

DEGRADAÇÃO E RESÍDUOS DE TRIFLURALIN E METALAXIL EM SOLOS TRATADOS COM ¹⁴C-TRIFLURALIN E ¹⁴C-METALAXIL, EM LABORATÓRIO¹

MARIA RAPHAELA MUSUMECI e ELZA F. RUEGG²

RESUMO - Estudou-se em laboratório o comportamento do herbicida trifluralin e do fungicida metalaxil aplicados como ¹⁴C-trifluralin e ¹⁴C-metalaxil em amostras de solo Latossolo Vermelho e solo Podzólico Vermelho-Amarelo, em condições de solo inundado, solos com umidade em 60% da capacidade de água de campo e em amostras de solo esterilizado. Após 240 dias nos solos tratados com trifluralin-¹⁴C, o radiocarbono não extraível equivalente ao resíduo ligado ao solo foi de apenas 6% no solo Latossolo Vermelho, e de 17% no solo Podzólico. Neste solo, também ocorre a maior degradação do trifluralin; em condições inundadas, foram detectados quatro metabólitos. Nos solos tratados com trifluralin, paralelamente à degradação físico-química observada nas amostras estéreis, ocorreu também uma degradação microbiana nas amostras de solo não esterilizado. A volatilidade do trifluralin foi verificada desde 24 horas após a aplicação aos solos, e foi constante até o máximo entre 12% e 33%, conforme o solo, o índice menor foi observado nos solos mantidos em condições inundadas. A degradação do ¹⁴C-metalaxil, foi mais acentuada no solo Latossolo Vermelho, mas as condições de solo inundado também trouxeram aumento na degradação do fungicida, em ambos os solos, com formação de dois metabólitos. O metabolismo deveu-se à degradação microbiana, uma vez que não ocorreu degradação nas amostras de solo em condições estéreis. O resíduo ligado ao solo foi de 15% para o solo Latossolo Vermelho, e de 25% para o solo Podzólico.

Termos para indexação: herbicidas, fungicidas, radiocarbono.

DEGRADATION AND RESIDUES OF TRIFLURALIN AND METALAXYL IN SOILS TREATED WITH ¹⁴C-TRIFLURALIN AND ¹⁴C-METALAXYL, UNDER LABORATORY CONDITIONS

ABSTRACT - The behaviour of the herbicide ¹⁴C-trifluralin and the fungicide ¹⁴C-metalaxyl was studied under laboratory conditions in Red Latosol and Yellow Red Podzol soils in samples kept flooded, sterilized and with humidity equivalent to 60% of the water field capacity. After 240 days in the soil samples treated with ¹⁴C-trifluralin bound residue was 6% in Red Latosol and 17% in the Podzol soil. Trifluralin degradation was higher in the Podzol soil with four metabolites detected in the flooded soil samples. Trifluralin metabolism was increased in nonsterile soil samples. Trifluralin volatilization was detected since 24 hours after addition to soils and it was constant until 12 to 33%, with less volatility from soils kept flooded. ¹⁴C-metalaxyl degradation was higher in Red Latosol soil, but flooded conditions enhanced metalaxyl metabolism in both soil types with the detection of two metabolites. Metabolism was due to microbial degradation since almost no degradation occurred in sterilized soil samples. Bound residue was 15% in Red Latosol, and 25% in the Podzol soil.

Index terms: herbicides, fungicides, radiocarbon.

INTRODUÇÃO

O herbicida trifluralin (2, 2-2 trifluoro-2, 6-dinitro-N-dipropil-p-toluidina), pertencente ao grupo das dinitroanilinas, tem sido amplamente utilizado na cultura de soja, como herbicida de pré-emergência incorporado ao solo (Blanco et al. 1981). O fungicida sistêmico metalaxil, do grupo das alani-

nas, (metil-N-(2-metoxiacetil)-N-(2, 6-xilil) DL-alanina), é empregado no controle de fungos do grupo dos Oomicetos (Urech et al. 1977), e, embora muito utilizado em aplicações foliares, pode atingir o solo também através desses tratamentos.

A persistência dos agrotóxicos no solo constitui fator de poluição ambiental, e escassos dados existem no Brasil sobre o comportamento desses compostos em nossos solos. Por sua vez, a degradação de um composto no solo é também muito dependente de sua utilização por microorganismos do solo (Bollag 1974). Assim, a presente investigação procurou levantar dados sobre a persistência e me-

¹ Aceito para publicação em 15 de abril de 1986. Auxílio Financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.

² Biol., Dra., Centro de Radioisótopos, Inst. Biológico, Caixa Postal 7119, CEP 01000 São Paulo, SP.

tabolismo do herbicida trifluralin e do fungicida metalaxil em dois tipos de solos de clima tropical, comparando o comportamento em laboratório, com o solo mantido em diferentes condições (submerso, estéril, e com umidade de 60% da capacidade de água total do campo).

MATERIAL E MÉTODOS

O ^{14}C -trifluralin, uniformemente marcado em todos os carbonos do anel, foi fornecido por Eli Lilly (USA) com atividade específica de 12,26 $\mu\text{Ci}/\text{mg}$ e pureza radioquímica de 99%, determinada por cromatografia em camada delgada de sílica, desenvolvida em tolueno: diclorometano (50:50).

O ^{14}C -metalaxil, uniformemente marcado em todos os carbonos do anel, foi fornecido por Ciba-Geigy (Suíça), com atividade específica de 24,6 $\mu\text{Ci}/\text{mg}$ e pureza radioquímica de 97%, determinada por cromatografia em camada delgada de sílica, desenvolvida em acetato de etila.

Foram utilizados, ainda, o trifluralin e o metalaxil WP 25, grau técnico.

Solos:

Latossolo Vermelho (Cerrado, Brasília, DF): pH=5,9; matéria orgânica = 3,5%; areia = 26%; limo = 24%; argila = 49%.

Podzólico Vermelho-Amarelo (Alagoas): pH = 5,7; matéria orgânica = 5%; areia = 44%; limo = 19%; argila = 37%.

No laboratório, os solos passaram por peneira de 2 mm e foram secados a temperatura ambiente.

Soluções:

O ^{14}C -trifluralin (95.000 dpm/ml) acrescido de 100 mg do trifluralin não marcado foi dissolvido em 100 ml de acetona (^{14}C -TFL).

O ^{14}C -metalaxil (111.000 dpm/ml) acrescido de 100 mg do metalaxil não marcado foi dissolvido em 100 ml de etanol. (^{14}C -MTL).

Condições do experimento

Amostras de 10 g dos solos foram distribuídas em frascos de vidro de boca larga, com capacidade de 250 ml, sendo a umidade dos solos restabelecida pela adição de água equivalente a 60% da capacidade de água total do solo no campo.

Para obtenção de amostras esterilizadas, alguns frascos foram autoclavados a 120°C por uma hora, durante três dias consecutivos, e a umidade perdida pela esterilização foi restabelecida em câmara asséptica pela adição da água estéril.

Após uma semana de reativação dos solos, 1,0 ml da solução de ^{14}C -metalaxil ou 1,0 ml da solução de ^{14}C -trifluralin foi adicionada aos solos. Para o estudo do comportamento dos agrotóxicos em solo submerso, um lote de amostras de solo foi recoberto com água na altura de 1 cm acima do solo.

Nos estudos sobre a volatilização do trifluralin, as tampas dos frascos foram recobertas internamente com espuma de polietileno e extraídas periodicamente para quantificar a volatilização.

Todas as amostras foram mantidas no escuro a temperatura ambiente, em torno de 18° a 25°C, por um período de 240 dias, com exceção dos solos esterilizados, que foram analisados até 60 dias, em consequência da perda das condições estéreis.

Extração

Mensalmente, amostras em duplicata foram extraídas com 50 ml dos solventes orgânicos: metanol para as amostras de solo tratadas com ^{14}C -metalaxil, e hexano : acetona (50 : 50) para as amostras que receberam ^{14}C -trifluralin, durante quatro horas de agitação em um agitador horizontal. Após sedimentação do solo, alíquotas de 1,0 ml do sobrenadante foram contadas em um espectrômetro de cintilação líquida (Beckman LS 8000), com correção de "quench", pelo método da razão de canais com utilização de fonte externa (Musumeci et al. 1982). A volatilização do trifluralin foi acompanhada pela extração das espumas de polietileno, com o mesmo solvente utilizado na extração dos solos, e pela medida de alíquotas (1,0 ml), no espectrômetro de cintilação líquida.

Cromatografia em camada delgada dos extratos

Amostras de 25 ml dos extratos foram concentradas através de secagem em um Rotoevaporador (Büchler-Searle, USA), e o resíduo dissolvido em 0,5 ml de acetona foi aplicado em placas de sílica-gel (Merck) desenvolvidas nos sistemas de solventes: hexano:acetato de etila (50:50) para o metalaxil, e hexano:metanol (95:5), para o trifluralin.

Após a secagem, as placas foram expostas a filme raios-X (Sakura) por três semanas. Após revelação do filme; as zonas da placa contendo o radiocarbono foram raspadas e colocadas em frascos do cintilador com 10 ml da solução cintiladora, para quantificação dos produtos de degradação. O número de desintegrações por minuto (dpm), de cada zona, foi dividido pelo total de dpms de toda a placa, e os resultados apresentados em percentagens (Musumeci et al. 1982).

Combustão úmida do solo

A presença de resíduos ligados ao solo não extraível, após três extrações com os solventes, foi analisada pela combustão úmida dos solos (Smith et al. 1964).

RESULTADOS

A volatilização do ^{14}C -trifluralin durante 240 dias do experimento está apresentada na Tabela 1. Verifica-se a perda do trifluralin com uma fraca volatilidade inicial num período de 24 horas, que se torna progressiva (sete e quinze dias) e por fim é constante em torno de 20% a 30% durante o período de 240 dias. Embora sem diferenças entre os dois solos, a volatilização foi menor tanto no solo Latossolo Vermelho, como no Podzólico Vermelho-Amarelo mantidos em condições inundadas.

O radiocarbono aplicado aos solos como ^{14}C -TFL foi extraído com certa facilidade pelo solvente após 30 dias da incubação nos solos com 60% da capacidade de água do campo, porém em menor concentração dos solos inundados, (Tabela 2). A totalidade desse radiocarbono correspondeu ao trifluralin no solo Latossolo Vermelho (92%), porém no solo Podzólico Vermelho-Amarelo, 21% do radiocarbono correspondeu a metabólitos do trifluralin. Nas condições de esterilidade e de inundação, a degradação do trifluralin aos 30 dias foi muito reduzida (Tabela 3).

A recuperação do radiocarbono decresce a partir dos 60 dias da aplicação; não parece ocorrer adsorção maior em função do tipo de solo, porque a quantidade de resíduo do trifluralin (radiocarbono não extraível após três extrações consecutivas dos solos com o solvente) determinada pela combustão úmida dos solos foi pequena (5%) para o Latossolo Vermelho e mais acentuada (13%) para o solo Podzólico (Tabela 2).

A degradação do trifluralin prossegue aos 60 dias da aplicação em todas as amostras de solo ensaiadas, e é muito acentuada nas amostras de solo Podzólico Vermelho-Amarelo inundado, onde 57% do radiocarbono correspondeu ao ^{14}C -TFL, e 34% equivale a metabólitos orgânico-solúveis. Essa tendência de maior degradação do trifluralin no solo Podzólico é novamente constatada aos 180 dias, em condições de solo inundado (Tabela 3).

Nos solos tratados com ^{14}C -metalaxil, a extração do radiocarbono decresceu com o tempo de incubação desde 30 até 240 dias da aplicação do fungicida ao solo, sendo necessárias três extrações consecutivas nos tempos 60, 120 e 240 dias para a retirada do radiocarbono. A quantidade

de resíduo do metalaxil e de metabólitos ligados ao solo aumentou com o tempo de incubação, e, embora com diferenças entre os solos, tais diferenças não são constantes e características do tipo de solo (Tabela 4).

A degradação do metalaxil nos solos está indicada na Tabela 5. O fungicida foi muito estável nos dois solos esterilizados, onde mais de 90% da quantidade inicial foi detectada após 60 dias. O metalaxil foi degradado nos solos não esterilizados, o que indica que os microrganismos têm um papel nessa degradação. A velocidade de degradação foi mais rápida no solo Latossolo Vermelho, e neste solo a inundação levou a uma degradação mais rápida do que na condição dos solos com água a 60% da capacidade total de campo (Tabela 5).

DISCUSSÃO

Após 180 dias, 82% e 77% do radiocarbono aplicado correspondia ao ^{14}C -trifluralin nos solos Latossolo Vermelho e Podzólico Vermelho-Amarelo com 60% da capacidade de água do campo, para valores de 66% e 57% nos mesmos solos mantidos inundados.

Nelson et al. (1983), também em experimentos de laboratório, relataram que, após seis meses, 60% do ^{14}C -TFL ainda permanecia no solo, e 15% resultava de produtos de degradação. Uma degradação mais acentuada foi detectada por Camper et al. (1980), em condições de laboratório, onde, após quatro meses, 83% do trifluralin foi degradado, tendo sido detectados dois produtos do metabolismo. Em nossos experimentos, 13% a 35% do radiocarbono correspondeu a produtos de degradação do trifluralin, e a degradação foi mais acentuada no solo Podzólico (35%) mantido em condições submersas; foram detectados de dois a quatro metabólitos.

Uma degradação físico-química em baixa percentagem foi detectada aos 30 dias da aplicação em solos estéreis; nos solos não esterilizados ocorreu degradação maior, e estes metabólitos não corresponderam, em Rf, ao detectado no cromatograma de extratos de solos estéreis. Assim, é de se supor que os microrganismos dos dois solos exerceram aqui um papel mais importante na degradação do trifluralin, correspondente, após 180 dias, a 35% da atividade detectada nos cromatogramas,

TABELA 1. Percentagem do radiocarbono volatilizado de solos após aplicação de ^{14}C -trifluralin.

Solos	Dias						
	1	2	7	15	30	90	240
Latossolo Vermelho	0,5	1,9	1,4	11,0	8,0	25,0	33,0
Latossolo Vermelho inundado	0,0	0,0	0,0	6,0	5,6	18,0	24,0
Podzólico Vermelho-Amarelo	0,4	0,6	2,5	13	11	25,0	23,0
Podzólico Vermelho-Amarelo inundado	0,2	0,3	1,0	3,3	3,5	12,0	12,0

TABELA 2. Comportamento do ^{14}C -trifluralin aplicado ao solo (Percentagens do recuperado em relação ao radiocarbono aplicado).

Solos	Tempo (dias)					
	30	60	90	120	180	240
Latossolo Vermelho						
Extraído	76	50	36	28	46	29
Volatilizado	8	18	25	29	24	33
Resíduo ligado	— ^a	—	—	4	5	5
Total	84	68	61	61	75	67
Latossolo Vermelho esterilizado						
Extraído	75	55				
Volatilizado	7	20				
Resíduo ligado	—	—				
Total	82	75				
Latossolo Vermelho inundado						
Extraído	63	26	39	30	39	28
Volatilizado	6	14	18	15	16	24
Resíduo ligado	—	—	—	4	6	7
Total	69	40	57	49	51	59
Podzólico Vermelho-Amarelo						
Extraído	95	25	38	22	36	32
Volatilizado	11	23	25	32	26	23
Resíduo ligado	—	—	—	3	12	10
Total	106	48	63	57	74	65
Podzólico Vermelho-Amarelo esterilizado						
Extraído	89	30				
Volatilizado	6	32				
Resíduo ligado	—	—				
Total	95	62				
Podzólico Vermelho-Amarelo inundado						
Extraído	47	23	45	28	55	30
Volatilizado	3	14	12	15	13	12
Resíduo ligado	—	—	—	4	17	15
Total	50	37	57	47	85	57

—^a Experimentos não realizados.

TABELA 3. Percentagens do ¹⁴C-trifluralin e seus metabólitos detectados pela cromatografia em camada delgada (TLC) dos extratos de solos.

TLC ^a	Tempo (dias)															
	30						60						180			
	LV	LVE	LVI	PVA	PVAE	PVAI	LV	LVE	LVI	PVA	PVAE	PVAI	LV	LVI	PVA	PVAI
Origem 1 ^b	—	4	8		3	6	2	10	10	4	9	9	10	10	13	9
2	8	—		15			5		5		6				10	
3							2		4	4		6	8	6	23	21
4											13					12
6				10												
Trifluralin Rf (0, 53)	92	96	92	74	97	94	91	90	86	77	91	57	82	84	64	34

a = Sistema de solventes: hexano: metanol (95:5).

b = Faixas 1 a 6 — zonas da TLC correspondentes a metabólitos do trifluralin.

LV = Latossolo Vermelho

LVE = Latossolo Vermelho esterilizado

LVI = Latossolo Vermelho inundado

PVA = Podzólito Vermelho-Amarelo

PVAE = Podzólito Vermelho-Amarelo esterilizado

PVAI = Podzólito Vermelho-Amarelo inundado

TABELA 4. Comportamento do ¹⁴C-metalaxil aplicado aos solos. (Percentagens do recuperado em relação ao radiocarbôno aplicado).

Solos	Tempo (dias)			
	30	60	120	240
Latossolo Vermelho				
Extraído	90	78	73	44
Resíduo ligado	— ^a	7	10	15
Total	90	85	83	59
Latossolo Vermelho esterilizado				
Extraído	94	95		
Resíduo ligado	—	—		
Total	94	95		
Latossolo Vermelho inundado				
Extraído	93	81	83	66
Resíduo ligado	—	14	7	12
Total	93	95	90	78
Podzólito Vermelho-Amarelo				
Extraído	86	88	64	51
Resíduo ligado	—	4	10	35
Total	86	92	74	86
Podzólito Vermelho-Amarelo esterilizado				
Extraído	96	90		
Resíduo ligado	—	—		
Total	96	90		
Podzólito Vermelho-Amarelo inundado				
Extraído	95	94	85	47
Resíduo ligado	—	4	6	25
Total	95	98	91	72

—^a Experimentos não realizados.

TABELA 5. Percentagens do ^{14}C -metalaxil e metabólitos detectados pela cromatografia em camada delgada (TLC) dos extratos de solos com aplicação do ^{14}C -metalaxil.

TLC ^a	Tempo (dias)													
	60						120				240			
	LV	LVE	LVI	PVA	PVAE	PVAI	LV	LVI	PVA	PVAI	LV	LVI	PVA	PVAI
Origem 1 ^b	39	4	49	12	7	13	58	42	7	14	69	57	15	18
2							9	32	21				10	
3										27				30
Metalaxil (Rf 0,37)	60	96	51	88	93	87	32	26	71	59	31	44	75	52

a = Sistema de solventes: acetona: éter: ácido acético (80:20).

b = Faixas da TLC (1, 2, 3) correspondentes a metabólitos do metalaxil.

LV = Latossolo Vermelho

LVE = Latossolo Vermelho esterilizado

LVI = Latossolo Vermelho inundado

PVA = Podzólico Vermelho-Amarelo

PVAE = Podzólico Vermelho-Amarelo esterilizado

PVAI = Podzólico Vermelho-Amarelo inundado

embora tenha ocorrido nesses solos uma degradação não biológica também.

A percentagem de resíduo não extraído e possivelmente ligado ao solo correspondeu, após 180 dias, a valores relativamente baixos — 5% a 6% para o Latossolo Vermelho —, porém a valores mais altos para o solo Podzólico — 12% a 17%. Os baixos valores de resíduos não extraível no Latossolo Vermelho concordam com os resultados de Nelson et al. (1983) e de Helling & Krivonak (1978), que, após seis e sete meses da aplicação do ^{14}C -trifluralin ao solo em condições de laboratório, encontraram apenas 10% e 7%, respectivamente, da atividade em forma de resíduo não extraível. Entretanto, nas amostras do solo Podzólico, paralelamente à maior degradação em compostos organo-solúveis detectados pela cromatografia, poderá ter ocorrido uma degradação em compostos hidrossolúveis não extraíveis pela mistura de solvente orgânico e portanto incorporados ao solo na forma de resíduo não extraível.

Entretanto, em experimentos de campo, Golab et al. (1979) verificaram que, doze meses após a aplicação do ^{14}C -trifluralin, somente 14% do herbicida aplicado permaneceu no solo, ao passo que o resíduo ligado correspondeu a 43%. Também

Blanco et al. (1982), estudando o comportamento do trifluralin, verificaram, num Latossolo Vermelho-Amarelo de textura franco-arenosa, uma persistência do herbicida — analisada por testes biológicos — de 112 dias, comparada com a persistência maior, de 168 dias, num solo com maior teor de matéria orgânica (Blanco et al. 1981). Estes resultados indicam uma persistência menor nas condições de campo, explicada por uma exposição maior da molécula à fotólise e fenômenos de erosão, assim como eventual absorção por plantas, sendo que nas condições de laboratório o herbicida estaria exposto, talvez, somente a lentos processos de degradação microbiana ou química.

Perdas de trifluralin do solo podem ocorrer tanto por volatilização como por processos biológicos (Probst et al. 1975). Nos estudos aqui apresentados, após 180 dias a perda por volatilização correspondeu a cerca de 24% a 26%, para os dois solos em estudo.

O comportamento do metalaxil nos solos deste experimento foi semelhante ao já detectado em condições de laboratório utilizando-se o Latossolo Roxo (Musumeci & Rüegg 1984). A degradação do fungicida nos solos Latossolo Vermelho e Podzólico pode ser atribuída à atividade microbiana,

que parece ser mais ativa nas amostras do Latossolo Vermelho. Todavia, esta hipótese deve ser provada pelo isolamento de microrganismos do solo capazes de metabolizarem o metalaxil *in vitro*. A velocidade da degradação do metalaxil no Latossolo Vermelho foi mais rápida aos 60 dias do que no solo Podzólico, provavelmente em decorrência da maior capacidade de adsorção do solo Podzólico, tornando o fungicida menos disponível para os microrganismos.

CONCLUSÕES

1. A volatilização do trifluralin é independente do tipo de solo, porém dependente das condições do solo; solos com maior capacidade de água (inundados) apresentaram perda menor.

2. Após 180 dias, a degradação do trifluralin foi maior no solo Podzólico Vermelho-Amarelo, comparada a degradação no Latossolo Vermelho. No solo Podzólico inundado são detectados quatro metabólitos do trifluralin para dois metabólitos no mesmo solo com umidade equivalente a 60% da capacidade de água do campo. Ocorre degradação físico-química nos solos estéreis, porém a maior velocidade de degradação é nos solos não esterilizados, portanto associada à presença de microrganismos.

3. A velocidade de degradação do fungicida metalaxil foi mais acentuada no Latossolo Vermelho, comparada com a degradação no solo Podzólico, e foi influenciada principalmente pela atividade microbiana dos solos. As condições de solo inundado levaram a uma degradação maior do metalaxil.

REFERÊNCIAS

- BLANCO, H.G.; NOVO, M.C.S.S.; COELHO, R.R.; OLIVEIRA, D.A. Comportamento do herbicida trifluralin em solos. II. Persistência em solo barrento cultivado com soja nas condições de Pirassununga, SP. *Biológico*, São Paulo, 47:339-45, 1981.
- BLANCO, H.G.; NOVO, M.C.S.S.; COELHO, R.R.; OLIVEIRA, D.A. Comportamento do herbicida trifluralin em solos. III. Persistência em solo arenoso cultivado com soja na região de Pirassununga, SP. *Biológico*, São Paulo, 48:217-21, 1982.
- BOLLAG, J.M. Microbial transformation of pesticides. *Adv. Appl. Microbiol.*, 18:75-130, 1974.
- CAMPER, N.D.; STRALKA, K.; SKIPPER, H.D. Aerobic and anaerobic degradation of profluralin and trifluralin. *J. Environ. Sci. Health Part B*, 15:457-73, 1980.
- GOLAB, T.; ALTHAUS, W.A.; WOOTEN, H.L. Fate of ¹⁴C-trifluralin in soil. *J. Agric. Food Chem.*, 27:163, 1979.
- HELLING, C.S. & KRIVONAK, A.E. Physico-chemical characteristics of bound dinitroaniline herbicides in soils. *J. Agric. Food Chem.*, 26:1156, 1978.
- MUSUMECI, M.R. & RUEGG, E.F. Degradação microbiana do fungicida metalaxil no solo. *Fitopatol. bras.*, 9:583-91, 1984.
- MUSUMECI, M.R.; RUEGG, E.F.; CAMPACCI, C.A. Systemic uptake of ¹⁴C-meta laxyl in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Fitopatol. bras.*, 7:583-91, 1982.
- NELSON, J.E.; MEGGITT, W.F.; PENNER, D. Fractionation of residues of pendimethalin, trifluralin, and oryzalin during degradation in soil. *Weed Sci.*, 31:68-75, 1983.
- PROBST, G.W.; GOLAB, T.; WRIGTH, W.L. In: KEARNEY, P.C. & KAUFMAN, D.D., ed. *Herbicides; chemistry, degradation, and mode of action*. 2. ed. New York, M. Dekka, 1975. v.1, p.453-500.
- SMITH, G.H.; LUDWIG, P.D.; WRIGTH, C.; BAURIEDL, W.R. Simple apparatus for combustion of samples containing ¹⁴C-labelled pesticides for residue analysis. *J. Agric. Food Chem.*, 12:172-5, 1964.
- URECH, P.A.; SCHWINN, F.; STAUB, T. GGA 48988, a novel fungicide for the control of late blight, downy mildew and related soil borne diseases. In: BRITISH CROP PROTECTION CONFERENCE. *Proceedings*. s.l., s.ed., 1977. p.623-31.