2	33,8	Limo Arenoso Barrentos / Arenoso Barrento
10-20	21,2	10,4	35,3	32,9	Limo Arenoso Barrentos / Arenoso Barrento
20-30	23,1	10,9	37,4	28,5	Limo Arenoso Barrentos / Arenoso Barrento
30-40	21,7	10,0	38,7	29,4	Limo Arenoso Barrentos / Fino Arenoso Barrento
40-50	20,6	8,0	43,0	28,2	Limo Arenoso Barrentos / Fino Arenoso Barrento

Prof. (cm)	pH H ₂ O	M.O. %	P(res.) ppm	mEq/100 ml TFSA							
				K	Ca	Mg	Al	H	S valor	CTC	V %
0-10	5,8	0,69	22	0,27	3,5	1,1	0,1	3,2	4,87	8,17	59,6
10-20	5,8	0,69	14,0	0,15	2,9	0,9	0,1	3,5	3,95	7,55	52,3
20-30	6,1	0,52	8,0	0,14	3,0	0,9	0,1	3,3	4,04	7,44	54,3
30-40	6,1	0,52	3,0	0,73	3,0	1,8	--	2,8	5,53	8,33	66,3
40-50	6,3	0,17	2,0	0,10	3,7	1,0	--	2,6	4,80	7,40	64,8

*Realizadas no ICASA, Campinas, segundo metodologia de Camargo et al (1986).

A simazina na dose de 3,0 kg/ha i.a. foi aplicada em área total, em 14 de janeiro de 1992, um dia após o plantio do milho e em pré-emergência das plantas daninhas. Empregou-se 6,0 l/ha de Gesatop 500 Ciba-Geigy, formulado como solução concentrada contendo 500 g de simazina por litro.

Utilizou-se um pulverizador costal, à pressão constante fornecida por CO₂ (30 lb/pol₂), com barra de quatro bicos 1004, projetando uma faixa de aplicação de 2,5 m, na vazão de 300 l/ha. Por ocasião da aplicação o solo apresentava-se com 11% de umidade, e as condições climáticas foram: 25 °C de temperatura do ar, 83% de umidade relativa do ar e vento a 2,20 km/h.

Como tratamento controle (teste em branco), para verificar a existência de resíduos de simazina no local, foram retiradas 10 amostras de

terra/profundidade da área experimental, dois dias antes da aplicação do herbicida, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, num esquema fatorial com 8 "épocas de amostragem" X 5 "profundidades de amostragem", com quatro repetições. As épocas de amostragem foram: 0 dia (logo após a aplicação), 14 dias após o tratamento (DAT), 37 DAT, 65 DAT, 100 DAT, 127 DAT, 183 DAT e 360 DAT; como profundidade de coleta das amostras foram adotados cinco faixas: 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm.

Todo o perímetro da área experimental foi margeado por uma faixa de 2 m de largura onde também foi aplicado o herbicida para evitar movimento lateral do produto de dentro para fora.

Os blocos foram constituídos de 12 linhas de milho com 5 metros, cada bloco com 60 m², sendo as oito entrelinhas centrais casualizadas como parcelas experimentais (épocas de amostragem de solo). Para cada época foram coletadas cinco sub amostras de terra, utilizando-se um trado tipo meia-cana, de aço inoxidável, 2,3 cm de diâmetro por 60cm de comprimento, graduado com subdivisões de 10 cm. A terra das cinco sub amostras/parcela de cada época foi misturada de acordo com a faixa de profundidade e a ordem de cada bloco, resultando em uma amostra/profundidade/época/parcela. Para os procedimentos analíticos o material do Bloco I foi reunido ao do Bloco III e o do Bloco II com o do Bloco IV, reduzindo-se assim para duas amostras compostas de terra/profundidade/época. Foram utilizados para possíveis explicações do comportamento do herbicida no solo os dados climáticos da estação meteorológica da Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Campinas, localizada cerca de 7 km do local do experimento.

Análise de resíduos

As amostras de solo permaneceram armazenadas à temperatura de 15°C negativos até a execução das análises quando foram secas à temperatura ambiente, moídas e peneiradas em malha de 0,2mm (TFSA).

O método utilizado para a determinação de resíduos foi o descrito por Ramsteiner *et al.* (1974), para multiresíduos de triazinas em água, solo e plantas.

Para a análise foram retiradas 25 a 30g de solo seco, adicionando-se 20% do peso em água e 100ml de metanol como extrator, permanecendo a amostra em refluxo a quente por duas horas.

Após filtração, transferiu-se, à temperatura ambiente, o extrato total para um funil de separação de 500ml, diluindo com 100ml de água, e adicionando-se 20ml de solução saturada de cloreto de sódio.

A partição líquido-líquido foi feita com duas vezes 100 ml de cloreto de metileno. Os extratos em cloreto de metileno foram filtrados através de sulfato de sódio anidro e recolhidos juntos em um balão de fundo redondo de 250ml, evaporado e o resíduo remanescente rediluído em 5ml de tolueno e levado a purificação em coluna de alumina básica desativada ao grau de atividade V.

A coluna de purificação, de dimensões de 2mm (diâmetro interno) por 200mm (comprimento), foi empacotada com cerca de 25g de alumina básica grau V, obtendo-se uma coluna de 7cm de altura.

O extrato em tolueno foi transferido para a coluna, lavado com 80ml de n-hexano, e eluído com 75ml de mistura de n-hexano e éter dietílico na proporção de 2:1 obtendo-se um eluato recolhido em balão de fundo redondo de 100ml evaporado até a secura. O resíduo foi rediluído em volume conhecido da mistura de n-hexano e etanol absoluto 1:1, formando uma solução usada para a quantificação.

A quantificação foi feita usando-se um cromatógrafo gasoso Hewlett-Packard, modelo 5890, série I, equipado com detector termoiônico específico para Nitrogênio e Fósforo - NPD; utilizando-se coluna de vidro de 1,8m de comprimento por 2mm de diâmetro interno, empacotada com Carbowax 20M 3% sobre GasChrom Q 80-100#.

As condições analíticas de temperatura foram: coluna 200°C; injetor, 220°C; detector, 250°C. Os fluxos de gases foram: Nitrogênio, 30,0 ml/minuto; Hidrogênio, 3,50ml/minuto; ar sintético, 110,0ml/minuto; tempo de retenção de 4,6 minutos. O limite mínimo de determinação foi de 0,05mg/kg de solo, com recuperação do ativo tolerada pela variação do método analítico de 95% a 115%.

Por meio de três diferentes soluções padrão de simazina, injetadas a períodos pré-determinados em uma série de amostras, foi

calculada a curva de calibração do produto por regressão logaritma dupla, sendo utilizada na determinação da concentração de simazina nesta série de amostras.

Os resultados analíticos foram submetidos a análise de regressão polinomial em função das épocas de amostragem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados analíticos para simazina no teste em branco não revelaram presença do

herbicida em quaisquer das faixas de profundidade do solo antes da instalação do experimento (teste em branco).

Os dados analíticos após a aplicação de simazina são apresentados na Tabela 2, em valores médios de resíduos nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm, monitorados logo após a aplicação e aos 14, 37, 65, 100, 127, 183 e 360 dias após o tratamento (DAT). A Tabela 2 apresenta, também, os valores residuais totais, bem como os remanescentes e dissipação da simazina em função do tempo na faixa de 0-10cm.

TABELA 2. Valores médios de resíduos de simazina em mg/kg de solo em função da profundidade do solo e época de amostragem.

Época de amostragem Dias após o tratamento	Profundidade (cm)					Total mg/kg	Resíduo 0-10 cm	
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50		remanescente* %	Dissipação* %
0	2,500	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2,500	100,00	0,0
14	1,515	0,525	0,140	0,055	n.d.	2,235	60,60	39,40
37	1,045	0,205	0,060	n.d.	n.d.	1,310	41,80	58,20
65	0,540	0,165	0,080	0,060	n.d.	0,803	21,60	78,40
100	0,390	0,165	n.d.	n.d.	n.d.	0,555	15,60	84,40
127	0,205	0,050	n.d.	n.d.	n.d.	0,255	8,20	91,80
183	0,230	0,055	n.d.	n.d.	n.d.	0,258	8,12	90,80
360	0,080	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,080	3,20	96,80

n.d.: não detectável, isto é, abaixo do limite de detecção (0,05 mg/kg de solo); * em função a 0 DAT.

Análise de regressão para a profundidade de 0-10 cm (Resumo).

Persistência:

F.V.	GL	SQ	F	R2
Regressão	3	9,05	98,50**	0,99
Resíduo	4	0,12		
Total	7	9,17		

** significativo a 1% de probabilidade

Dissipação:

GL	SQ	F	R2
1	0,0002	332,36**	0,99
5	3,01.10-6		
6	0,0002		

Inicialmente, observa-se que a maior concentração de simazina permanece na camada de 0-10 cm do solo. Em camadas mais profundas o produto foi encontrado na faixa de 30-40 cm aos 14 e 65 DAT, porém em níveis bem próximos ao

limite de detecção (0,05 mg/kg de solo). A partir de 100 dias simazina não foi mais encontrada nesta camada nem na profundidade de 20-30 cm. Na faixa de 0-10 cm simazina permaneceu até 360 DAT, em concentração próxima do limite de

detecção. Na profundidade de 10-20 cm, simazina persistiu em níveis ainda altos até 100 DAT; após esta data (127 e 183 DAT), foram encontrados resíduos praticamente iguais ao limite de detecção do método utilizado.

Considerando-se a camada de 0-10 cm como representativa do comportamento da simazina no solo, onde ocorreu a maior concentração e persistência da molécula, pode-se construir as curvas de persistência e dissipação do produto através da análise de regressão dos dados analíticos (Tabela 2).

Pelo gráfico de persistência (Figura 2), observa-se que o nível residual de simazina decresce rapidamente, e após 130 DAT tende

a estabilidade até 230 DAT, quando novamente há uma tendência de redução até 360 DAT. Isto pode ser explicado, pela distribuição das chuvas (Figura 1), onde se observa um período de estiagem de 112 DAT a 215 DAT, o que proporcionaria uma condição adversa ao desenvolvimento de microrganismos e uma maior adsorção da molécula, tornando mais difícil sua disponibilidade, e por conseguinte uma menor dissipação; após os 230 DAT, as chuvas frequentes favoreceriam a dissipação por agentes bióticos, além do que com o aumento da umidade do solo a dessorção seria favorecida tornando a molécula disponível a este tipo de dissipação.

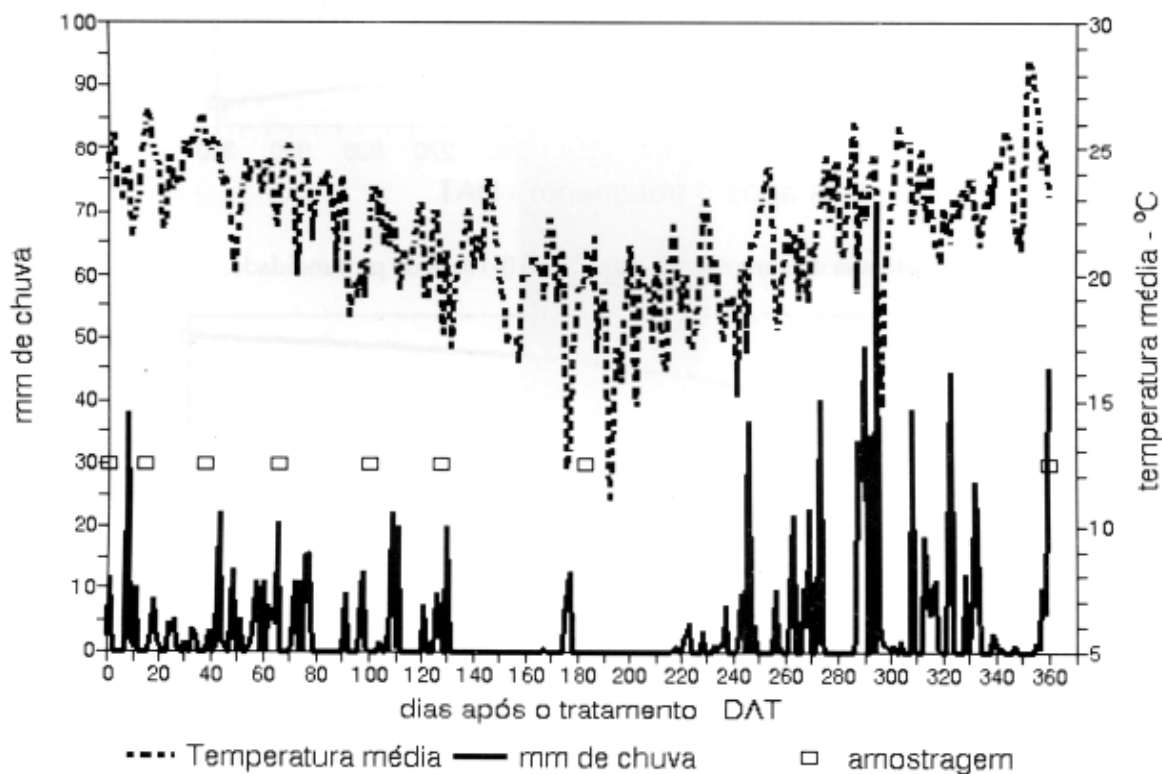


FIGURA 1. Dados pluviométricos diários e temperatura média diária no período de condução do experimento (14/01/1992 a 08/01/1993).

Na curva de dissipação (Figura 3), complementar à Figura 2, o modelo matemático demonstra uma rápida taxa de porcentagem de dissipação, em função do nível inicial (0 DAT), passando a estabilidade após os 130 DAT. O

regime hídrico também explicaria este comportamento, sendo a meia-vida inicial calculada pelo modelo matemático de 22 dias. A variação da temperatura média diária (Figura 1), aparentemente não influenciou na dissipação.

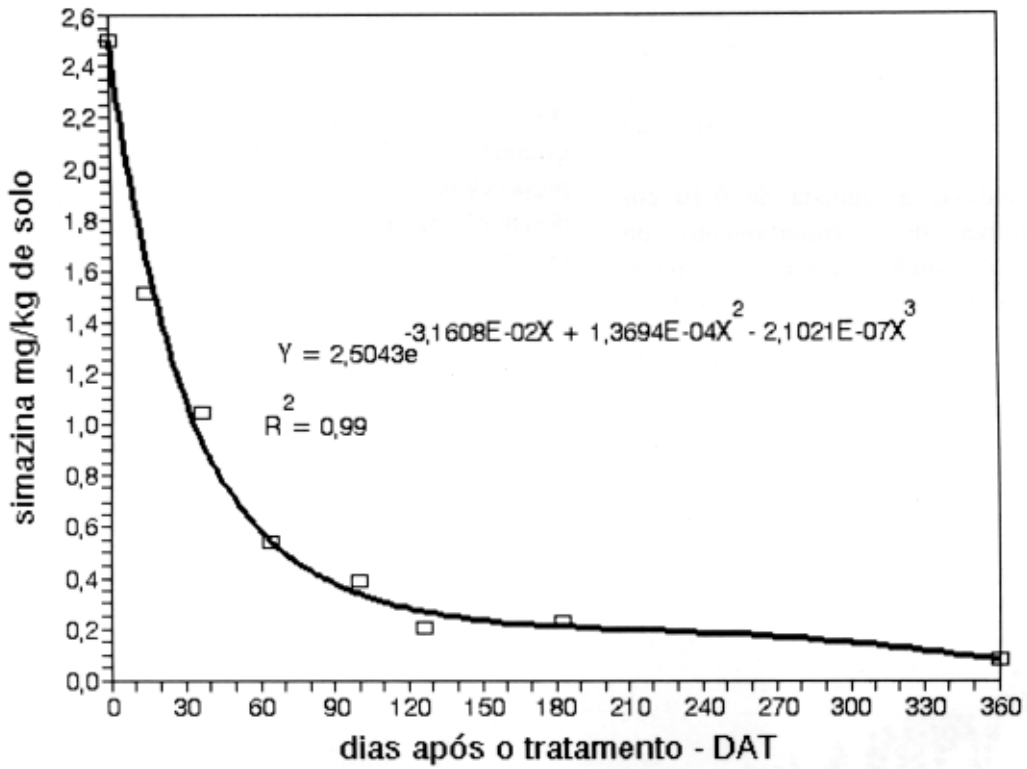


FIGURA 2. Curva de persistência de simazina na camada de 0-10cm de profundidade.

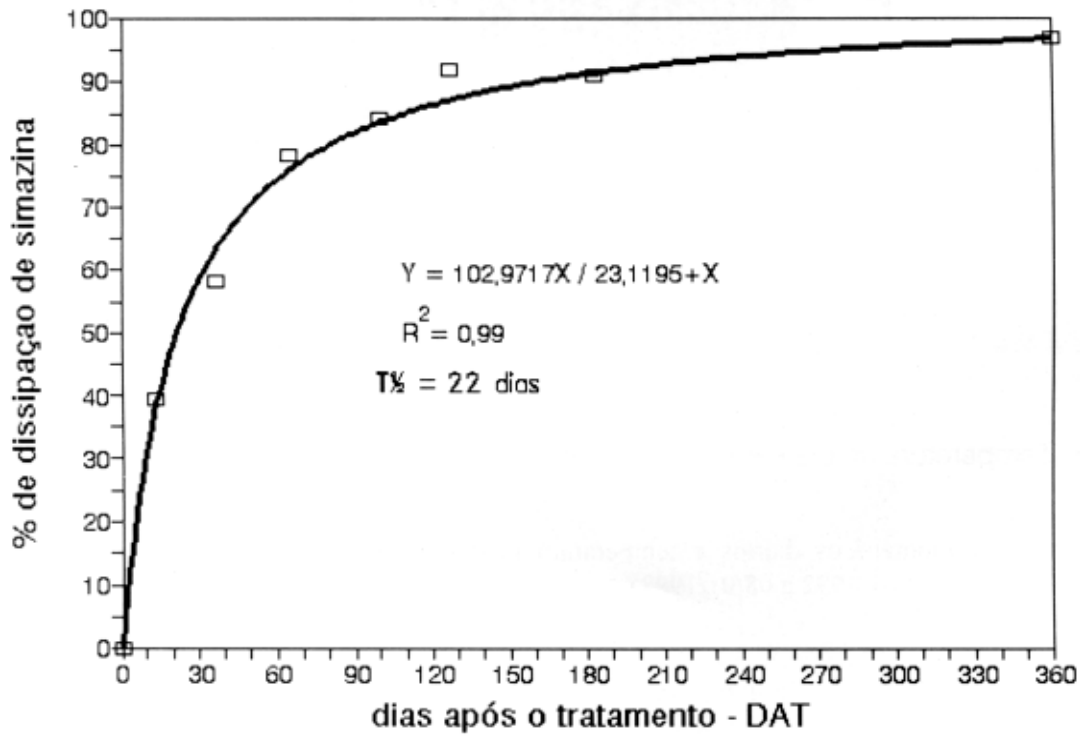


FIGURA 3. Curva de dissipação de simazina na faixa de profundidade de 0-10cm em relação ao nível inicial (ODAT).

A Figura 4, derivada da Figura 2, representa a velocidade de dissipação diária, em porcentagem, em função do resíduo inicial de cada dia. Neste gráfico, observa-se que a velocidade de dissipação diária não foi constante em função do tempo, mas diretamente

proporcional ao regime hídrico. A velocidade de dissipação, alta no início, estabilizou-se em um nível baixo (>0,25%) no período de baixa pluviosidade, voltando a crescer com o início das chuvas, e alcançando o índice de 1,5% de dissipação diária aos 360 DAT.

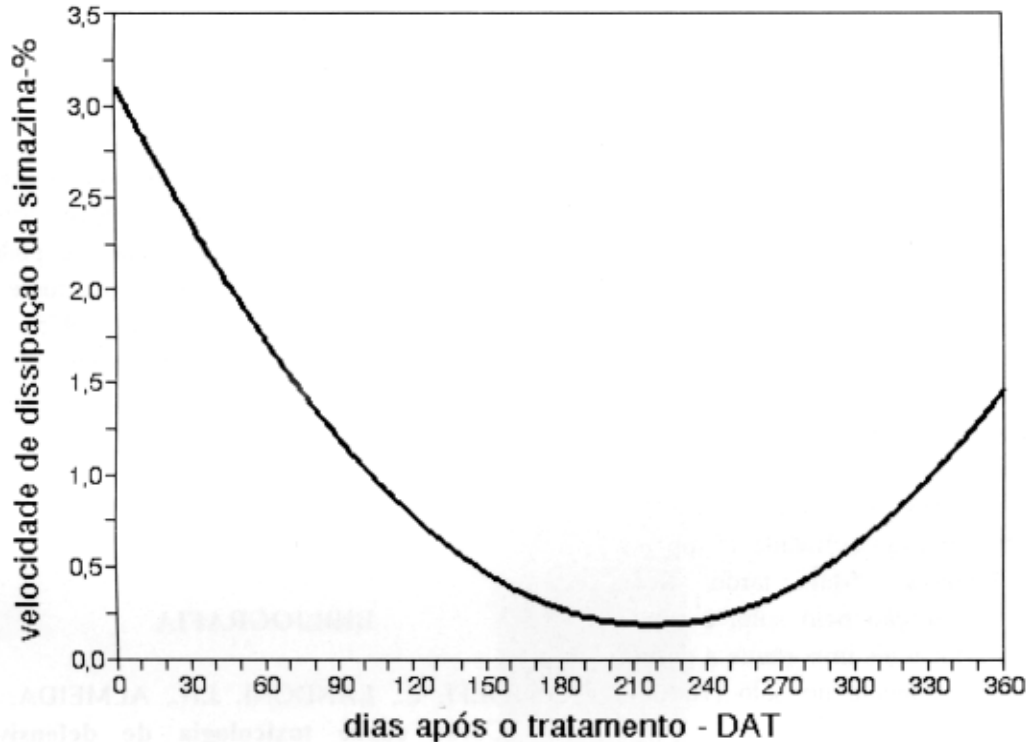


FIGURA 4. Velocidade diária de dissipação de simazine, em porcentagem, em função da concentração de cada dia.

Os resultados relatados por Blanco & Oliveira (1987) sobre a falta de bioatividade residual de simazina após 11 meses da sua aplicação em abril, de certo modo, apesar de serem metodologias diferentes, são muito semelhantes aos aqui descritos, pois, a concentração de 0,08 mg de simazina/kg de solo aos 360 DAT é tão baixa que possivelmente não deverá provocar redução biológica em plantas sensíveis.

Se forem consideradas as quantidades de simazina encontradas na camada de 30-40 cm, 0,055 e 0,060 mg aos 14 e 65 DAT, respectivamente, como inexpressivas, pode-se considerar, também, que a lixiviação da simazina

no solo foi moderada. Valores residuais expressivos foram encontrados em profundidades de até 30 cm.

Os resultados relatados por Favalessa & Pereira (1982), em solos da Bahia, seguem a mesma tendência quanto ao comportamento da simazina, isto é, pequena lixiviação e concentração na camada superficial do solo. Koehler (1983), em uma plantação de Pinus, em Michigan, EUA, constatou que 120 dias após o tratamento com simazina, apenas 1,5% do composto permanece no solo à profundidade de 0-7 cm; foram encontrados resíduos até 7-14 cm de profundidade.

Estes resultados, de certo modo, diferem

dos encontrados por pesquisadores em condições estrangeiras.

Harrys *et al.* (1968), citados por Helling (1970), concluem que as s-triazinas são praticamente imóveis no solo. Outras referências tendem a confirmar este fato para a simazina (Bouchet, 1967; Burnside *et al.*, 1961; Clay & Mckone, 1968; Dawson *et al.*, 1968; Kozlowski & Kuntz, 1963; Kozaczenco, 1966; Sheets, 1959).

No entanto, tal generalização deve ser balanceada pelas condições do solo, da molécula do grupo das triazinas e do clima em que são obtidos os resultados. Dawson *et al.* (1986) encontraram simazina um ano após a última aplicação anual, de um total de seis, na profundidade de 10 a 20 cm; Albers & Homburg (1959), citados por Sheets (1970), também, encontraram movimento de simazina abaixo de 15 cm no período de seis meses em vários solos.

A retenção das triazinas nas camadas superficiais do perfil do solo, inicialmente, foi atribuída a sua pequena solubilidade (5 ppm a 20 °C para a simazina). Mais tarde, ficou reconhecido que a adsorção pelo solo, e não a insolubilidade, é o fator mais importante a definir a movimentação da molécula no solo (Hartley, 1976).

Se relacionarmos o índice pH da solução do solo, com o pK (21 °C) da simazina igual a 1,7, verifica-se que apesar de ser uma base fraca, praticamente ela não se ioniza (em média 0,006% de ionização de todas as moléculas), comportando-se como um composto molecular. Segundo Briggs (1981, 1984), a simazina apresenta $\log K_{ow} = 1,51$ o que lhe confere um caráter lipofílico, sendo adsorvida principalmente pela matéria orgânica e pelos colóides do solo. Assim, a mobilidade das triazinas aumenta quando a matéria orgânica diminui (Sheets, 1970). Gast (1959), citado por Helling (1970), demonstrou a mobilidade da simazina em colunas em diferentes solos, em relação ao conteúdo de matéria orgânica não encontrando movimento em solos com 27 a 30% M.O. e movimento até 17,50 cm em solos arenosos. Em experimentos de campo Burnside *et al.* (1963) encontraram maiores concentrações de

simazina abaixo de 30 cm que nos 15 cm acima, 16 meses após a aplicação.

Os resultados encontrados por esses autores e o baixo teor de M. O. do solo (Tabela 1) explicaria a lixiviação da simazina até a camada mais profunda do perfil do solo (40 cm).

Sabe-se que as condições edafoclimáticas alteram a persistência dos herbicidas no solo, de modo direto ou por seus efeitos no modelo de degradação, seja ela biótica, causada por microrganismos, ou abiótica.

A inativação das s-triazinas está geralmente, correlacionado com condições ótimas de crescimento dos microrganismos que podem utilizar a molécula do herbicida como fonte de Carbono e Nitrogênio (Esser *et al.*, 1975). No entanto vários fatores como aumento de temperatura e umidade do solo, índice pH baixo e alta taxa de matéria orgânica favorecem a degradação das clorotriazinas por hidrólise (Esser *et al.*, 1975).

BIBLIOGRAFIA

- ASTOLFI, E., LANDONI, J.H., ALMEIDA, E. **Curso sobre toxicologia de defensivos agrícolas**, 3.ed. São Paulo. ANDEF, 1984. 159p.
- BLANCO, H.G., OLIVEIRA, D.A. Persistência de ametrine, atrazine, simazina e diuron no solo após aplicações anuais, em culturas de cana-de-açúcar. **Pesqui. Agropecu. Bras.**, v.24, n.9, p.1161-68, 1989.
- BLANCO, H.G., OLIVEIRA, D.A. Persistência de herbicidas em latossolo vermelho-amarelo em cultura de cana-de-açúcar. **Pesqui. Agropecu. Bras.**, v.22, n.7, p.681-87, 1987.
- BOUCHET, F. Etude de l'influence de la nature du sol sur l'action herbicide de la simazine. **Weed Res.**, v.7, p.102-16, 1967.
- BRIGGS, G.G. Factores affecting the uptake of

- soil-applied chemicals by plants and other organisms. **British Crop Protection Conference**. 1984. Proceedings. p.35-47.
- BRIGGS, G.G. Theoretical and experimental relationships between soil adsorption, octanol - water partition coefficients, water solubilities, bioconcentration factors, and the parachor. **J. Agric. Food Chem.**, v.29, p.1050-59, 1981.
- BURNSIDE, O.C., FENSTER, C.R., WICKS, G.A. Dissipation and leaching of monuron, simazine, and atrazine in Nebraska soils. **Weeds**, v.11, p.209-13, 1963.
- BURNSIDE, O.C., SCHMIDT, E.L., BEHRENS, R. Dissipation of simazine, from the soils. **Weeds**, v.9. p.477-84, 1961.
- CAMARGO, O.A. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas**, IAC, 1986. 94 p. (Boletim Técnico n.106).
- CARSON, R. **Primavera silenciosa**. São Paulo: Melhoramentos, 1964. 305p.
- CLAY. D.V., MCKONE, C.E. The persistence of chlorthiamid, lenacil and simazine in uncropped soil. **British Weed Control Conference**, 9, Brighthon, England, 1968. Proceedings, v.2, p.933-938.
- DAWSON, J.H., BRUNS, V.F., CLORE, W.J. Residual monuron, diuron and simazine in a vineyard soil. **Weed Sci.**, v.16, p.63-65, 1968.
- ESSER, H.O., DUPUIS, G., EBERT, E., VOGEL, C., MARCO, G.J. S-triazines. In: P.C. Kearney & D.D.Kaufamn, ed. **Herbicides: Chemistry, Degradation and Mode of Action**, v.1, 2.ed., .N.Y, 1975. p.129-208.
- FAVALESSA, O., PEREIRA, R.C. Lixiviação e persistência dos herbicidas diuron e simazine em solos da Bahia, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS, 14. & CONGRESSO DE LA ASOCIACION LATINOAMERICANA DE MALEZAS, 6. **Resumos...** Campinas: 1982. p.28
- HARTLEY, G.S. Physical behaviour in the soil. In: AUDUS, L.J., ed. **Herbicides**, v.2. London, Academic Press, 1976. p.1-26.
- HELLING, G.S. Movement of s-triazine herbicides in soils. **Residue Ver.**, v.32, p.175-210, 1970.
- KOEHLER, C.W. Persistência de simazina no solo, aplicada para controlar vegetação herbácea em plantio florestal. **Revista do Setor de Ciências Agrarias**. v.5, n.1/2, p.49-53, 1983.
- KOZACZENKO, H. Factores affecting the efficiency of herbicides. *Biul. Warzyw*. v.8, n.31 (1965). Apud. **Weed Abstracts**, 15, 1966. 1780.
- KOZLOWSKI, T.T., KUNTZ, J.E. Effects of simazine, atrazine, propazine, and Eptan on growth and developement of pine seedlings. **Soil Sci.**, v.95, n.164, 1963.
- RAMSTEINER, K., HÜR MANN, W.D., OBERLE, D.O. Multiresidue method for the determination of triazine herbicides in field-grown agricultural crops, water and soils. **J. AOAC**, v.57, n.1, p.192-201, 1974.
- RITTER, W. F. Pesticide contamination of ground water in the United States - a review. **J. Environ. Sci. Health Part B, Pestic., Food Contam., Agric. Wastes**, v.25, n.1, p.1-29, 1990.

SHEETS, T.J. Persistence of triazine herbicides in soils. **Residue Rev.**, v.32, p. 287-310, 1970.

SHEETS, T.J. The comparative toxicities of monuron and simazine in soil. **Weeds**, v.7, p.189-219, 1959.