

# PERSISTÊNCIA DO HERBICIDA LINURON EM SOLOS CULTIVADOS COM SOJA<sup>1</sup>

HÉLIO GARCÍA BLANCO<sup>2</sup>, DOMINGOS DE AZEVEDO OLIVEIRA<sup>3</sup> e  
MARCUS BARIFOUSE MATALLO<sup>4</sup>

**RESUMO** - Estudou-se, durante os anos de 1983/84, 1984/85, 1985/86, em condições de campo, numa lavoura de soja (*Glycine max* Merrill) e em três tipos de solo, a persistência do herbicida linuron no solo. Dos experimentos de campo foram retiradas, periodicamente, amostras de solo para determinação da atividade do herbicida. Empregou-se a metodologia de bioensaios conduzidos em condições controladas fornecidas por um fitotron. Os resultados demonstraram que, em doses de 1,75 kg/ha, o linuron permanece com bioatividade no solo, à profundidade de 0 cm a 10 cm, três semanas após a sua aplicação em pré-emergência. Para um período superior a quatro semanas, o solo não apresentou mais persistência do produto. Doses mais baixas do produto tendem a apresentar períodos menores de persistência.

Termos para indexação: bioatividade, pesticida, *Glycine max*.

## PERSISTENCE OF LINURON HERBICIDE IN SOILS UNDER SOYBEAN CROP

**ABSTRACT** - The persistence of linuron in the soil was investigated under field conditions in three types of soil during the years 1983/84, 1984/85 and 1985/86 on soybeans (*Glycine max* Merrill). Soil samples were taken periodically from the field experiments to determine herbicide activity. The bioassay methodology conducted under controlled conditions of a phytotron was utilized. The results indicated that linuron bioactivity, in doses equivalent to 1.75 kg/ha persists in the soil, at a depth of 0 cm to 10 cm, three weeks after its application in pre-emergence. For periods superior to four weeks, bioactivity disappeared. Lower doses of the product tend to persist for shorter periods.

Index terms: bioactivity, pesticide, *Glycine max*.

## INTRODUÇÃO

Linuron é o nome aprovado pela ISO (International Organization for Standardization) e pela WSSA (Weed Science Society of America) para a 3-(3,4-diclorofenil)-1-metoxi-1-metil-uréia (Worthing 1983). Foi o primeiro composto sintetizado, por substituição, da 3-aryl-1-metoxi-1-metil-uréia que foi introduzido como herbicida na agricultura (Maier-Bode & Hartel 1981).

No Brasil, é recomendado em aplicações de pré-emergência para culturas como abacaxi, amendoim, aspargo, batata, café, cana-de-açúcar, cenou-

ra, ervilha, mudas de eucalipto, mandioca, milho, soja e sorgo (Almeida & Rodrigues 1985). Em pós-emergência é recomendado para aipo, alho, alho-porró, cacau, café, cana-de-açúcar, cebola, cenoura e milho (Almeida & Rodrigues 1985).

Dados sobre o comportamento do linuron em solos brasileiros são desconhecidos. Almeida & Rodrigues (1985) indicam que o produto apresenta uma persistência média, no solo, de dois a cinco meses, porém essa referência deve ter sido transcrita de comunicações estrangeiras. De fato, na revisão de Maier-Bode & Hartel (1981), esses autores concluem que em termos médios a persistência do linuron nos solos é, aproximadamente, de três a quatro meses. Este mesmo período é apontado pela Weed Science Society of America (1983) como sendo a persistência do linuron, determinada por bioensaios com aveia como planta-teste, em condições de campo e nas doses recomendadas para as culturas.

Com o objetivo de determinar a duração da bioatividade ou persistência do linuron em solos brasileiros, sob as condições naturais de uma lavou-

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 30 de julho de 1986. Pesquisa realizada com auxílio do Convênio EMBRAPA/Sec. Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo.

<sup>2</sup> Eng. - Agr., Dr., Instituto Biológico (IB), Seção de Herbicidas, Caixa Postal 70, CEP 13100 Campinas, SP. Bolsista do CNPq.

<sup>3</sup> Eng. - Agr., M.Sc., IB, Seção de Bioestatística. Bolsista do CNPq.

<sup>4</sup> Eng. - Agr., IB, Seção de Herbicidas.

ra de soja, foram conduzidos, durante três anos consecutivos, experimentos de campo e de laboratório.

### MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida por meio de experimentos de campo instalados na Estação Experimental de Campinas do Instituto Biológico (experimentos de 1983 e 1985), e na fazenda Paraíso (experimento de 1984) localizada em Mogi-Mirim, dos quais foram retiradas amostras de solo para determinação da persistência por meio de ensaios biológicos realizados na Seção de Herbicidas. A Tabela 1 apresenta as características dos solos onde foram conduzidos os experimentos.

Para os experimentos de campo, foi adotado um esquema de blocos ao acaso, com quatro repetições e parcelas divididas em subparcelas para amostragem do solo. Os tratamentos, nos três anos estudados, foram aplicações de linuron<sup>5</sup> em pré-emergência, nas doses de 0,75 kg/ha, 1,25 kg/ha e 1,75 kg/ha, e uma testemunha, onde não foi aplicado o herbicida. As parcelas experimentais consistiram de dez linhas de soja, espaçadas de 0,50 m, com 4 m de comprimento, plantadas na densidade de 20 a 25 sementes por metro linear. Como subparcelas, foram consideradas as entrelinhas da cultura, onde eram realizadas duas amostragens de solo por parcela experimental, em cada época.

No experimento de 1983, as amostragens do solo foram realizadas até 15 semanas, com intervalos de três semanas; nos demais anos, foram utilizadas épocas espaçadas de duas semanas, nas dez primeiras semanas após a aplicação do herbicida.

O solo foi coletado à profundidade de 10 cm, utilizando-se um cilindro de aço de 10,5 cm de diâmetro interno por 10 cm de altura, introduzido no solo por percussão. As amostras foram passadas em peneira de malha de 0,2 cm e armazenadas em condições de temperaturas negativas (-15°C), até serem usados nos bioensaios.

A técnica de bioensaios empregada foi a descrita por Santelmann (1977), com ligeiras modificações. Em copos de plástico sem percolação, foram colocados 250 g de solo amostrado das parcelas experimentais, usando-se três repetições para cada amostra. A planta-teste foi o pepino (*Cucumis sativus* L.), variedade Midore, deixando-se, após desbaste, duas plantas por copo. Os bioensaios foram conduzidos em ambiente com 24°C ± 2°C de temperatura do ar, 75% ± 10% de umidade relativa do ar, e fotoperíodo de doze horas, com intensidade luminosa máxima de 10,8 klux. A umidade do solo foi elevada diariamente, por peso, ao nível próximo à umidade correspondente à capacidade do campo, determinada previamente.

Os resultados dos bioensaios foram obtidos pelo peso verde das plantas de pepino, após 24 dias a contar da semeadura.

A persistência do linuron foi determinada pela compa-

TABELA 1. Características físicas e químicas dos solos onde foram conduzidos os experimentos.

Local	Ano	Análise granulométrica (%) <sup>a</sup>				Classificação textural
		argila	silte	areia-fina	areia grossa	
Campinas	1983/84	20	9	35	36	franco-arenoso
Mogi-Mirim	1984/85	26	9	34	31	barro-argilo-arenoso
Campinas	1985/86	29	8	34	29	franco-argilo-arenoso

Local	Ano	Análise química <sup>b</sup>									
		P resina µg/cm <sup>3</sup>	M.O. %	pH em CaCl <sup>2</sup>	K	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	H + Al <sup>+3</sup>	S	T	V %
							meq/100 cm <sup>3</sup>		T.F.S.A.		
Campinas	1983/84	21	1,4	4,6	0,14	1,6	0,5	2,6	2,2	4,8	46
Mogi-Mirim	1984/85	11	2,7	5,5	0,17	2,2	1,3	1,8	3,7	5,5	67
Campinas	1985/86	100	3,0	6,9	0,58	12,1	2,2	1,2	14,9	16,1	93

<sup>a</sup> Determinada pela Seção de Pedologia do Instituto Agrônomo, Campinas, SP.

<sup>b</sup> Determinada pela Seção de Fertilidade do Solo do Instituto Agrônomo, Campinas, SP.

<sup>5</sup> Produto comercial Afalon 50 BR, contendo 500 g de linuron por kg.

ração das médias do desenvolvimento do pepino no solo tratado, com a do solo-testemunha, em cada época em que o solo foi amostrado pelo teste de Tukey.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

No experimento de 1983/84, a dose mais alta de linuron (1,75 kg/ha) mostrou bioatividade na amostra de solo retirada três semanas após a sua aplicação (Tabela 2); no entanto, nas amostragens correspondentes a seis semanas, e, as posteriores, até 15 semanas, o desenvolvimento do pepino não mais evidenciou a presença do herbicida. No ano de 1984/85, o período de persistência do linuron foi mais curto, pois, mesmo na dose de 1,75 kg/ha, duas semanas após a aplicação os bioensaios não acusaram bioatividade do produto no solo. No experimento conduzido em 1985/86, quatro semanas foi um período suficiente para o solo não apresentar mais persistência do linuron, à profundidade de 0 cm - 10 cm (Tabela 2).

Pela transformação em percentagem dos dados da Tabela 2, em relação ao desenvolvimento da planta-teste do solo-testemunha, considerado como 100% por não ter sofrido influência do herbicida, o comportamento do linuron pode ser observado pelas curvas de persistência mostradas nas Fig. 1, 2 e 3.

Se considerarmos como doses recomendadas para a soja o intervalo de 0,75 a 1,50 kg/ha, conforme indicam Almeida & Rodrigues (1985), verifica-se que a fitotoxicidade inicial produzida pela dose menor não foi significativa em nenhum experimento, mostrando que na dose de 0,75 kg/ha o produto não persiste no solo. A persistência só foi constatada para concentração próxima ao limite superior da dose recomendada ou um pouco acima (1,75 kg/ha).

Pequenas quantidades de resíduos de linuron, quando presentes no solo, se encontram quase exclusivamente na camada superior de 10 cm, independentemente da quantidade do produto aplicado para o intervalo de 1,25 a 5,0 kg/ha (Maier-Bode & Hartel 1981). Para diversos autores, a maior quantidade de linuron é encontrada acima dos primeiros 5 cm (Lode 1967, Fryer & Kirkland 1970, Marriage & Saidak 1975). Por essa razão, o desaparecimento da bioatividade do linuron mos-

trado nas Fig. 1, 2 e 3 não pode ser devido à percolação do herbicida para camadas mais profundas.

A rápida degradação do linuron deve, provavelmente, estar relacionada à sua decomposição por microrganismos. Uma série de microrganismos do solo são capazes de utilizar os herbicidas derivados da uréia como fonte de nitrogênio para suas necessidades energéticas (Hill et al. 1955, Maier-Bode & Hartel 1981). Entre 94 microrganismos testados em laboratório (81 cepas de fungos e 13 de bactérias), 92 foram capazes de degradar o linuron, pela ruptura da molécula na ligação do grupo metil ou metoxi (Boerner et al. 1969 e Schroeder 1970, citados por Maier-Bode & Hartel 1981). O fungo *Rhizoctonia solani*, bastante freqüente em solos brasileiros, está relacionado entre os organismos que degradam o linuron e outros herbicidas derivados da uréia (Weinberger & Bollag 1972).

Por outro lado, a velocidade da degradação microbiana em laboratório ou nas condições naturais é regulada pela existência de condições que propiciam o desenvolvimento dos microrganismos no solo. A Tabela 3 mostra os altos índices pluviométricos ocorridos durante os experimentos. Essas condições, em conjunção com as temperaturas altas que ocorrem nos meses de novembro e dezembro, devem ter concorrido para a presença de condições favoráveis ao desenvolvimento da microflora do solo.

Outro processo de desaparecimento dos herbicidas no solo é a sua adsorção pelas moléculas de argila e de matéria orgânica. Suess & Wagner (1970) e Suess et al. (1972), citados por Maier-Bode & Hartel (1981), verificaram que herbicidas adsorvidos pelos colóides do solo são degradados mais rapidamente pela atividade microbiana que aqueles que não estão adsorvidos, talvez porque a alta concentração de moléculas de herbicidas na superfície coloidal propiciaria o desenvolvimento de altas taxas de densidade populacional (Maier-Bode & Hartel 1981). Correlacionando-se esses fatos com os dados obtidos, verifica-se que o maior período de persistência do linuron se deu no experimento de 1983/84, cujo solo apresentou o menor conteúdo de argila e de matéria orgânica (Tabela 1).

TABELA 2. Persistência do herbicida linuron no solo em condições naturais de cultivo de soja. Dados médios de quatro repetições dos bioensaios com pepino desenvolvidos em solos amostrados periodicamente dos experimentos de campo.

Linuron: kg/ha	Peso da parte aérea (g) de pepino					
	logo após a aplicação	3 semanas	6 semanas	9 semanas	12 semanas	15 semanas
<b>1983/84 : Campinas</b>						
Dose 0 : testemunha	n.d. <sup>a</sup>	4,949 b	4,246 a	4,013 a	3,912 a	3,184 a
Dose 1 : 0,75	n.d.	5,677 b	4,644 a	4,196 a	3,812 a	3,347 a
Dose 2 : 1,25	n.d.	4,358 b	4,206 a	4,049 a	4,085 a	3,473 a
Dose 3 : 1,75	n.d.	1,931 a	4,353 a	4,042 a	3,980 a	3,409 a
	logo após a aplicação	2 semanas	4 semanas	6 semanas	8 semanas	10 semanas
<b>1984/85 : Mogi-Mirim</b>						
Dose 0 : testemunha	3,656 a	3,546 a	3,217 a	3,063 a	2,815 a	2,657 a
Dose 1 : 0,75	3,541 a	3,351 a	3,199 a	3,087 a	2,636 a	2,814 a
Dose 2 : 1,25	3,239 a	3,499 a	2,916 a	3,132 a	2,461 a	2,681 a
Dose 3 : 1,75	1,481 b	3,503 a	2,764 a	2,995 a	2,347 a	2,620 a
<b>1985/86 : Campinas</b>						
Dose 0 : testemunha	6,740 c	6,529 a	7,753 a	5,194 a	4,773 a	3,211 a
Dose 1 : 0,75	5,635 bc	8,034 a	7,002 a	6,817 a	4,071 a	3,563 a
Dose 2 : 1,25	2,524 ab	8,505 a	9,177 a	8,332 a	5,232 a	3,686 a
Dose 3 : 1,75	0,820 a	4,959 a	7,455 a	7,338 a	5,552 a	3,472 a

Médias seguidas de mesma letra em cada coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Análise da variância (Resumo)	1983/84	1984/85	1985/86
F (tratamento)	3,16 n.s.	6,45*	1,32 n.s.
F (tratamento x amostragem)	9,12*	2,77*	4,89*
C.V. (%) (tratamentos)	20,7	15,8	41,11
C.V. (tratamento x amostragem)	16,30	16,8	23,92
D.M.S.	1,835	1,284	4,172

<sup>a</sup> n.d. não determinado.

TABELA 3. Totais de chuva, por intervalo de amostragem do solo, durante os experimentos.

Intervalos de amostragem do solo <sup>a</sup>	Chuva em mm		
	Experimento 1983/84: Campinas	Experimento 1984/85: Mogi-Mirim	Experimento 1985/86: Campinas
Duas semanas antes da aplicação	99,0	104,6	25,0
Da aplicação até a primeira amostragem.	79,0	62,3	61,0
Da primeira até a segunda amostragem	185,0	100,7	53,0
Da segunda até a terceira amostragem	147,0	107,5	74,0
Da terceira até a quarta amostragem	162,0	121,1	162,0
Da quarta até a quinta amostragem	11,0	89,6	184,0

<sup>a</sup> No experimento de 1983/84 foi usado o intervalo de três semanas; nos demais experimentos o intervalo de amostragem foi de duas semanas.

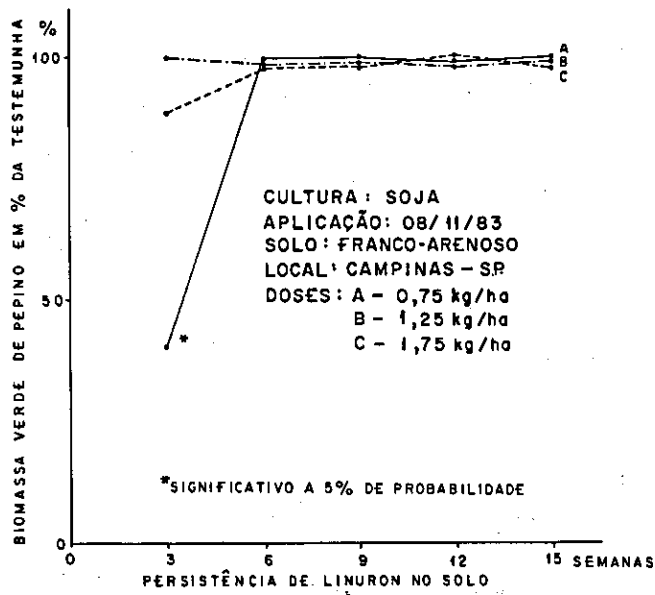


FIG. 1. Curva de persistência do herbicida linuron obtida em um solo franco-arenoso.

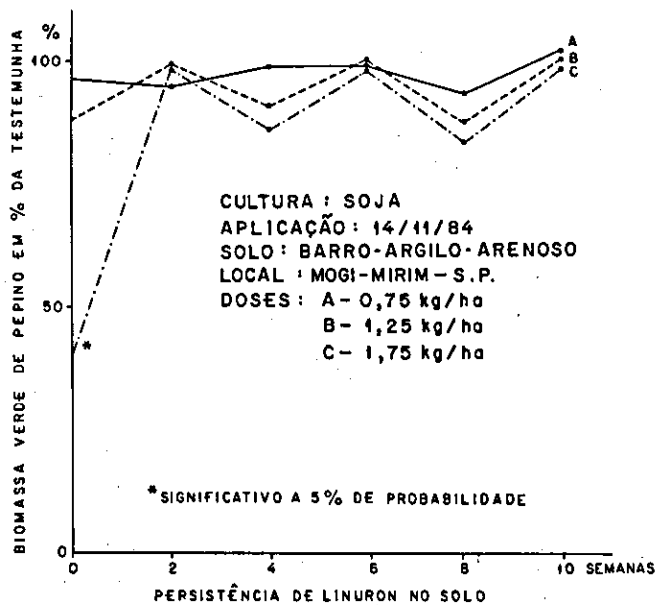


FIG. 2. Curva de persistência do herbicida linuron obtida em um solo barro-argilo-arenoso.

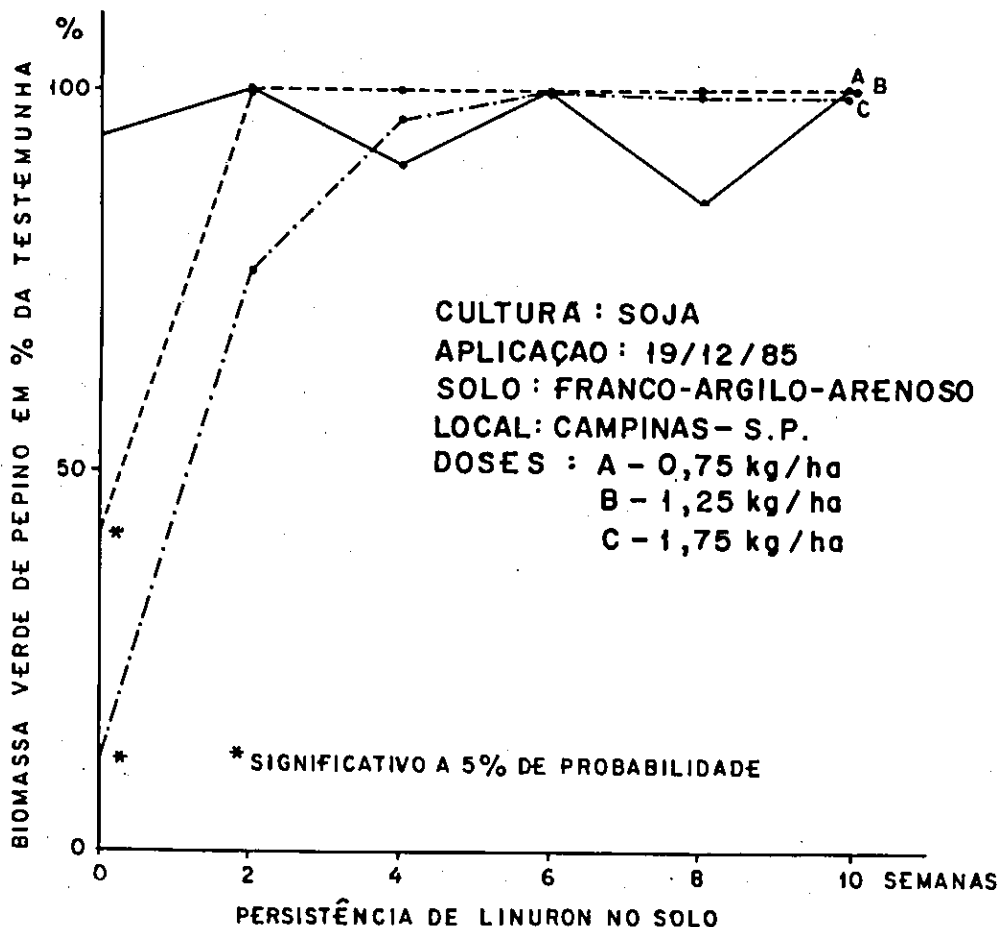


FIG. 3. Curva de persistência do herbicida linuron obtida em um solo franco-argilo-arenoso.

É de se notar que a dose maior estudada (1,75 kg/ha) apresentou sempre maior persistência. Por isso, para culturas nas quais são recomendadas doses maiores, como por exemplo na cultura de café de 2,5 a 3,0 kg/ha, é de se esperar uma persistência maior do produto no solo.

O período de persistência de três a quatro meses, para as condições dos Estados Unidos da América do Norte (Weed Science Society of America, 1983), está relacionado, sem dúvida, às doses que são recomendadas para as culturas naquele país, cujas quantidades vão até 3,4 kg/ha, que é, praticamente, o dobro da maior dose estudada nos experimentos aqui relatados.

#### CONCLUSÕES

1. A persistência do herbicida linuron, na camada de 0 cm - 10 cm do solo, determinada por bioensaios com pepino, nas doses de 0,75 a 1,75 kg/ha na cultura da soja, em pré-emergência, foi de três semanas. O solo não acusou bioatividade do produto quatro semanas depois de sua aplicação.

2. O período de persistência parece estar relacionado com a quantidade empregada do produto e conteúdo de colóides no solo: maior persistência deverá ocorrer em solos com baixo conteúdo de argilas e matéria orgânica e quando são utilizadas maiores doses do linuron.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.S. & RODRIGUES, B.N. Guia de herbicidas. Londrina, IAPAR, 1985. p.231-5.
- FRYER, J.D. & KIRKLAND, K. Field experiments to investigate long-term effects of repeated applications of MCPA, triallate, simazine and linuron: Report after 6 years. *Weed Res.*, **10**:133-58, 1970.
- HILL, G.D.; MACGAHEN, J.W.; BAYER, H.M.; FINNERTY, D.W.; BINGEMAN, C.W. The fate of substituted urea herbicides in agricultural soils. *Agron. J.*, **47**: 93-103, 1955.
- LODE, O. Decomposition of linuron in different soils. *Weed Res.*, **7**:185-90, 1967.
- MAIER-BODE, H. & HARTEL, K. Linuron and monolinuron. *Residue Rev.*, **77**:143-85, 1981.
- MARRIAGE, P.B. & SAIDAK, W.J. Residues of atrazine, simazine, linuron and diuron after repeated annual applications in a peach orchard. *Weed Res.*, **15**: 373-9, 1975.
- SANTELMANN, P.W. Herbicides bioassay. In: TRUELOVE, B., ed. *Research methods in Weed Science*. s.l., Southern Weed Sci. Soc., 1977. p.79-87.
- WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA, *Herbicide Handbook*. Illinois, 1983. p.285-9.
- WEINBERGER, M. & BOLLAG, J.M. Degradation of chlorbromuron and related compounds by the fungus *Rhizoctonia solani*. *Appl. Microbiol.*, **24**: 750-4, 1972.
- WORTHING, C.R., ed. *The Pesticide Manual*. 7.ed. s.l., Br. Crop. Prot. Counc., 1983. p.336.