

DISSIPACÃO DO DDT - ^{14}C EM SOLO SOB TEMPERATURA CONTROLADA E SOB CONDIÇÕES DE CAMPO¹

MARA M. DE ANDRÉA², ELZA F. RÜEGG³, RÚBIA Y. TOMITA⁴, e TEREZINHA B. MESQUITA⁵

RESUMO - Estudou-se a dissipação do DDT- ^{14}C em solo por dois anos, no laboratório, sob temperatura ambiente e a 34°C , e em colunas de solo no campo. No laboratório, os frascos com solo também continham espuma na tampa, para coleta de substâncias voláteis. Metade do lote de frascos ficou sob temperatura ambiente, e a outra foi mantida a 34°C . No campo, estudou-se a mobilidade do DDT- ^{14}C em colunas de solo. Todas as amostras foram extraídas com metanol, e amostras de solo já extraído sofreram combustão. A quantificação do ^{14}C foi feita por contagem de cintilação em líquido. As recuperações do DDT- ^{14}C após dois anos foram, aproximadamente, de 71% no laboratório sob temperatura ambiente, 68% a 34°C , e coletou-se somente 1% como produtos voláteis. Porém, no campo, cerca de 30% do DDT aplicado dissiparam-se na primeira quinzena, provavelmente por volatilização. A seguir, a dissipação foi lenta e a atividade do radiocarbono declinou a 44% após 96 semanas. A meia-vida do DDT no campo foi, aproximadamente, de 1.000 dias, e o composto permaneceu praticamente imóvel, porque muito pouco foi detectado abaixo dos 10cm da superfície.

Termos para indexação: inseticida, organoclorado, persistência, mobilidade.

DISSIPATION OF ^{14}C -DDT IN SOIL UNDER CONTROLLED TEMPERATURE AND FIELD CONDITIONS

ABSTRACT - The dissipation of ^{14}C -DDT in soil was studied during two years, under ambient temperature and 34°C in the laboratory, and in soil columns in the field. In the laboratory, the jars with soil also contained foam to trap volatile compounds. Half of the jars remained under ambient temperature and the other half was maintained at 34°C . The ^{14}C -DDT mobility was studied in soil columns in the field. All samples were extracted with methanol, and combustion of extracted soil samples was done. Quantification of ^{14}C was performed by liquid scintillation counting. The recoveries of ^{14}C -DDT after two years were about 71% at ambient temperature, 68% at 34°C , and only 1% was collected as volatile products. However, in the field, about 30% of the applied DDT dissipated in the first two weeks. Following, the dissipation was slow and the radiocarbon-activity declined to 44% after 96 weeks. The hal-life of DDT in the field was about 1,000 days, and the compound was almost immobile because very little was detected below the 10cm of the surface.

Index terms: insecticide, organochlorine, persistence, mobility.

INTRODUÇÃO

O DDT é um inseticida organoclorado, atualmente permitido no Brasil somente em campanhas de saúde pública sob responsabilidade do Ministério da Saúde. Porém, foi amplamente utilizado durante muitos anos, em aplicações aéreas de algumas culturas. O DDT apresenta toxicidade média, mas tem persistência longa no ambiente devido à baixa

¹ Aceito para publicação em 25 de fevereiro de 1991.

Experimento realizado com auxílio financeiro da AIEA - Agência Internacional de Energia Atômica.

² Biól., M. Sc., Centro de Radioisótopos, Inst. Biol., Caixa Postal 7119, CEP 04014 São Paulo, SP.

³ Biól. Dra., Centro de Radioisótopos, Inst. Biol. São Paulo.

⁴ Biól., estag. no Centro de Radioisótopos, Inst. Biol., São Paulo.

⁵ No Curso de Quím., Centro de Radioisótopos, Inst. Biol., São Paulo.

reatividade de sua molécula (Gelmini et al. 1986, Cavero et al. 1976), e em muitas regiões de clima temperado reportou-se contaminação do solo, que persiste até os dias atuais, apesar de o inseticida não estar mais sendo aplicado (Kveseth et al. 1979). Ademais, o uso de dicofol, que é bastante similar, quimicamente, ao DDT, é permitido para aplicações aéreas de frutas e hortaliças (Nigg et al. 1986, Gelmini et al. 1986). Assim, a contaminação do solo brasileiro que ocorreu no passado pode ainda representar problema nos dias atuais.

Além disso, embora o comportamento do DDT tenha sido estudado em regiões de clima temperado, pouco se sabe a respeito do seu destino em regiões mais quentes. Talekar et al. (1983) afirmam que pesticidas organoclorados foram banidos em alguns países tropicais, sem informação suficiente a respeito de seu impacto nestes ambientes. Por outro lado, a preocupação sobre o nível de contaminação por inseticidas organoclorados nos trópicos tem aumentado (Sarkar & Sen Gupta, 1988).

Para este estudo, tomou-se como exemplo a cidade de São Paulo, que tem clima sub-tropical úmido e, em geral, sem limitação de umidade nas terras aráveis, durante o ano.

O estudo teve dois objetivos: 1. determinar se as condições climáticas dos trópicos influem na redução da persistência do DDT, e 2. determinar a mobilidade do DDT em solo sob condições naturais.

MATERIAL E MÉTODOS

Inseticida

O DDT-¹⁴C uniformemente marcado (diclorodi [U-¹⁴C] feniltricloroetano) com 99% de pureza radioquímica, determinada por cromatografia em camada delgada (TLC), foi adquirido da Amersham International, Inglaterra; o p,p' - DDT grau técnico, foi obtido da Seção de Química do Instituto Biológico, que indicou 97,3% de pureza. Fez-se TLC dos compostos, no momento do uso, para checar e confirmar a pureza radioquímica.

Solo

O solo escolhido coletado no campo experimental do Instituto Biológico de São Paulo, secado ao ar e

passado por peneira de 2 mm, antes do uso. O solo é argiloso e tem as seguintes características: 8,65% de matéria orgânica; 41,2% de areia; 27,8% de limo; 31% de argila, e pH, em água, de 5,2.

Emulsão de DDT-¹⁴C

As emulsões foram preparadas misturando-se 2% de Tween-80, 1,5% de benzeno, 94% de água, e os 2,5% restantes foram das soluções estoque de hexano contendo DDT e DDT-¹⁴C. A emulsão usada para o teste 1 foi aplicada à amostras de 10g do solo, de tal forma que o conteúdo de água correspondeu à capacidade de campo, e as quantidades de DDT e DDT-¹⁴C foram de 10ppm e 250q/g (0,0067 µCi/g) de solo, respectivamente. A outra emulsão, usada para o teste 2, foi aplicada em amostras de 10g de solo, correspondendo a 10 ppm de DDT e 18,5 kBq (5µCi) de DDT-¹⁴C.

Teste 1. Persistência e degradação do DDT-¹⁴C em solo sob condições de laboratório

As amostras de solo tratado contendo 250 Bq/g (0,0067 µCi/g) ficaram em jarros com tampa rosqueada contendo espuma de poliuretano na tampa para coleta de compostos voláteis. O conteúdo de água foi corrigido, e as espumas, mudadas, pelo menos bimestralmente.

Os jarros foram divididos em dois lotes; um deles foi mantido no laboratório, sob temperatura ambiente. O outro lote foi mantido numa câmara de crescimento FANEM^R, com temperatura de 34°C e períodos de doze horas de luz e doze horas de escuro, mantidas constantes por período de 24 horas.

Amostras em triplicata foram coletadas e extraídas a vários intervalos. O procedimento de extração foi feito com 30 ml de metanol, após adição de 10 g de Na₂SO₄ anidro. As amostras eram agitadas por três horas e, então, filtrava-se o sobrenadante. Duas extrações adicionais foram feitas com 20 ml de metanol. Alíquotas de 1 ml de cada extrato foram quantificadas por contagem de cintilação em líquido em aparelhos Beckman LS-100 ou LS-5801, com correção de "quenching" pelo método de razão de canais com fonte externa, após adição do coquetel de cintilação de Paterson & Greene modificado por Mesquita & Rüegg (1984). Os resultados foram multiplicados pelo volume total recuperado. As espumas foram extraídas com 20 ml de metanol durante 24 horas, torcidas com auxílio de pinça, coletando-se 2 ml, que eram contados, e as contagens eram corrigidas pelo volume total recuperado.

Alíquotas dos extratos foram cromatografadas (TLC) em cromatoplas de alumínio revestidas com sílica gel-60F254, junto com padrões de DDT e DDE, tendo hexano como solvente de desenvolvimento (Sherma & Zweig, 1973), para verificação de possível processo de degradação. Os Rf's dos padrões foram $0,30 \pm 0,06$ para o DDT, e $0,41 \pm 0,07$ para o DDE. Os cromatogramas foram visualizados em luz ultra-violeta, cortados em faixas de 1 a 2 cm, que foram também quantificadas em cintilador líquido usando-se o coquetel de Paterson e Greene.

Teste 2. Persistência e lixiviação do DDT em colunas de solo sob condições de campo

Tubos de PVC de 5 cm de diâmetro e 25 cm de comprimento foram enterrados no campo experimental numa área de aproximadamente $1,5 \text{ m}^2$, no mesmo local onde coletou-se solo para o teste 1. Os tubos foram enterrados quatro meses antes do tratamento, de forma que as condições naturais de compactação e umidade fossem mantidas. O experimento iniciou-se em 18 de novembro de 1986.

Adicionaram-se amostras de 10g de solo contendo $18,5 \text{ kBq}$ ($5 \mu\text{Ci}$) à superfície de cada tubo, deixando-se 3 cm dos tubos de PVC acima da superfície tratada para prevenir o "runoff" do solo. Após os mesmos intervalos de tempo do teste 1, três tubos eram coletados e cortados em seções de 5 cm. Amostras de 50g de cada seção eram extraídas usando-se Soxhlet com 150 ml de metanol por 10 ciclos, em tempo máximo de duas horas. Alíquotas dos extratos foram quantificadas por cintilação líquida e analisadas por TLC seguidas de autorradiografia por exposição a filmes de raio-X. Os cromatogramas também foram cortados, e as faixas, contadas, como descrito acima.

Duas amostras de 0,5 g de solo extraído foram submetidas a combustão úmida, de forma a se determinar a quantidade de resíduos ligados ao solo e se ter um balanço da quantidade de DDT-¹⁴C aplicada. O método de combustão foi basicamente o de Smith et al. (1964) e através do Biological Oxidizer OX-400 (Harvey Instrument).

O conteúdo de umidade foi determinado por aquecimento a 120°C de amostras de 5 g de solo úmido proveniente de cada seção dos tubos, durante 24 horas, e re-pesagem após uma hora, para se determinar a perda de umidade. A temperatura do solo foi medida através de um tubo em separado, sem pesticida, na mesma área onde o termômetro era introduzido até a profundidade de coleta. Na Fig. 1 estão representados alguns dados climáticos do

período experimental referentes a médias semanais de temperatura do ar, somatória semanal da precipitação e temperatura do solo nos dias de coleta de amostras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de recuperação dos métodos usados foram obtidos através da média obtida de triplicatas em separado resultando em: $94\% \pm 5\%$ para o método de extração usando-se três extrações com metanol (teste 1); $95\% \pm 5\%$ para método com Soxhlet (teste 2); $71\% \pm 9\%$ para o método de combustão úmida, e $80\% \pm 2\%$ para o Biological Oxidizer OX-400. Os resultados dos testes foram corrigidos por estes valores.

A quantidade de radiocarbono extraído do solo, sob condições de laboratório, foi alta, mesmo após dois anos (Tabela 1), e pouca quantidade de material volatilizou-se. Como as recuperações foram altas, a combustão úmida foi feita somente quando os valores baixaram. As TLC dos extratos de solo mostraram 79% e 88% de DDT-¹⁴C ao final das 96 semanas, respectivamente nas amostras sob temperatura ambiente e sob 34°C . Detectou-se pequena quantidade de DDE-¹⁴C nos extratos de solo: 14% e 7% do radiocarbono total dos extratos de solo sob temperatura ambiente e sob 34°C , respectivamente. O radiocarbono restante foi achado no ponto de aplicação dos cromatogramas.

Porém, o desaparecimento do DDT de amostras mantidas a 34°C foi, geralmente, um pouco menor, e o material volatilizado coletado destas amostras foi também um pouco maior. Estes resultados sugerem que uma dissipação um pouco mais rápida de DDT pode, de fato, ocorrer a altas temperaturas.

Os testes de mobilidade mostraram que o DDT-¹⁴C permaneceu quase exclusivamente nos 10 cm superiores do solo dos tubos, sem movimento descendente, mesmo após os períodos chuvosos. A Tabela 2 mostra a dissipação do radiocarbono no teste de campo. Um período de duas semanas foi suficiente para desaparecimento de aproximadamente 30% do DDT-¹⁴C aplicado. A dissipação foi muito mais lenta durante as semanas seguintes, e após 96 semanas ainda foram detectadas 44%

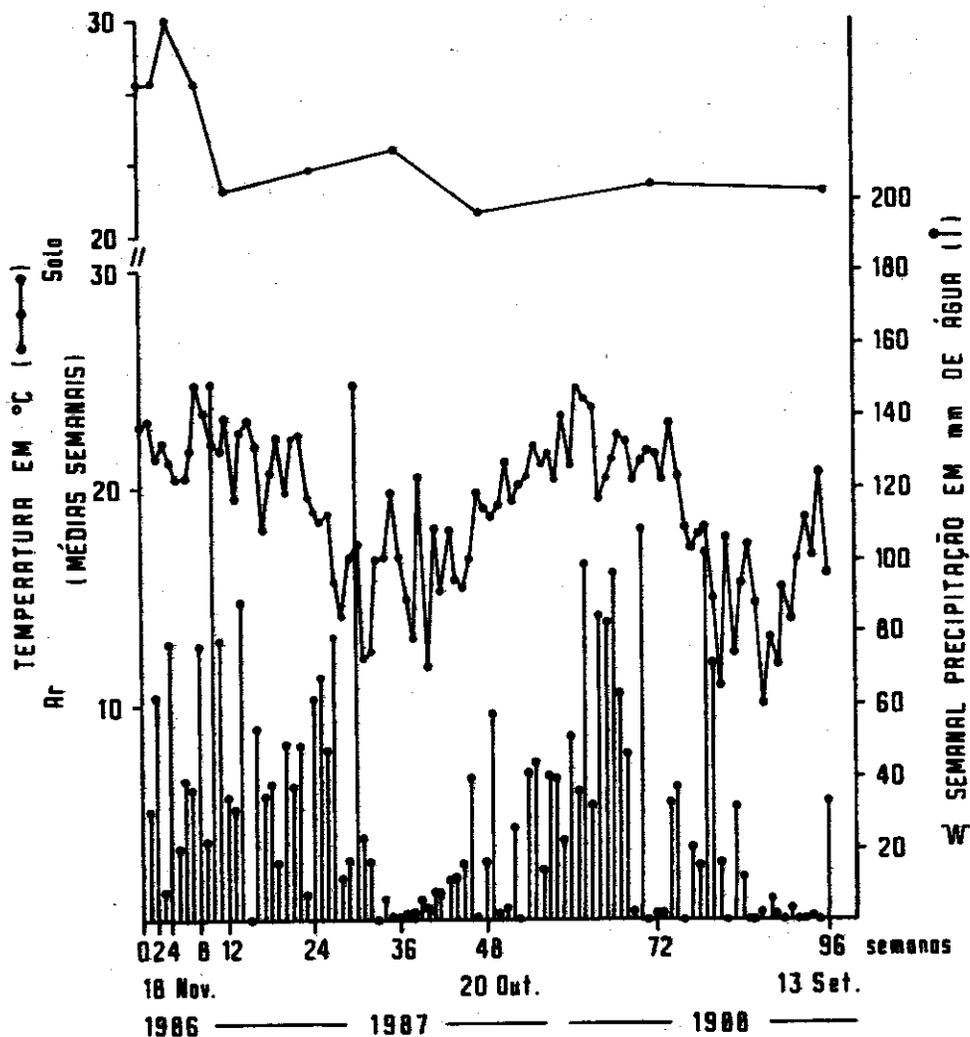


FIG. 1. Dados climáticos de temperatura do ar, do solo e pluviosidade de 18 de novembro de 1986 a 13 de setembro de 1988.

de radiocarbono ($2,16 \mu\text{Ci}$). A perda não foi causada por aumento na quantidade de resíduos ligados como ocorre com outros pesticidas (Lichtenstein) et al. 1977, Andréa et al. 1982). Estas quantidades foram praticamente insignificantes (Khan 1982) mesmo após dois anos, pois atingiram mais que 10% somente após 72 semanas.

A meia-vida do DDT no solo (Tabela 3) foi determinada a partir da quantidade total recuperada e foi estimada pela seguinte equação: $y = a \cdot e^{-bx}$, onde y = porcentagem de DDT recuperado; a = porcentagem inicial de DDT

achado no solo; b = taxa de dissipação; e, x = tempo, em dias. Os parâmetros a e b da equação foram calculados pelo método dos quadrados mínimos. A meia-vida ($T_{1/2}$) foi calculada pela equação: $T_{1/2} = \ln 2/b$ e resultou em 1046 dias (Tabela 3). Este resultado é inferior aos 4,3 ou 5,3 anos reportados por Edwards (1973) como dados realistas de meia-vida de DDT sob clima temperado.

Yeadon & Perfect (1981) também não acharam volatilização apreciável do DDT, embora também tenham achado que quantidade substancial volatilizou-se após somente um dia de

TABELA 1. Recuperação do radiocarbono aplicado como DDT-¹⁴C em solo mantido sob temperatura ambiente e a 34°C.

Tempo (Semanas)	Tratamento		Recuperação			
	(°C)		Solo	Espuma	Combustão	Total
0	24		100,05-	-	-	100,05± 6,05
2	a	22-26	92,27	0,80 ^e	-	92,53± 2,36
	b	34	87,19	2,34 ^c	-	87,97± 2,83
4	a	15-30	94,21	0,49 ^c	-	94,38± 2,84
	b	34	87,89	0,93	-	88,81± 3,78
8	a	16-31	92,02	0	-	92,02± 1,32
	b	34	97,65	0,37	-	98,02±11,67
12	a	16-32	101,28	0,05 ^d	-	101,14±12,12
	b	34	83,62	1,79 ^d	-	87,89± 2,27
24	a	22-33	74,63	0	0	74,63± 0,44
	b	34	69,08	0	0	69,08± 0,65
36	a	21-29	86,03		0	86,47± 5,77
	b	34	64,20	0,71	0	64,91± 2,18
48	a	14-26	82,04	0,21 ^d	3,89	86,07± 2,55
	b	34	80,86	0,87	5,44 ^d	85,32±15,50
72	a	23-33	77,25	1,18	4,25	82,68± 2,20
	b	34	71,14	1,32	4,89	77,35± 4,47
96	a	11-30	67,03	0,96 ^d	3,71	71,38± 2,67
	b	34	63,12	0,71 ^d	6,57 ^d	67,62± 1,85

a- Temperaturas ambientes durante o intervalo experimental.

b- 34°C constantes durante todo o período experimental.

c- Só uma amostra apresentou atividade.

d- Média de duas repetições.

aplicação do inseticida. O DDT volatilizou-se e viaja na atmosfera. Weber (1983) encontrou organismos marinhos do Atol das Rocas e dos Penedos de São Pedro e São Paulo, distantes mais de 900 km da costa brasileira, contaminados por DDT, assim como ocorreu na Antártica (Glotfelty 1985).

Assim, após a perda inicial, os resíduos permaneceram praticamente constantes até o final dos dois anos de experimento. Spencer et al. (1973) afirmam que as perdas do DDT já incorporado ao solo são muito menores do que o recém aplicado, porque o movimento do inseticida em direção às superfícies evaporantes é fator limitante.

Os resultados obtidos por TLC também

mostraram quantidades muito pequenas de DDE formado, sendo 12% do aplicado após 96 semanas, e 79% como DDT-¹⁴C. Pode-se supor que metabólitos voláteis, como o próprio DDE, tenham sido formados e imediatamente volatilizados (Sleicher & Hopcraft 1984). Isto também pode explicar a alta perda do DDT no campo, nas primeiras duas semanas, e sua persistência após este período. Mas, por outro lado, esta perda inicial não ocorreu quando os solos ficaram em jarros, no teste 1. Provavelmente, a ausência de movimento atmosférico sobre a superfície (Edwards 1973) influenciou a alta recuperação. Os produtos voláteis podem ter sido formados e novamente depositados na superfície do solo. Além disso,

TABELA 2. Recuperação do radiocarbono aplicado como DDT-¹⁴C em colunas de solo no campo.

Tempo (Semanas)	Secção (cm)	Conteúdo de umidade(%)	Extração (%)	Combustão (%)	Total (%)	Total (μCi)
0 18/Nov/86	0-5	32,87	94,79	-	94,79±4,83	4,67
2 02/Dez/86	0-5	16,10	47,49 ^a	2,00	60,71 ^a	2,99
	5-10	19,01	9,80 ^a	1,42		
4 16/Dez/86	0-5	7,45	59,57	2,67	63,49±0,74	3,13
	5-10	11,22	0,43	0,82		
8 13/Jan/87	0-5	32,86	55,38	4,10	61,01±7,20	3,01
	5-10	27,72	0,71	0,82		
	10-15	25,05	0	0		
12 10/Fev/87	0-5	32,19	42,35	2,67	50,40±13,36	2,49
	5-10	28,55	2,55	2,05		
	10-15	27,00	0,78	0		
24 05/Mai/87	0-5	27,53	53,22 ^a	8,81	63,90 ^a	3,15
	5-10	31,08	0,52	0		
	10-15	23,56	0,46	0		
	15-20	25,49	0,89	0		
36 28/Jul/87	0-5	16,00	39,49	6,14	59,78±9,67	2,95
	5-10	26,00	7,24	1,43		
	10-15	26,00	2,70	0,82		
	15-20	26,00	0,74	1,22		
48 20/Out/87	0-5	24,46	34,43 ^a	7,10	53,41 ^a	2,63
	5-10	18,45	4,97	1,28		
	10-15	19,16	4,05	0,53		
	15-20	18,41	0,40	0,65		
72 20/Mar/88	0-5	0,27	39,96	15,63	57,04± 6,20	2,81
	5-10	0,47	0,34	0,43		
	10-15	0,76	0,27	0		
	15-20	0,45	0,41	0		
96 13/Set/88	0-5	6,06	8,40 ^a	1,91	43,88 ^a	2,16
	5-10	14,54	16,60	4,23		
	10-15	19,30	5,44	2,46		
	15-20	20,28	4,37	0,47		

a - Uma amostra apresentou resultados muito baixos e foi descartada.

TABELA 3. Meia-vida do DDT em solo mantido sob condições de campo.

Tratamento	Correlação r	Coefic. de determinação r^2	Taxa de dissipação b (dias)	Meia-vida $T_{1/2}$ (dias)
Condições de campo	0,79	0,63	$6,62 \times 10^{-4}$	1.046

a manutenção do conteúdo de umidade, sob condições de laboratório, também pode ter influenciado a persistência do pesticida (Andréa & Rüegg 1985).

Assim, embora o perigo de poluição não pontual a partir de volatilização e erosão de solo contaminado continue a existir (Willis et al. 1983 e Wan et al. 1989), verificou-se que o comportamento do DDT no campo é mais favorável, do ponto de vista edáfico, do que se pode esperar a partir de testes de laboratório.

AGRADECIMENTOS

A Luiz Carlos Luchini, que nos ajudou nos cálculos de meia-vida.

REFERÊNCIAS

- ANDRÉA, M.M. de; LORD, K.A.; BROMILLOW, R.H.; RÜEGG, E.F. Degradation of parathion by soil kept moist with and without repeated applications. *Environmental Pollution*, Inglaterra, v.27; p.167-177, 1982.
- ANDRÉA, M.M. de; RÜEGG, E.F. Efeito do conteúdo de água na persistência do DDT-¹⁴C em solo sob cerrado. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.37, p.1855-1858, 1985.
- CAVERO, E.S.; GUERRA, M.S.; SILVEIRA, C.P.D. *Manual de inseticidas e acaricidas*. Aspectos Toxicológicos. Pelotas: Ed. Aimará Ltda., 1976, p.54, 135.
- EDWARDS, C.A. *Persistent pesticides in the environment*, 2.ed. U.S.A.: CRC Press Inc., 1973, p.129.
- GELMINI G.A.; NOVO, J.P.S.; ZAMARIOLLI, D.P. *Coletânea de portarias e informações gerais sobre defensivos agrícolas e receituário agrônomo*. São Paulo: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1986, p.137,144.
- GLOTFELTY, D.E. Pathways of pesticides dispersion in the environment. In: HILTON, J.L. (Ed.) *Agriculture chemicals of the Future (BARC Symposium 8)*. Totowa: Rowman & Allanheld, 1985, p.425-435.
- KHAN, S.U. Bound pesticide residues in soil and plants. *Residue Reviews*, New York, v.84; p.1-25, 1982.
- KVESETH, N.J.; BJERK, J.E.; FIMREITE, N.; STENERSEN, J. Residues of DDT in a Norwegian fruitgrowing district two and four years after the termination of DDT usage. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, Nova York, v.8; p.201-212, 1979.
- LICHTENSTEIN, E.P.; KATAN, J.; ANDEREGG, B.N. Binding of "persistent" and "nonpersistent" ¹⁴C labelled insecticides in an agricultural soil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v.25; p.43-47, 1977.
- MESQUITA, T.B.; RÜEGG, E.F. Influência de agentes tenso-ativos na detecção da radiação beta. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.36, p.446-450, 1984.
- NIGG, H.N.; STAMPER, J.H.; QUEEN, R.M. Dicolfol exposure to Florida citrus applicators: effects of protective clothing. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, New York, v.15, p.121-134, 1986.
- SARKAR, A.; SEN GUPTA, R. DDT residues in sediments from the Bay of Begal. *Bulletin of*

- Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v.41, p.664-669, 1988.
- SHERMA, J.; ZWEIG, G. (Eds.) **Thin-layer and liquid chromatography and analysis of pesticides of international importance. VII.** New York: Academic Press, 1973. p.13.
- SLEICHER, C.A.; HOPCRAFT, J. Persistence of pesticides in surface soil and relation to sublimation. **Environmental Science and Technology**, v.18, p.514-518, 1984.
- SMITH, G.N.; LUDWIG, P.D.; WRIGHT, K.C.; BAURIEDEL, W.R. Simple apparatus for combustion of samples containing ^{14}C - labelled pesticides for residue analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.12, p.172-175, 1964.
- SPENCER, W.F.; FARMER, W.J.; CLATH, M.M. Pesticide volatilization. **Residue Reviews**, New York, v.49, p.1-47, 1973.
- TALEKAR, N.S.; CHEN, J.S.; KAO, H.T. Long term persistence of selected insecticides in subtropical soil: their absorption by crop plants. **Journal of Economic Entomology**, Maryland, v.76, p.207-214, 1983.
- WAN, H.; HIGGINSON, F.R.; HARRIS, C.E.; McDOUGALL, K.W. Organochlorine insecticide residues in soils used for vegetable and tropical fruit production in the Cudgen-Duranbah area of New South Wales. **Bulletin Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v.41, p.664-669, 1989.
- WEBER, R.R. DDT and PCBs in Equatorial Atlantic organisms. **Marine Pollution Bulletin**, Grã-Bretanha, v.14, p.274-275, 1983.
- WILLIS, G.H.; McDOWELL, L.L.; MURPHREE, C.E.; SOUTHWICK, L.M.; SMITH JUNIOR, S. Pesticide concentrations and yields in runoff from silty soils in the lower Mississippi Valley. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.31, p.1171-1177, 1983.
- YEADON, R.; PERFECT, T.L. DDT residues in crop and soil resulting from application to cowpea (*Vigna unguiculata* L.) Walp. in the sub-humid tropics. **Environmental Pollution**, Inglaterra, v.2, p.275-294, 1981.