
INSETIGAÇÃO

Paulo Afonso Viana¹

10.1. INTRODUÇÃO

O controle químico de pragas teve amplo desenvolvimento neste século, devido ao descobrimento do efeito inseticida de vários compostos, que foram posteriormente sintetizados em laboratório e produzidos em grande escala. Paralelamente, houve necessidade de desenvolver formulações mais adequadas, juntamente com métodos para a sua aplicação. Aplicadores para formulações líquidas, em pó, gás e granuladas foram desenvolvidos e aperfeiçoados.

Entre todas as formulações, a mais utilizada e estudada tem sido a aplicada por via líquida, usando como veículo a água. Pulverizadores costais e tratorizados foram os primeiros a serem utilizados no início deste século. Posteriormente, evoluiu-se para a aplicação aérea, através de aviões e helicópteros agrícolas (Metcalf et al. 1962).

No exterior, a injeção de inseticidas em tubulações de irrigação, para o controle de pragas, deu-se no início da década de 60, sendo utilizados os inseticidas azinphos methyl e carbaryl (Palmer 1964). Nos anos seguintes, o termo insetigação passou a ser utilizado para designar a operação de aplicar inseticidas via irrigação.

¹ Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Pesquisador da EMBRAPA/CNPMS, Cx.P. 151, 35701-970 Sete Lagoas, MG

No Brasil, a insetigação começou a ser utilizada na década de 80, havendo uma grande escassez de informações técnicas para as nossas condições. Atualmente, com a expansão de áreas agrícolas irrigadas, têm sido feitas aplicações de inseticidas via irrigação por aspersão, muitas vezes sem se conhecerem os parâmetros técnicos necessários para se obter a melhor eficiência e redução de riscos oriundos da utilização de defensivos agrícolas.

10.2. VANTAGENS E DESVANTAGENS DA INSETIGAÇÃO

10.2.1. Vantagens

Segundo Johnson et al. (1986), a aplicação de defensivos químicos via água de irrigação apresenta as seguintes vantagens, quando comparada com outros métodos:

10.2.1.1. Aplicação uniforme

Os defensivos podem ser distribuídos mais uniformemente quando aplicados por sistemas de pivô central e de unidades de movimento linear do que por aviões ou pulverizadores terrestres convencionais.

10.2.1.2. Época de aplicação

Em situações onde o nível populacional da praga exige medidas imediatas de controle, o sistema de pivô central geralmente pode ser operado em qualquer condição climática e hora, enquanto que aplicações por outros métodos necessitam de condições favoráveis e especiais.

10.2.1.3. Redução da compactação do solo

Diminui o tráfego de tratores, reduzindo a compactação e a necessidade de operações caras como a subsolagem.

10.2.1.4. Redução de danos mecânicos à cultura

Tratores e pulverizadores convencionais causam substanciais danos mecânicos, principalmente quando há necessidade de controle em um estágio de desenvolvimento mais avançado da cultura.

10.2.1.5. Redução dos riscos ao operador

A concentração de inseticida aplicado via água de irrigação é 140 a 1000 vezes menor do que em aplicação por avião e de 27 a 200 vezes

menor do que em aplicação com pulverizadores tratorizados convencionais. Johnson et al. (1986) exemplificam a redução dos riscos de intoxicação do operador utilizando insetigação em relação à aplicação de inseticidas via pulverizadores convencionais ou através de aviação agrícola (Tabela 10.1). Tomando-se como exemplo o inseticida parathion, aplicado via aérea, os valores DL 50 oral e dermal poderão ser atingidos somente se o operador do equipamento tiver contato com 0,026-0.083 ℓ e 0,352 ℓ da solução, respectivamente, enquanto que na aplicação via pulverização necessita-se de 0,127 - 0.414 ℓ, por via oral, e de 1.750 ℓ, por via dermal. Na aplicação via irrigação, com lâminas de água de 2,5 mm, seria necessária, para se atingir a mesma concentração, uma exposição a 14-45 ℓ e 190 ℓ, para se atingir os DL50 oral e dermal, respectivamente. Com maiores lâminas, esses valores atingem números inusitados para uma aplicação criteriosa. Pelo fato de o operário não ficar diretamente exposto ao inseticida, no campo, diminui o risco de inalação e absorção.

10.2.1.6. Economicidade

Os custos operacionais decrescem sensivelmente com o aumento de aplicações e com o número de culturas plantadas, anualmente. Devido ao custo elevado do equipamento, objetiva-se maximizar a sua utilização. Segundo Young et al. (1984) e Johnson et al. (1986), os custos da quimigação variam de um terço à metade dos custos das aplicações com avião ou trator.

TABELA 10.1. Volume de água requerido para a exposição de uma pessoa de 68 kg ao DL 50 do parathion¹, aplicado por três métodos.

Toxicidade	Aplicação aérea (47 ℓ/ha)	Pulverização convencional (234 ℓ/ha)	Via irrigação (ℓ/ha x 1000)		
			25	127	190
Dermal 3745 mg DL ₅₀ = 55 mg/kg	0,352	1,75	190	951	1423
Oral 272-885 mg DL ₅₀ 4-13 mg/kg	0,026 - 0,083	0,127 - 0,414	14 - 45	69 - 225	103 - 36

¹Dose = 0,5 kg/ha

Adaptado de Johnson et al. (1986)

10.2.1.7. Eficiência

Em determinadas situações, a insetigação é tão eficiente quanto os demais métodos de aplicação de inseticidas. Wyman e Walgenbach (1984) compararam a eficiência da pulverização tratorizada, costal-manual e via pivô central, utilizando o inseticida acephate, para o controle de *Empoasca fabae* em batata. Verificou-se eficiência equivalente dos métodos de aplicação para o controle daquela praga (Tabela 10.2).

TABELA 10.2. Controle da *Empoasca fabae* em batata, com acephate (1,21 kg i.a.) utilizando diferentes métodos de aplicação.

Método de aplicação	Nº médio de cigarrinhas mortas (Dias após a aplicação)	
	1	9
Trator	85	5
Costal manual	71	11
Pivô central	57	2
Testemunha	113	90

Fonte: Wyman e Walgenbach (1984)

Resultados semelhantes foram obtidos com a comparação entre a aplicação aérea e insetigação, para o controle de *Schizaphis graminum* em sorgo (Tabela 10.3).

10.2.2. Desvantagens

A insetigação apresenta algumas desvantagens, destacadas por Johnson et al. (1986):

10.2.2.1. Segurança

É considerada segura para os operadores do sistema. Entretanto, em caso de pane no sistema de irrigação, existe sempre um risco potencial de contaminação ambiental, devido ao fluxo invertido e retorno de algum químico para o manancial de água. Esse risco acentua-se quando utiliza-se a pressão negativa da motobomba para injeção da calda inseticida. Quando

TABELA 10.3. Controle de *Schizaphis graminum* em sorgo.

Inseticida	Dose (kg i.a./ha)	Eficiência de controle (%)		
		Dias após o tratamento		
		3	7	14
			Aérea	
Chlorpyrifos (4E)	0,56	99	99	99
	0,28	78	80	63
	0,14	83	85	55
Carbofuran (4F)	0,56	98	99	99
Testemunha	-	-	-	-
			Insetigação	
Chlorpyrifos (4E)	0,56	96	99	-
	0,28	95	99	-
	0,14	91	99	-
Testemunha	-	-	-	-

Fonte: Bynum et al. (1985)

o depósito está em nível superior ao do ponto de injeção, a calda inseticida pode retornar para o local da captação da água. Nesse caso, a contaminação da água dependerá da qualidade e da eficiência da válvula de segurança em reter a calda inseticida.

10.2.2.2. Custos

O sistema de irrigação é onerado por custos adicionais de equipamentos utilizados na insetigação, que são basicamente constituídos pela bomba injetora, depósito ou tanque e sistema de segurança. Esses custos podem variar, de acordo com as características dos equipamentos, de US\$ 2.000 a US\$ 13.000.

10.2.2.3. Manejo

Embora a operação do sistema para aplicação de inseticidas seja relativamente simples, necessita-se de pessoal capacitado para se obter um bom manejo. A eficiência do controle da praga e a segurança da aplicação dependerão dos conhecimentos do operador com relação ao equipamento, do inseticida utilizado, de fatores climáticos e suas inúmeras interações.

10.3. UTILIZAÇÃO DA INSETIGAÇÃO

A insetigação tem sido utilizada com sucesso para o controle de pragas em várias culturas; entretanto, existem exemplos de insucessos, indicando que o método não se aplica a todas as condições. Uma relação de culturas em que as pragas foram controladas através da insetigação é mostrada na Tabela 10.4, elaborada com base em diversos trabalhos sobre insetigação.

Young et al. (1984) apresentaram um lista (Tabela 10.5) de inseticidas que têm sido empregados com sucesso na insetigação.

TABELA 10.4. Insetos controlados com defensivos aplicados via irrigação por aspersão.

Culturas	Insetos Controlados
Brócoli, repolho, couve-flor	<i>Trichoplusia ni</i> , <i>Pieris rapae</i> , <i>Plutella xylostella</i>
Milho	<i>Helicoverpa zea</i> , <i>Spodotera frugiperda</i> , <i>Ostrinia nubilalis</i> , <i>Diatraea grandiosella</i> , <i>Oligonychus pratensis</i> , <i>Elasmopalpus lignosellus</i> , <i>Diabrotica virgifera</i>
Algodão	<i>Anthonomus grandis</i> e lagartas de lepidópteros em geral
Curcubitáceas	<i>Diabrotica</i> spp, <i>Diaphania nitidalis</i>
Feijão-fava	<i>Heliothis</i> spp, <i>Nezara viridula</i>
Amendoim	<i>Heliothis</i> spp, <i>Spodoptera frugiperda</i> , <i>tripes</i> e <i>cigarrinhas</i>
Feijão - Vagem	<i>Tripos</i>
Sorgo	<i>Helicoverpa zea</i> , <i>Spodoptera frugiperda</i> , <i>Schizaphis graminum</i>
Ervilha	<i>Elasmopalpus lignosellus</i> , <i>Bruchus pisorum</i> , <i>Chalcodermus aeneus</i>
Batatinha	<i>Empoasca fabae</i>
Soja	<i>Heliothis</i> spp, <i>Pseudoplusia includens</i> , <i>Anticarsia gemmatalis</i> , <i>Percevejos</i>
Espinafre	<i>Listroderes costirostris obliquus</i> , <i>Lygus lineolaris</i> , <i>Hellula rogatalis</i> , <i>Liriomyza sativae</i> , <i>Agrotis ipsilon</i>
Fumo	Lagartas de lepidópteros em geral e Afídeos
Tomate	<i>Heliothis</i> spp, <i>Tetranychus urticae</i> , <i>Macrosiphum euphorbiae</i>
Nabo	<i>Plutella xylostella</i> e Afídeos

Os primeiros inseticidas registrados na Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, para esse método de aplicação, foram o chlorpyrifos e o carbaryl. Atualmente, muitos outros estão registrados e são utilizados no manejo de pragas de várias culturas (Tabela 10.6).

TABELA 10.5. Inseticidas utilizados com sucesso na insetigação.

Nome comercial	Princípio ativo	Formulações
Lorsban	Chlorpyrifos	TÉC., 4 E
Gardona	Stirofos	4 F
Sevin	Carbaryl	80 S, 4 Óleo
Boldstar	Sulprofos	6 CE
Larvin	Thiodicarb	4F, Óleo
Pydrin	Fenvalerate	TÉC., 2, 4 CE
Ammo, Cymbush	Cypermethrin	TÉC., 2,0 CE, 4 Óleo, 3 CE
Orthene	Acephate	75 S
Comite	Propargite	6 CE
Kelthane	Dicofol	1,6 CE
Ambush, Pounce	Permethrin	TÉC., 3,2 CE, 2 CE
Disyston	Disulfoton	8 E
Thiodan	Endosulfan	2 E
Toxaphene	Toxaphene	TÉC., 8 CE
Furadan	Carbofuran	4 F
Methyl Parathion	Parathion Metílico	TÉC., 4 CE
Mesuroil	Methiocarb	75 PM
Malathion	Malathion	TÉC., 4 E
Diazinon	Diazinon	4 E

Fonte: Young et al. (1984)

TABELA 10.6. Inseticidas registrados para insetigação, no Estado do Texas, EUA.

Inseticidas (i.a.)	Culturas
Fenvalerate	Milho, algodão, girassol, soja, amendoim
Cypermethrin	Algodão
Permethrin	Milho, algodão, soja
Chlorpyrifos	Milho, algodão, sorgo, soja, alfafa, amendoim,
<i>Bacillus thuriangiensis</i>	Milho, algodão
Cyfluthrin	Algodão
Omite	Milho
Parathion metílico	Milho, algodão, soja, trigo, alfafa
Carbaryl	Milho, algodão, sorgo, girassol, soja, trigo, alfafa, amendoim
Thiodicarb	Algodão, soja

Fonte: CLAMARY (s/d)

10.4. SISTEMAS DE APLICAÇÃO

A insetigação pode ser realizada através dos sistemas de irrigação por gotejamento, autopropelido, lateral portátil e pivô central. Sharaf et al. (1984) utilizaram eficientemente o método de gotejamento na aplicação de pirimiphos metílico, para o controle da mosca-branca, *Bemisia tabaci*, em tomate. Segundo Threadgill (1991 a), o método de gotejamento é prático somente para o controle de insetos do solo e com inseticidas sistêmicos. Um importante aspecto levantado sobre o método de gotejamento são os resultados bastante diferentes para regiões úmidas e áridas. Nestas, o desenvolvimento das raízes das plantas é limitado à zona molhada pelo gotejamento, sendo o inseticida colocado no local desejado, ou seja, na região do sistema radicular. Nas regiões úmidas, as raízes geralmente excedem a área molhada pelo gotejamento e não são protegidas pelo inseticida, resultando um controle ineficiente da praga. Outros fatores que podem afetar a insetigação por gotejamento são a solubilidade do inseticida em água e a sua adsorção nas partículas do solo. Esses fatores influenciam na uniformidade da eficiência desse sistema de aplicação.

De acordo com Threadgill (1991), contrastando com a irrigação por gotejamento, o sistema por aspersão é excepcionalmente bem adaptado à insetigação, sendo todos os tipos de químicos potencialmente aplicáveis através desse sistema, que propicia uma alta uniformidade de distribuição dos pesticidas. Entre os sistemas de aspersão, destacam-se pela sua larga utilização na insetigação os equipamentos laterais portáteis e os pivôs centrais.

10.5. PARÂMETROS RELEVANTES NA INSETIGAÇÃO

Para se obter uma boa eficiência na insetigação e evitar riscos ambientais, devem-se considerar os seguintes aspectos:

10.5.1. Seleção de inseticidas

As pragas alimentam-se de diferentes regiões das plantas, como: folhas, colmo, espigas, panículas, raízes e frutos. O ataque em cada uma dessas regiões pode requerer uma determinada formulação do inseticida, visando maior eficiência no controle. A aplicação de inseticidas visando o controle de pragas da parte aérea (folhas, colmos e espigas) tem sido a mais estudada para insetigação (Meeks e Anderson 1984; Pilcher e Pairs 1984; Young 1980; Witkowski et al. 1985; Threadgill 1991 b; Viana e Costa 1992 a). Entretanto, resultados indicam que algumas formulações utilizadas para pragas da parte aérea da planta também controlam certas pragas do solo, como *E. lignosellus* (Young e Chalfant 1985; Johnson et al. 1986; Viana e Costa 1992 b) e larva de *Diabrotica virgifera* (Raun 1981). Segundo

Threadgill (1991 b), a formulação para o controle efetivo de pragas subterrâneas provavelmente requer as mesmas características de determinados herbicidas quanto à solubilidade em água, umidade do solo precedendo a aplicação, quantidade de água aplicada, tipo de solo e química do inseticida propriamente dita. Embora exista pouca informação sobre o controle de pragas que danificam o sistema radicular de plantas, utilizando a insetigação, Threadgill et al. (1990) relatam que ele é eficiente quando se utiliza a formulação correta do inseticida e o volume adequado de água para o tipo específico de solo, levando-se em consideração a umidade do solo no momento da aplicação.

A solubilidade do inseticida em água é um aspecto preponderante na insetigação. No início dos trabalhos com esse método, Young (1980) relatou que inseticidas insolúveis em água eram os mais eficientes no controle de pragas e que a eficácia de alguns inseticidas poderia aumentar com a adição de um óleo não-emulsificante. Segundo Silveira et al. (1987), os inseticidas solúveis em água são lavados da folhagem durante a irrigação e caem no solo, reduzindo a eficiência do controle das pragas da parte aérea. Já os inseticidas insolúveis em água e solúveis em óleo são mantidos em gotículas encapsuladas, sem perder a sua identidade na água. Na aplicação, aderem às partes aéreas das plantas e ao corpo (cutícula) do inseto, aumentando a sua eficiência. Vários estudos foram conduzidos e confirmaram o aumento da eficiência dos inseticidas misturados ao óleo vegetal bruto ou óleo mineral (Young et al. 1985; Cochram et al. 1985; Young et al. 1981; Buschman et al. 1985;). Pesquisas realizadas na Geórgia, EUA, citadas por CLAMARY (s/d), sugerem que o óleo reduz a lavagem do inseticida da planta. Entretanto, para inseticidas que, devido à natureza química, têm baixa solubilidade em água, como, por exemplo, os piretróides e o inseticida chlorpyrifos, a adição de óleo nem sempre é necessária (CLAMARY s/d).

Os óleos utilizados na insetigação são preferencialmente óleos vegetais brutos (algodão, soja, amendoim), refinados no máximo uma vez, e óleos derivados de petróleo, ambos sem emulsificante. A proporção inseticida/óleo é de 1:1.

Alguns resultados de pesquisa têm mostrado que nem sempre a mistura de óleo na insetigação aumenta a eficiência de controle de uma determinada praga. Viana e Costa (1994) não encontraram diferença na eficiência do inseticida chlorpyrifos CE misturado com óleo de soja bruto visando o controle de *Spodoptera frugiperda* em milho, comparado com o mesmo inseticida sem óleo (Tabela 10.7). Wauchope et al. (1991), comparando a deposição, mobilidade e persistência do inseticida chlorpyrifos formulado com emulsificante e o mesmo princípio ativo

TABELA 10.7. Eficiência de inseticidas misturados em óleo vegetal, aplicados via irrigação por aspersão, no lateral portátil, para o controle da *Spodoptera frugiperda* em milho. Lâmina d'água de 6 mm, 1992. CNPMS, Sete Lagoas, MG, 1994¹.

Inseticidas	Dose (g i.a./ha)	Eficiência de controle (%) ²	
		3 DAP ³	10 DAP
Chlorpyrifos	288	89,6 a ⁴	88,8 a
Fenvarelate	60	52,3 bc	41,1 bc
Carbaryl	1105	62,5 b	22,5 c
Diazinon	480	41,8 cd	19,1 c
Chlorpyrifos + óleo veg.	288 + 1,5 l ⁵	63,8 b	61,1 b
Carbaryl + óleo veg.	1105 + 1,5 l ⁵	28,5 d	24,7 c
Fenvarelate + óleo veg.	60 + 1,5 l ⁵	39,5 cd	24,4 c
Diazinon téc + óleo veg.	480 + 1,5 l ⁵	37,5 d	29,7 c
Óleo vegetal	1,5 l ⁵	3,1 e	3,1 d
Testemunha (água)	-	-	-
CV(%)		10,23	21,46

¹Dados transformados em arco seno $\sqrt{X/100}$ para análise de variância

²Calculada pela fórmula de Henderson e Tilton (1955).

³DAP - dias após a aplicação dos inseticidas

⁴Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

⁵Dose de óleo bruto de soja /ha

dissolvido em óleo de soja e aplicado em lâminas de 2,5 e 12,7 mm de água, concluíram que o volume de água e subseqüentes irrigações não afetaram os resíduos do inseticida nas folhas do milho ou no solo. A formulação técnica do inseticida com óleo de soja resultou três vezes mais chlorpyrifos sobre a folhagem do que a emulsão. Young et al. (1984), em estudos visando o controle de *Helicoverpa zea* e *S. frugiperda* em milho, utilizando inseticidas com e sem óleo na mistura, demonstraram que a presença de um emulsificante na formulação injetada na insetigação reduziu o controle dos insetos, mesmo com a adição do óleo. Este fato leva a crer que as formulações utilizadas na insetigação necessitam ser diferenciadas das pulverizações convencionais, indicando um grande potencial para a melhoria da eficiência, com o desenvolvimento de formulações específicas para a insetigação.

As doses dos inseticidas aplicados na insetigação são, na maioria das vezes, as mesmas utilizadas em pulverizações pelos métodos convencionais (tratorizada ou costal). Observando a evolução da insetigação, verifica-se que as primeiras avaliações de inseticidas para esse método basearam-se nos ativos que apresentavam eficiência comprovada através de pulverização para o controle de determinada praga (Young et al. 1984; Chalfant e Young 1984; Witkowski et al. 1985; Viana e Costa 1992 a). Para a insetigação, a concentração do inseticida é drasticamente reduzida, em comparação com uma pulverização convencional. Enquanto na pulverização utiliza-se, em média, um volume entre 200 e 300 ℓ da calda por hectare, na insetigação o volume tem variado de 25.000 a 100.000 ℓ/ha. Isto pode aparentar uma desvantagem da insetigação em relação à pulverização, porém, na prática, em alguns casos torna-se uma vantagem. Embora menos concentrado, o inseticida atinge o local onde a praga está localizada mais eficientemente do que na pulverização. Isso explica porque os maiores sucessos da insetigação têm ocorrido em plantas com arquitetura parecida com a do milho, semelhante a um cálice, a qual favorece a captação da calda inseticida no cartucho e nas bainhas das folhas. Os trabalhos conduzidos por Viana e Costa (1989 e 1992 a) para o controle da *S. frugiperda* em milho, com os inseticidas registrados para essa cultura, mostraram eficiência de controle variando de 86,9 a 98,2%, para o inseticida chlorpyrifos. Inseticidas como o fenvalerate, carbaryl e diazinon também apresentaram boa eficiência de controle dessa praga (Tabela 10.8).

Várias outras pragas da parte aérea das plantas também foram controladas através da insetigação (Chalfant e Young 1984; Witkowski et al. 1986). Peters e Lowry (1991) e Viana e Costa (1992 b) mostraram que algumas pragas subterrâneas também são controladas pela insetigação. Os resultados obtidos por Viana e Costa (1992 b) mostraram que a lagarta *E. lignosellus* é controlada, na cultura do milho, com o inseticida chlorpyrifos aplicado em uma lâmina de água de 10 mm (Tabela 10.9).

10.5.2. Volume e qualidade da água

A seleção da quantidade de água a ser aplicada na insetigação depende de vários fatores, destacando-se os aspectos relacionados à biologia da praga a ser controlada, os quais podem ser limitantes. Para o controle de pragas subterrâneas, o inseticida é conduzido através do solo pela água de irrigação até atingir a praga. Segundo Dowler et al. (s/d), são fatores de grande importância para a quimigação a avaliação da umidade

TABELA 10.8. Relação dos inseticidas mais eficientes, via irrigação por aspersão, para o controle da lagarta-do-cartucho no milho, *Spodoptera frugiperda*. CNPMS, Sete Lagoas, MG, 1992.

Tratamentos	Dose ¹ (g i.a./ha)	Eficiência de controle ² (%)	
		3 DAP ³	15 DAP
Chlorpyrifos	288	86,9 - 98,2 ⁴	41,8 - 82,3
Fenvalerate	200	78,7	59,9
Carbaryl	1.105	84,0	51,0
Diazinon	480	83,4	51,0

¹Aplicada em uma lâmina de 6mm de água

²Calculada pela fórmula de Henderson e Tilton (1955)

³DAP - dias após a aplicação dos inseticidas

⁴Mínima e máxima eficiência no período dos testes.

TABELA 10.9. Percentagem de plantas de milho atacadas por *Elasmopalpus lignosellus* em parcelas tratadas com inseticidas via água de irrigação por aspersão¹. CNPMS, Sete Lagoas, MG, 1990.

Inseticidas	Doses (g i.a./ha)	Plantas atacadas (%) ²
Chlorpyrifos	480	9,4 a ³
Methomyl	322,5	30,7 b
Fenitrothion	750	34,3 bc
Diazinon	480	42,1 bc
Trichlorfon	750	43,8 bc
Testemunha	-	46,8 c
CV (%)		13,15

¹Lâmina de água = 10mm

²Dados transformados em arco seno $\sqrt{X/100}$ para análise de variância

³Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

do solo e a estimativa da distância que o químico percorre no solo durante a irrigação. Os inseticidas e outros pesticidas se movem somente numa porção da distância percorrida pela água no solo. Se a água é aplicada em excesso, o inseticida pode ficar abaixo da região do ataque da praga. Em

caso contrário, pode ficar superficialmente e ser decomposto por raios ultravioleta ou perdido por volatilização. Portanto, são complexos os fatores que influenciam a eficiência da insetigação. Dependerá do tipo de solo, umidade, adsorção do inseticida por matéria orgânica, argila etc.

A insetigação foliar impõe cuidados especiais, que, de acordo com Chalfant e Young (1982), estão centrados basicamente na formulação do inseticida. Segundo os autores, a lâmina de água para uma irrigação normal varia de 5 a 25 mm por hectare, descendo, em casos especiais, para 2,5mm. Viana e Costa (1988/89, não publicado) não encontraram efeito de lâminas de água de 3 ou 6 mm sobre a eficiência dos inseticidas chlorpyrifos e methomyl, para o controle da *S. frugiperda* em milho. Para o controle de *H. zea* em milho, com carbaryl - 4 - óleo, o trabalho de Young et al. (1981) mostrou diferença entre lâminas de água de 2,5 e 3,8 mm utilizadas na insetigação. Esses resultados possivelmente são afetados pelo local da planta onde os insetos causam os danos, devendo cada caso ser analisado separadamente. Para evitar que os inseticidas sejam lavados da folhagem para o solo, Chalfant e Young (1982) recomendam evitar formulações de inseticidas solúveis em água e utilizar preferencialmente os solúveis em óleo, sem emulsificante.

Em determinadas condições climáticas, torna-se necessário irrigar a cultura em espaço relativamente curto após a insetigação. Nesse caso, a persistência do inseticida dependerá da formulação, que será afetada pela fotólise, hidrólise e pelo metabolismo da planta (Wauchope et al. 1991). McDowell et al., citado por Wauchope et al. (1991), estudando o efeito da lavagem dos inseticidas toxaphene, parathion metílico, EPN e fenvalerate por precipitação ocorrida duas horas após a aplicação, concluíram que somente 5 a 10% do toxaphene foi lavado, sendo que os demais inseticidas foram de 40 a 90% lavados. Wauchope et al. (1991) não encontraram efeito de lâminas de irrigação de 2,5 e 12,7 mm de água, após a insetigação, sobre o resíduo do inseticida chlorpyrifos, em folhas de milho e no solo. Entretanto, a formulação técnica misturada com óleo de soja resultou em três vezes mais produto nas folhas do que a formulação concentrado emulsional.

A qualidade da água também pode afetar a eficiência da insetigação. Segundo CLAMARY (s/d), isto é particularmente importante para grandes áreas insetigadas ou quando grandes volumes de água são aplicados e a calda inseticida permanece no tanque por vários dias até que a aplicação termine. Certos inseticidas, particularmente alguns organofosforados, podem perder a sua atividade por hidrólise alcalina. Em regiões onde a água é alcalina, deve-se observar o rótulo para selecionar o inseticida correto. Caso contrário, recomenda-se utilizar aditivos durante a insetigação.

10.5.3. Pressão de aplicação e velocidade do fluxo de água

Entre os fatores descritos por Threadgill (1991 b) que afetam a distribuição de químicos, destacam-se o tipo de injeção da calda, os tipos de aspersores e a velocidade da água dentro da tubulação de irrigação. Buschman et al. (1985) compararam a eficiência de três inseticidas aplicados via pivô central, utilizando aspersores de baixa e alta pressões, visando o controle de *O. nubilalis* e *D. grandiosella* em milho. Concluíram que a melhor eficiência de controle foi obtida com os aspersores de alta pressão. O trabalho realizado por Young (1984), para o controle de *S. frugiperda* e *H. zea* em milho, não mostrou diferença para tipos de aspersores e sistema de pressão utilizados no desempenho de inseticidas. Dowler et al (s/d) recomendam avaliar a pressão operacional, o tipo e a taxa de injeção do químico no sistema de irrigação para cada caso de quimigação.

Cochran et al. (1985) e Groselle et al. (1986) relataram que a pressão de operação e o diâmetro do bico do aspersor podem mudar significativamente o diâmetro da gota na insetigação. Segundo Sumner et al. (1992), o tamanho da gota que cai sobre a planta influencia a quantidade e distribuição do inseticida retido nas folhas, resultando no efetivo controle da praga. O trabalho realizado por Wofford et al. (1987) mostrou que o efeito do tamanho das gotas na eficiência do inseticida varia com a formulação, sendo importante para a mistura inseticida/óleo vegetal.

A velocidade do fluxo de água dentro da tubulação também afeta a eficiência da insetigação. Sumner et al. (1991) concluíram que o controle de *S. frugiperda* em milho foi mais eficiente, com o inseticida chlorpyrifos, quando a velocidade da água na tubulação foi de 2,7 m/s do que a 0,9 m/s, indiferentemente do tipo de aspersor utilizado. Segundo Threadgill (1991), a velocidade do fluxo de água tem pouca influência sobre formulações solúveis em água e muita sobre formulações solúveis em óleo. A explicação mais aceita é que a velocidade do fluxo decresce com o aumento da distância do ponto de injeção, reduzindo a distribuição homogênea do químico na tubulação (Sumner et al. 1992). Chandler e Sumner (1991) também observaram que velocidade de água inferior a 1,1 m/s no ponto de injeção pode não ser suficiente para "quebrar" as gotículas de óleo com inseticida, permitindo que gotas maiores flutuem na água e saiam pelos aspersores mais próximos à base do pivô. Em insetigação realizada em milho doce, com a velocidade da água em 1,1 m/s, utilizando um pivô com torre de 48 m e aspersores de impacto, foi colocado mais inseticida próximo à base do pivô do que ao longo da torre, resultando em um controle desuniforme da praga.

10.5.4. Compatibilidade de produtos na quimigação

Em um sistema de produção, é comum coincidir a época de aplicar, por exemplo, um fertilizante e a necessidade de realizar o controle de uma praga. Observações realizadas por Young e Chalfant (1985) indicaram que os inseticidas chlorpirifos, permethrin e fenvalerate podem ser aplicados com fertilizantes nitrogenados na mesma água de irrigação, desde que sejam injetados independentemente. Young (1986) obteve um excelente controle de *S. frugiperda* e *H. zea* em milho, misturando o inseticida chlorpirifos com um dos piretróides, permethrin, fenvalerate ou cypermethrin. Entretanto, devido ao grande número de inseticidas existentes no mercado, e à quase inexistência de trabalhos sobre a compatibilidade de inseticidas com outros químicos, quando injetados simultaneamente ou em mistura no tanque, tem-se evitado esse tipo de aplicação.

10.6. PRECAUÇÕES NA INSETIGAÇÃO

Como em todo controle de pragas, o ativo, no caso específico, o inseticida, é um agente tóxico para organismos vivos e tem que ser manuseado com as devidas precauções, para evitar efeitos negativos ao homem, aos animais e ao meio ambiente. Na utilização da insetigação, deve-se precaver contra as seguintes situações:

10.6.1. Aplicações indiscriminadas de inseticidas

Como o método apresenta diversas vantagens, incluindo custos reduzidos e maior flexibilidade da época de aplicação, pode haver estímulo ao uso indiscriminado de inseticidas. Isto ocorre com a utilização de insetigação de acordo com um calendário pré-determinado de aplicação ou quando se constata alguns insetos na lavoura. Como em qualquer método de aplicação de inseticidas, a decisão de realizar o controle deve basear-se em informações sobre a população da praga que causa dano à cultura.

10.6.2. Inseticidas inflamáveis

A maioria dos inseticidas possui agentes inflamáveis em sua formulação. Quando se utiliza o sistema de pressão negativa da bomba para insetigação, os inseticidas invariavelmente são manuseados ou armazenados na casa de bomba, ficando sujeitos a uma faísca, que pode ocasionar incêndio. No caso de se utilizar uma bomba injetora na base do pivô, deve-se ter o cuidado de não manusear o inseticida próximo de partes elétricas do sistema.

10.6.3. Fluxo invertido

Existe grande risco de contaminação ao se utilizar a pressão negativa da bomba na aplicação, quando a possibilidade de ocorrer fluxo invertido é maior. Deve-se lembrar que alguns inseticidas do grupo de piretróides são altamente tóxicos para os peixes, embora nenhum inseticida deva contaminar os mananciais de água. A segurança dos equipamentos disponíveis no mercado e a sua eficiência em evitar o retorno do químico para o local de captação da água estão relacionadas com o seu custo.

10.6.4. Deriva

Não aplicar os inseticidas quando a velocidade e a direção do vento proporcionarem deriva para áreas adjacentes. A deriva pode causar efeito fitotóxico para outras culturas e intoxicar pessoas e animais.

10.6.5. Não entrar em área tratada

Recomenda-se deixar pelo menos a folhagem secar antes de entrar em uma área tratada.

10.7. PERSPECTIVAS PARA O FUTURO

A quimigação é um método eficiente para o incremento da produção agrícola e é particularmente bem adaptada à aplicação via irrigação por aspersão. Desde o início de sua utilização, a insetigação, ou mesmo a quimigação, tem adaptado tecnologias existentes, tanto na parte de equipamentos ou dos químicos a serem aplicados. No futuro, novas formulações de inseticidas deverão ser desenvolvidas para uso na insetigação, visando obter maior eficiência no controle das pragas. Pesquisas deverão ser conduzidas objetivando reduzir a quantidade de inseticidas aplicados, custos e contaminação ambiental. A indústria deverá desenvolver equipamentos de alta eficiência, tanto para irrigação quanto para quimigação. Melhoria de eficiência de controle de pragas poderá ser obtida com novos aspersores, tanques e depósitos para a mistura da calda inseticida e microprocessador para o controle da irrigação e injeção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUSCHMAN, L. L.; LAMM, F. R.; SLODERBECK, P. E.; DICK, G. L. Chemigation in corn: effects of nonemulsifiable oils and sprinkler package on the efficacy of corn borer (*Lepidoptera: Pyralidae*) insecticides. *Journal of Economic Entomology*, v.78, n 6, p. 1331 - 1336, 1985.

- BYNUM, E.D.; ARCHER, T.L. ; LYLE, W.M.; BORDOVSKY, J.P. Aerial and multifunction irrigation System greenbug control. In: NATIONAL SYMPOSIUM ON CHEMIGATION, 3., 1985, Tifton, Georgia. **Proceedings...**, Tifton, Georgia, University of Georgia, 1985, p. 122 - 126.
- CHALFANT, R. B.; YOUNG, J. R. Chemigation, on application of insecticide through overhead sprinkler irrigation systems, to manage insect pests infesting vegetable and agronomic crops. **Journal of Economic Entomology**, v.75, n. 2, p. 237 - 241, 1982.
- CHALFANT, R. B.; YOUNG, J. R. Vegetables: Control of the cowpea curculio, tomato fruitworm and cabbage looper on southern pea, tomato and collards, respectively, by chemigation of insecticides (insectigation). In: NATIONAL ENTOMOLOGICAL SOCIETY MEETINGS, Section F: Conference: Chemigation of Insecticide as an Application Technique for Insect Control, San Antonio, Texas, 1984. **Proceedings...** Tifton, Georgia, USDA, 1984. p. 13 - 17.
- CHANDLER, L. D.; SUMNER, H. R. Effects of various chemigation methodologies on the suppression of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in corn. **Florida Entomologist**, v. 74, n. 2, p. 270 - 279, 1991.
- CLAMARY. **Insectigation: application of insecticides with center pivot irrigation systems.** Fressenville, France s.d. p. 1 - 5.
- COCHRAN, D. L.; THREADGILL, E. D.; YOUNG, J. R. **Effects of pressure and sprinkler orifice diameter on oil-formulated insecticides used in chemigation.** St. Joseph, MI.: ASAE, 1985. (ASAE Paper, 85-2577).
- DOWLER, C.C.; FRITZ, C. D.; JOHNSON, A. W.; NEWTON, G.; OVERMAN, A.J.; RAUN, E. S.; SANTO, G. S; YOUNG, J. R. **Guidance for pesticide and plant growth regulator product performance testing through irrigation systems.** Lincoln University of Nebraska, IANR, s/d, 22 p.
- GROSELLE, D. E.; STANSELL, J. R.; YOUNG, J. .R. Effects of infection parameters on the droplet size of an oil formulated insecticide during chesmigation. **Transactions of the ASAE**, v. 29, n. 4, p. 1065 - 1068, 1986.
- HENDERSON, C.F.; TILTON, E.W. Tests with acaricides against the brown wheat mite. **Journal of Economic Entomology**, v.48, n.2, p.157-161, 1985.
- JOHNSON, A.W.; YOUNG, J.R. ; THREADGILL, E.D.; DOWLER, C.C.; SUMNER, D.R. Chemigation for crop production management. **Plant disease**, v. 70, n. 11, p. 998-1004, 1986.

- MEEKS, D.; ANDERSON, R. E. Insectigation trial for control of the Southwestern corn borer, *Diatraea grandiosella* (Dyar) on field corn in the high plains. In: NATIONAL ENTOMOLOGICAL SOCIETY MEETINGS, Section F. Conference: Chemigation of Insecticides as an Application Technique for Insect Control, San Antonio, Texas, 1984. **Proceedings...** Tifton, Georgia, USDA, 1984. p. 33 - 35.
- METCALF, C.L.; FLINT, W.P.; METCALF, R.L. The application of insecticides. In: DESTRUCTIVE AND USEFUL INSECTS. New York: Mc Graw-Hill, 1962.p. 427-61.
- PALMER, R.E. How to do everything with a sprinkler. **Agrichemical West**, V.5, p.7-8, 1964.
- PETERS, L. L.; LOWRY, S. R. Western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) larval control with chlorpyrifos applied at planting time versus a post - planting chemigation application to corn grown under two different tillage systems. **Journal of the Kansas Entomological Society**, v. 64, n. 4, p 451 - 454, 1991.
- PILCHER, S.; PEAIRS, F. Extension`s experience with insectigation in Colorado: Equipment, oil-aditive and control of European corn borer and Western bean cutworm in field corn . In. NATIONAL ENTOMOLOGICAL SOCIETY MEETINGS, Section F. Conference: Chemigation of Insecticides as an Application Technique for Insect Control, San Antonio, Texas, 1984. **Proceedings...** Tifton, Georgia, USDA, 1984. p. 24 - 29
- RAUN, E. S. Five years of insectigation on the Great Plains. In: NATIONAL SYMPOSIUM ON CHEMIGATION, 1981, Tifton, Georgia. **Proceedings...** Tifton, Georgia, University of Georgia. 1981, p. 52 - 55.
- SHARAF, N. S.; AL-MUSA, A. M.; NAZER, I. K. Control, of tomato yellow , leaf curl virus in Jordan. I. Effect of two irrigation regimes alone or in combination with pirimiphos-methyl on whitefly (**Bemisia tabaci Genn.**) population and the incidence of tomato yellow leaf curl virus. **Journal of Plant Diseases and Protection**, V. 91, n. 4, p. 404 - 410, 1984.
- SILVEIRA, R. C.; HILLS, D. J.; YATES, W. E. Insecticide oil distribution pattern from a linear move spray head. **Transactions of the ASAE**, v. 30, n. 2, p. 438 - 441, 1987.
- SUMNER, H. R.; BOUSE, L. F; YOUNG, J. R. Size distribution of oil - formulated pesticide droplets in chemigation. **Transactions of ASAE**, v. 35, n. 5, p. 1527 - 1530, 1992
- SUMNER, H. R.; CHALFANT, R. B.; COCHRAN, D. Influence of chemigation parameters on fall armyworm control in field corn. **Florida Entomologist**, v. 74, n. 2, p. 280 - 287, 1991.

- THREADGILL, E. D. Advances in irrigation, fertigation and chemigation. In: EXPERT CONSULTATION ON FERTIGATION/CHEMIGATION, 1991, Cairo. **Proceedings ...** Rome: FAO, 1991a. p. 30 - 44.
- THREADGILL, E. D. Chemigation and plant protection. In: EXPERT CONSULTATION ON FERTIGATION, CHEMIGATION, 1991, Cairo. **Proceedings...** Rome, FAO 1991b. p. 136 -155.
- THREADGILL, E.D.; EISENHAUER, D.E.; YOUNG, J. R.; BAR-YOSEF, B. Chemigation. In : MANAGEMENT OF FARM IRRIGATION SYSTEMS. Joseph, M.I.: American Society of Agricultural Engineers, 1990. p. 749 - 780.
- VIANA, P. A.; COSTA, E. F. da. Controle da lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho, com inseticidas aplicados via irrigação por aspersão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 12, 1989, Belo Horizonte, MG. **Resumos...** s.l,SEB, 1989. p. 295.
- VIANA, P. A.; COSTA, E. F. da. Controle da lagarta elasmô, *Elasmopalpus lignosellus*, com inseticidas aplicados via irrigação por aspersão, na cultura do milho. **Relatório Técnico Anual EMBRAPA/CNPMS, 1988 - 1991.** p. 45, 1992.
- VIANA, P. A.; COSTA, E. F. da. Controle da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*, com inseticidas via irrigação por aspersão, na cultura do milho. **Relatório Técnico Anual EMBRAPA/CNPMS, 1988 - 1991.** p. 45, 1992.
- VIANA, P. A.; COSTA, E. F. da. **Efeito de lâminas de água via irrigação por aspersão sobre a eficiência dos inseticidas chlorpirifos e methomyl para o controle da *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho.** Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, 1988/89 (não publicado).
- VIANA., P. A.; COSTA, E. F. da. Eficiência de inseticidas misturados em óleo vegetal aplicados via irrigação por aspersão para o controle da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* em milho. **Relatório Técnico Anual EMBRAPA/CNPMS, 1992-1993,** p. 139, 1994.
- WAUCHOPE, R. D., YOUNG, J. R.; CHALFANT, R. B.; MARTI, L. R.; SUMNER, H. R. Deposition, mobility and persistence of sprinkler-irrigation-applied chlorpyrifos on corn foliage and in soil. **Pesticide Science,** v. 32, p. 235 - 243, 1991.
- WITKOWSKI, J. F.; BARBER, D. T.; CURRIER, D. R. Control of first-generation European corn borer (Lepidoptera Pyralidae) larvae in Nebraska by applying insecticides by center-pivot irrigation systems. **Journal of Economic Entomology,** v. 79, n6. p. 1595 - 1598, 1986.

- WITKOWSKI, J. F.; CURRIER, D. R.; BARBER, D. T. Center pivot applications of chlorpyrifos 4E for control of European corn borer in field corn in Nebraska. In: NATIONAL SYMPOSIUM ON CHEMIGATION, 3, 1985, Tifton, Georgia. **Proceedings** ... Tifton, Georgia: University of Georgia, 1985, p. 109 - 115.
- WOFFORD, J. T.; LUTTRELL, R. G.; SMITH, D. B. Relative effect of dosage, droplet size, deposit density, and droplet concentration on mortality of *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) larval treated with vegetable-oil and water sprays containing permethrin. **Journal of Economic Entomology**, v. 80, n. 2., p. 460 - 464, 1987.
- WYMAN, J. A. ; WALGENBACH, J.F. Extension's role in chemigation: chemigation trials for control of potato pests in Wisconsin. In: NATIONAL ENTOMOLOGICAL SOCIETY MEETINGS, Section F. Conference: Chemigation of Insecticides as an Application Technique for Insect Control, San Antonio, Texas, 1984. **Proceedings**...Tifton, Georgia: USDA, 1984. p. 18-23.
- YOUNG, J. R. Chemigation: application of insecticides in vegetable oils for control of foliar insects in corn. In: AG - CHEM. USES OF SOYBEAN OIL WORKSHOP. **Proceedings**... p. 59 - 61, 1984.
- YOUNG, J. R. Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) control through chemigation: an update. **Florida Entomologist**, v. 69, n. 3, p. 594 - 598, 1986.
- YOUNG, J. R. Suppression of fall armyworm populations by incorporation of insecticides into irrigation Water. **Florida Entomologist**, V. 63, p. 447 - 450, 1980.
- YOUNG, J. R.; CHALFANT, R. B. Insectigation: The application of insecticides in irrigation water. In: NATIONAL SYMPOSIUM ON CHEMIGATION, 3., 1985, Tifton, Georgia. **Proceedings** ... Tifton: University of Georgia, 1985. p.98-108
- YOUNG, J. R.; CHALFANT, R. B.; HERZOG, G. A. Role of formulations in the application of insecticides through irrigation systems. In: NATIONAL ENTOMOLOGICAL SOCIETY MEETINGS, Section F, Conference: Chemigation of Insecticides as an Application Technique for Insect Control, San Antonio, Texas, 1984. **Proceedings**... Tifton: Georgia: USDA, 1984. p. 2 - 11
- YOUNG, J. R.; KEISLING, T. C.; STANSELL, J. R. Insecticide application with sprinkler irrigation systems. **Transactions of the ASAE**, v. 24, n.1, p. 120 - 123, 1981.