

LIXIVIAÇÃO DE HERBICIDAS COM ELEVADA SOLUBILIDADE EM DIFERENTES TIPOS DE SOLOS

Daniel Terao (¹)
Lorette G. Hanna (¹)
Robert Deuber (¹)

INTRODUÇÃO

A descoberta de novos herbicidas para uso agrícola e o crescente uso desses compostos, de ano para ano, não têm sido acompanhados, em grau igualmente crescente, de estudos de seu comportamento no meio ambiente. O comportamento, no solo, é de grande importância, pois a maioria dos herbicidas é nele aplicada e dele absorvida pelas plantas.

A eficiência de um herbicida em controlar as plantas daninhas e sua segurança para as culturas às quais é aplicado depende, em grande parte, de sua movimentação e persistência no solo.

Os herbicidas que apresentam solubilidades elevadas em água são mais propensos a lixiviar nos solos. Entre esses herbicidas, estão o hexazinone, com solubilidade muito alta, o terbacil e o chloramben, com solubilidade alta e o ametryne, com solubilidade de média para alta.

O presente trabalho visou estudar a lixiviação desses herbicidas em diferentes solos agrícolas.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois biotestes, em casa-de-vegetação utilizando-se materiais de três diferentes solos do Centro Experimental de Campinas, cujas características estão no quadro I.

(¹) Instituto Agronômico, Campinas, SP. Os dois primeiros autores eram estagiários na Instituição.

QUADRO I - Características dos solos, nos 0,20 m superficiais, em que se realizaram os ensaios de lixiviação de herbicidas.

SOLO	pH	M.O. %	ARGILA %	LIMO %	AREIA FINA %	AREIA GROSSA %	CLASSE TEXTURAL
A Latosolo roxo	5,8	3,9	55,0	7,5	14,6	22,9	argila
B Latosolo vermelho escuro	6,1	2,7	28,9	5,0	26,8	39,5	barrento
C Latosolo vermelho escuro	4,8	4,0	40	0	22	38	argila

Utilizaram-se tubos de PVC rígido de 10 cm de diâmetro, seccionados em anéis de 3 cm de altura, que foram unidos com fita adesiva e papel. Na parte inferior, foi amarrado um pedaço de tecido que permitia o escoamento da água excedente, com retenção da terra.

O material dos solos, já seco, foi colocado, com leve compactação, nos tubos, até peso uniforme para cada solo. Em seguida, os tubos foram imersos em água para atingir a saturação.

Os herbicidas estudados foram aplicados sobre a superfície das colunas, que eram dispostas, ao acaso, em uma área de 2 m², recebendo, cada coluna, a quantidade correspondente à sua área. Utilizou-se um pulverizador manual, com capacidade de 2 litros, de pressão variável, munido de um bico leque Teejet 80.02. A quantidade de calda gasta foi de 250 ml por metro quadrado, com aplicações cruzadas até o seu total consumo.

Bioteste I

Foi instalado em 16 de janeiro de 1978, utilizando-se os seguintes herbicidas:

- Hexazinone = 3 - ciclohexil - 6 - (dimetilamino) - 1 - metil - 1,3,5-triazina-2,4(1H,3H)-diona, formulado como pó solúvel em água, contendo 90% do i.a.;
- bromacil = 5-bromo-3-sec-butil-6-metil-uracil, formulado como pó molhável, contendo 80% de i.a. e,
- ametryne = 2 - (etilamino) - 4 - (isopropilamino) - 6 - (metiltio) - S - triazina, formulado como pó molhável contendo 80% de i.a., todos aplicados a 2,40 kg/ha.

Utilizou-se material dos solos **A** e **B** do quadro I. Cada um dos dois solos recebeu tratamentos dos 3 herbicidas, separadamente. Cada tratamento foi submetido a precipitações simuladas de 60 e 120 mm de água, que percolaram através das colunas, durante 4 dias, em frações de 15 ml de água para a precipitação de 60 mm e frações de 30 ml para as de 120 mm. Terminadas as precipitações, cada tubo foi seccionado nas emendas por meio de lâmina metálica e cada anel, colocado sobre uma táboa, por ordem de profundidade. Os tubos tinham 21 cm de altura e havia duas repetições para cada tratamento.

No dia 25 de janeiro, fez-se sementeira de pepino (*Cu-*

cumis sativus L. 'Caipira'). A avaliação por meio desta espécie não foi satisfatória, passando-se a utilizar o capim-arroz (*Echinochloa cruz-galli* Beauv.), com dez sementes por anel. Foram feitas avaliações visuais aos 14, 18 e 31 dias após a semeadura, atribuindo-se notas de zero a dez, sendo zero igual à nenhuma injúria e dez igual à morte total das plântulas. Utilizou-se a seguinte expressão para cada anel:

$$Q = \frac{\sum q}{n}$$

Onde Q = estimativa de quantidade de herbicida; q = nota dada em cada avaliação, dividida pelo número de dias a partir da semeadura e n = número de avaliações (três, no caso).

Após a obtenção dos valores de cada anel, estes foram somados e o total considerado 100. O valor de cada anel foi, então, transformado em porcentagem, que é a proporção relativa estimada de herbicida presente.

Bioteste II

Foi instalado em 26 de janeiro de 1981, utilizando-se colunas com 18 cm. Foram estudados os solos **B** e **C** do quadro I. Aplicou-se a precipitação de 100 mm a cada solo e cada herbicida seguinte:

- hexazinone, a 0,54 kg/ha;
- terbacil = 3-t-butil-5-cloro-metil-uracil, formulado como pó molhável, contendo 80% de i.a., a 2,40 kg/ha e,
- chloramben = sal sódico do ácido-3-amino-2,5-dicloro-benzóico, formulado como microsól, contendo 75% de equivalente ácido do i.a., a 2,40 kg/ha.

Havia um tratamento testemunha para cada solo.

Os tratamentos foram repetidos três vezes para cada solo. A aplicação da água foi realizada da mesma forma que no teste anterior, com frações de 30 ml, durante três dias. Seguiu-se o mesmo procedimento para separação dos anéis, semeando-se dez sementes de alface (*Lactuca sativa* L. 'Avon Defiance') diretamente no material dos solos, dentro dos anéis. Como essa espécie se mostrou muito sensível aos herbicidas, fez-se nova semeadura, agora no material dos anéis, passados para copos plásticos,

no dia 7 de março. Durante uma semana, as plântulas de alface cresceram em câmara com luz controlada em dias de 12 horas. Fez-se contagem de plantas nascidas e mortas aos 3, 9, 11, 13, 16, 17, 18, 19 e 20 dias após a sementeira. No dia 13 de abril, fez-se nova sementeira, utilizando-se dez sementes de capim-arroz, nos mesmos copos plásticos. Fez-se contagem de plantas nascidas e mortas aos 5, 7, 9, 11, 14, 15, 17, 21, 27, 29, 31, 33, 35, 38, 40 e 42 dias, após a sementeira. Aplicou-se a seguinte expressão aos números de plantas contadas em cada anel e, em cada contagem, para a estimativa da quantidade de herbicida existente (PAULO et alii, 1979):

$$Q = \frac{N_s}{N_p} \times \frac{N_m}{N_a}$$

Onde Q = índice estimativo da concentração de herbicida; N_s = número de sementes plantadas; N_p = número de plantas nascidas; N_m = número de plantas mortas entre a contagem e a imediatamente anterior e N_d = número de dias a partir da sementeira até a contagem.

O índice Q foi calculado para cada uma das duas sementeiras, independentemente; e por contagem em cada anel, separadamente. Os resultados de cada anel foram somados no fim de cada série de contagens. Os índices obtidos para cada anel foram, então, somados e o total igualado a 100 para o cálculo de valores percentuais que estão registrados na figura 2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de lixiviação dos herbicidas, obtidos nos dois biotestes, estão representados nas figuras 1 e 2.

Os valores de porcentagem indicam estimativas de concentrações relativas das quantidades dos herbicidas existentes dentro de cada coluna.

O hexazinone, apesar de sua alta solubilidade, estava presente em todo o perfil considerando nos dois biotestes. No segundo, verificou-se que a alface não foi bom indicador de diferentes concentrações de hexazinone e terbacil, detectando a presença de ambos, de modo igual em todo perfil. De qualquer forma, a alface auxiliou como indicador da presença dos herbici-

das em níveis onde o capim-arroz acusou ausência ou concentrações muito baixas. No caso de terbacil, o capim-arroz também não foi adequado para detectar diferenças de concentração.

Nos dois testes, observa-se, para o hexazinone, um padrão bem semelhante de distribuição para as precipitações de 100 e 120 mm. No solo barrento, houve maior lixiviação do que no argiloso, com presença do herbicida até no último anel, com possibilidade de parte ter se lixiviado além deste. Essa diferença pode ser atribuída aos diferentes teores de argila e de matéria orgânica. Para a precipitação de 60 mm, no primeiro teste, a diferença de distribuição foi pequena entre os dois solos, sendo mais uniforme no barrento, onde atingiu também o último anel.

Considerando-se a elevada solubilidade do hexazinone (32.000 ppm), pode-se concluir que houve adsorção bem intensa no perfil. A lixiviação foi semelhante à do bromacil que apresenta solubilidade quase 40 vezes menor (815 ppm). A composição da fração argila dos três solos estudados apresenta predomínio de caulinita (MELFI *et alii*, 1966). Os resultados obtidos levam a concluir que essa argila tem grande capacidade de adsorver hexazinone. Os teores de matéria orgânica existentes nos solos podem ser considerados elevados e boa parte da adsorção pode ser atribuída a essa fração.

Os resultados encontrados são concordantes com aqueles apresentados pelo fabricante (DU PONT, 1980).

Não foi possível detectar diferenças de concentração nos anéis para o terbacil, nem com alface nem com capim-arroz. Já para o bromacil, houve boa indicação dessas diferenças. O bioteste indicou a presença do terbacil em todo o perfil e pode-se supor que parte tenha sido arrastada além do último segmento. As duas espécies mostraram-se muito sensíveis ao terbacil, mas o capim-arroz mostrou ser boa planta teste para o bromacil. Os resultados de lixiviação deste herbicida concordam com aqueles já encontrados em trabalho anterior, em que se utilizaram os mesmos solos (PAULO *et alii*, 1979) e com outros autores, trabalhando com outros solos (CANADA, 1975; UNITED KINGDOM, 1978).

O chloramben foi intensamente lixiviado, ficando concentrações muito pequenas nos segmentos superficiais, quase não detectadas pelo capim-arroz, mas, sim, pela alface. Com esta espécie, a indicação de concentração relativa não foi tão evidente quanto com aquela. A figura 2' mostra que a maior parte do chlo-

ramben se concentrou abaixo dos 12 cm de profundidade. É certo que parte do herbicida aplicado tenha se perdido além do último segmento. O capim-arroz mostrou ser bom indicador para esse herbicida também. A intensa lixiviação que ocorreu se deve à pequena quantidade adsorvida pelos solos e à solubilidade, relativamente elevada, do herbicida na forma de sal, como já foi observado por outros autores (AMCHEM, 1965; McLANE & PARKINS, 1966; RYNYAN *et alii*, 1967; TALBERT *et alii*, 1970). A maior lixiviação dos sais resulta em maior diluição dentro do perfil e menor controle de plantas daninhas que germinam superficialmente (COOKE, 1966; McLANE *et alii*, 1967; TALBERT *et alii* 1970). Por outro lado, cuidados especiais devem ser tomados quanto às culturas em que se vai aplicar esse herbicida, o mesmo se aplicando aos demais herbicidas já discutidos.

Os herbicidas terbacil e chloramben apresentam, praticamente, a mesma solubilidade em água, 710 e 700 ppm, respectivamente.

Os resultados opostos de lixiviação indicam, bem, como foi diferente a adsorção desses herbicidas pelos colóides dos solos. O chloramben, dissociado na solução do solo, apresenta radical negativo, portanto, caráter ácido, não sendo quase adsorvido. O terbacil, por outro lado, possui caráter alcalino e, normalmente, é pouco lixiviado, ficando retido, em maiores concentrações nos 15 cm superficiais do solo, conforme resultados encontrados por DOUGHTY (1975) e MARRIAGE *et alii* (1977). Outros autores verificaram que o terbacil lixivia menos que o bromacil, nas mesmas condições (CANADA, 1975; UNITED KINGDOM, 1978), o que foi atribuído às diferenças de solubilidade. Não foi possível comparar a lixiviação do bromacil e do terbacil nos dois biotestes conduzidos, devido à alta sensibilidade das plantas teste ao terbacil.

O ametryne, ao contrário do chloramben, concentrou-se nos segmentos superiores (até 6 cm). Com a precipitação maior, ocorreu maior lixiviação, o que foi verificado com os demais herbicidas. A concentração maior, no fundo da coluna, pode ser explicada pelo arrastamento da argila que ficou retida pelo tecido colocado como suporte da coluna. Com isso, houve maior quantidade de herbicida adsorvido, o que foi detectado pelo capim-arroz. O mesmo ocorreu com o bromacil na precipitação mais baixa, nos dois tipos de solo.

Em estudo conduzido por HARRIS (1966) com diversas outras triazinas simétricas, em solos barrentos e areno-barrentos, as lixiviações foram sempre a níveis mais profundos. O trabalho de RODGERS (1968) mostrou que o ametryne, mesmo apresentando solubilidade maior que a da maioria das triazinas, é menos lixiviado no solo, o que indica que esse herbicida deve possuir caráter alcalino bem elevado.

RESUMO

Foram estudadas as lixiviações dos herbicidas hexazinone, bromacil, ametryne, terbacil e chloramben, em diferentes tipos de solos, com precipitações simuladas de 60, 100 e 120 mm. Utilizaram-se colunas com 10 cm de diâmetro e alturas de 18 ou 21 cm, divididas em anéis de 3 cm. As lixiviações foram avaliadas com biotestes em que se usaram o capim-arroz, para todos os herbicidas e a alfaca, para hexazinone, terbacil e chloramben. À exceção do terbacil, o capim-arroz mostrou ser uma espécie apropriada para indicar diferenças de concentrações dos herbicidas. A alfaca foi muito sensível e, apenas, parcialmente apropriada para o chloramben.

O hexazinone e o bromacil apresentaram lixiviações semelhantes, com presença em todo perfil considerado. O ametryne concentrou-se mais nos níveis superiores e o chloramben foi intensamente lixiviado, ficando concentrações muito baixas nos anéis superiores. O terbacil distribuiu-se por todo o perfil sem possibilidade de diferenciação de concentração por meio das espécies usadas como teste.

SUMMARY

LEACHING OF SOME HIGHLY SOLUBLE HERBICIDES IN DIFFERENT SOILS

The leaching of hexazinone, bromacil, ametryne, terbacil and chloramben, in different types of soils, with simulated rainfalls of 60, 100 and 120 mm, was studied in soil columns. Two tests were performed using columns of 10 cm diameter and

heights of 18 cm, in the first, and of 21 cm in the second, divided in rings 3 cm high. The leaching was evaluated by means of *Echinochloa cruz-galli*, for all herbicides and also of *Lactuca sativa* for hexazinone, terbacil and chloramben. The first species showed to be a good indicator of concentration differences for all herbicides except for terbacil. The second one was too sensitive and only partially appropriate for chloramben.

Hexazinone and bromacil showed similar leaching in the soils, being present in all the considered profile. Ametryne remained in higher concentrations in the upper level of the column and chloramben was intensely leached, remaining in very low concentration in the upper rings, detected only by *L. sativa*. Terbacil was detected uniformly in the whole profile by both species used. Part of the herbicides was eluted from the columns in almost all cases.

LITERATURA CITADA

- AMCHEM PRODUCTS INC., 1965. Amiben. Dinoben derivate. Teach. Serv. Data Shiet, Amchem Products Inc., E-170, pp: 3.
- CANADA, AGRICULTURAL CANADA, RESEARCH STATION, REGINA, 1976. Report In: Research Branch Report 1975: 265-272.
- COOKE, A.R., 1966. Controlled shudies on the interaction of rainfall and pre-emergence herbicid activity. **Proc. N. East Weed Control Conf.** 20:632-S.
- DOUGHTY, C.C., 1972. Effect of terbacil on high - bush blue berry, **Ann. Mut. American Soc. Horticultural Sci.**, Hawaii.
- DU PONT, 1980. Velpar. Departamento Agroquímico Du Pont, 16 p. (Boletim Técnico).
- HARRIS, C.I., 1966. Adsorption, movement and phytotoxicity of Momiron. and s-triazines in soil. **Weeds** 14:6-10.
- McLANE, S.R. & M.D. PARKINS, 1966. Biological and physical attributs of several Amiben derivate. **Proc. Br. Weed. Control Conf.** 8:283-290.
- McLANE, S.R., M.D. PARKINS & A.R. COOKE, 1967. Physical and biological attributs of several Amiben derivate. **Meet. Weed Soc. Am.**, 69 (Abstract).
- MELFI, A.I., A.U. GIRARDI & A.C. MONIZ, 1967. Mineralogia dos solos da Estação Experimental "Theodoreto de Camargo", em Campinas. **Bragantia** 25: :9-30.
- PAULO, E.M., L.H. SIGNORI & R. DEUBER, 1979. Lixiviação de metribuzin, Oxadiazon e Bromacil em dois tipos de solos. **Planta Daninha** 2:112-115.
- RODGERS, E.G., 1968. Leaching of seven s-triazines. **Weed Science** 16:117-120.
- RUNYAN, R.L., H.R. BAKER, R.G. TALBERT & R.G. FRANS, 1967. Behavior in soil and field performance in soybean of Amiben and Dinoben esters. **Proc.-Sth. Weed Conf.** 20:393 (Abstract).

TALBERT, B.G., R.L. RUNYAN & H.R. BAKER, 1970. Behaviour of Amiben and Dinoben derivates in Arkansas soils. **Weed Science** 18:10-15.
 UK, 1978. Agricultural Development and Advisory Service. Regional Agricultural Science Service. **Anual Report** 1977, London, 228 pp.

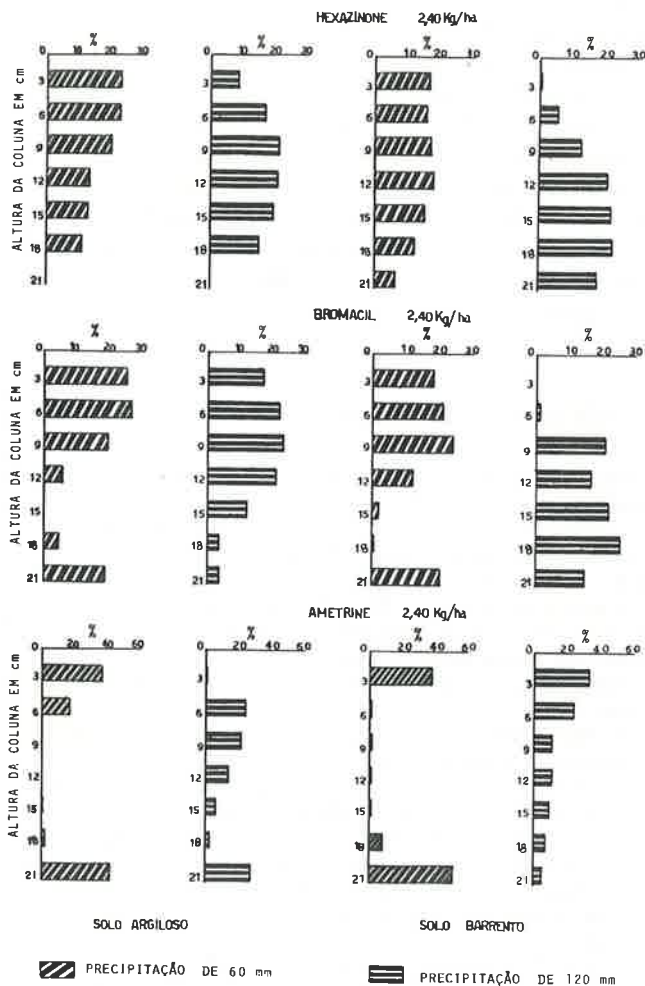


FIGURA 1. Concentrações estimadas dos herbicidas, em diferentes solos, por meio de bioteste realizado com capim-arroz (*Echinochloa cruz-galli*) após lixiviação com precipitações simuladas de 60 e de 120 mm de chuva.

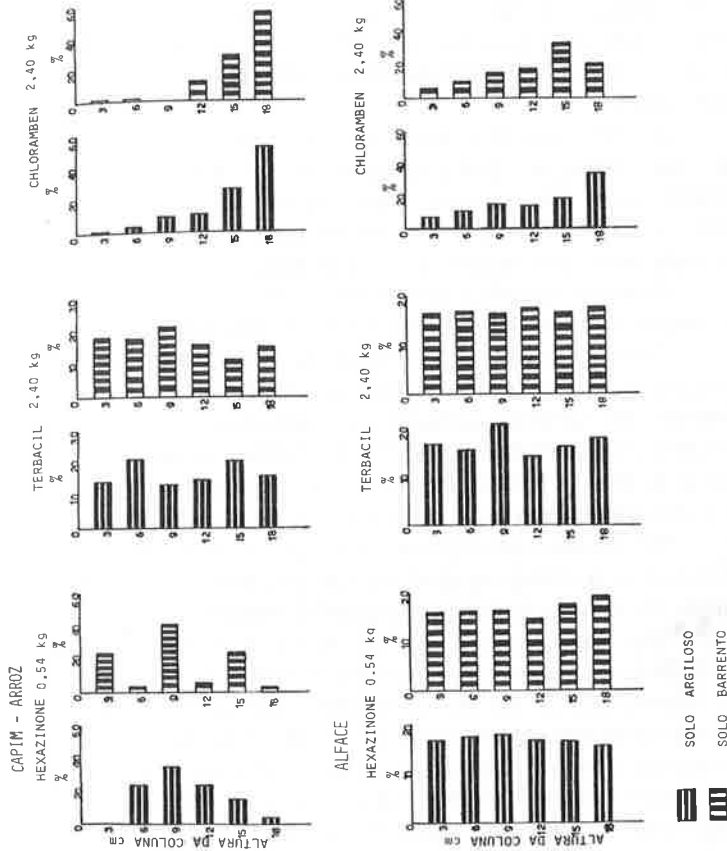


FIGURA 2. Concentrações estimadas dos herbicidas, em solos argiloso e barrento, por meio de biotestes realizados com alface (*Lactuca sativa*) e capim-arroz (*Echinochloa cruz-galli*) após lixiviação com precipitação simulada de 100 mm de chuva.