

APLICAÇÃO DE HERBICIDAS PÓS-EMERGENTES VIA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO – REVISÃO¹

Applying Postemergence Herbicides Through Sprinkler Irrigation – Review

VIEIRA, R.F.², SILVA, A.A.³ e RAMOS, M.M.⁴

RESUMO - A herbificação (aplicação de herbicidas via irrigação) vem se expandindo no Brasil, embora os resultados de pesquisas de avaliação desta técnica sejam escassos e pouco conhecidos, principalmente quando ela é feita com herbicidas aplicados em condições de pós-emergência (PÓS) das plantas daninhas. O objetivo desta revisão foi fazer um levantamento das principais publicações científicas disponíveis relacionadas à aplicação de herbicidas de PÓS via irrigação por aspersão. Na maioria dos estudos revisados foi utilizado um simulador de irrigação por aspersão, e as doses de herbicidas empregadas na herbificação foram as mesmas utilizadas na aplicação convencional (pulverização). As lâminas de água empregadas na herbificação variaram de 1 a 14 mm (10.000 a 140.000 L ha⁻¹). Os herbicidas mais estudados por essa técnica e que foram eficazes no manejo de plantas daninhas são: bromoxynil, acifluorfen, fomesafen, lactofen e os herbicidas ariloxifenoxipropionatos. Os herbicidas atrazine, chlorsulfuron, dicamba, sethoxydim e triasulfuron participaram de pelo menos um estudo e apresentaram potencial de controle eficiente de plantas daninhas através da herbificação. Esses herbicidas têm pelos menos duas das seguintes características: baixa solubilidade em água, rápida absorção pela folhagem e absorção pelas raízes. A eficiência desses herbicidas não foi alterada ou foi pouco alterada pela variação de lâminas de água empregadas na herbificação. A mistura de óleo não-emulsificante com o herbicida antes da injeção na água de irrigação pode aumentar a deposição e retenção do produto na folhagem das plantas daninhas. Outros fatores que também podem afetar a eficiência desses herbicidas via água de irrigação são a qualidade da água e o horário de aplicação. Não foram eficazes na herbificação os herbicidas bentazon, glyphosate e paraquat. São herbicidas de alta solubilidade em água, sendo mais lentamente absorvidos pelos tecidos foliares e/ou não são absorvidos pelas raízes.

Palavras-chave: quimigação, herbificação, lâmina de água, óleo não-emulsificante.

ABSTRACT - Although herbigation (application of herbicides by irrigation) has increased in Brazil, the research results evaluating this technique are scarce and mostly unknown, especially when herbigation involves the use of postemergence (POST) herbicides. The objective of this review was to discuss the main articles related to POST herbicides applied through overhead sprinkler irrigation. In most of the studies revised a simulated sprinkler system was used and the herbicide rates applied through herbigation were the same used through conventional application (spraying). The amount of water used to apply a given herbicide varied from 1 to 14 mm (10,000 to 140,000 L ha⁻¹). The most studied herbicides which were effective when applied through herbigation are: bromoxynil, acifluorfen, fomesafen, lactofen and the aryloxyphenoxypropionate herbicides. The herbicides atrazine, chlorsulfuron, dicamba, sethoxydim, and triasulfuron, included in, at least, one study, showed potential for weed control through herbigation. These herbicides have, at least, two of the following properties: low water solubility, quick leaf absorption, and root absorption. Variation in the volume of water for herbigation had little or no effect on herbicide weed control effectiveness. In general, mixing a non-emulsified oil with the herbicide before the injection into irrigation water may increase deposition and retention of herbicides on the leaf surface. Other factors that can affect herbicide effectiveness applied via herbigation are water quality and application timing. Generally, the following herbicides are not weed control effective in herbigation: bentazon, glyphosate, and paraquat, since they have high solubility in water, being slowly absorbed by foliage and/or not absorbed by the roots.

Key words: chemigation, herbigation, amount of water, non-emulsified oil.

¹ Recebido para publicação em 12.8.2002 e na forma revisada em 12.12.2003.

² Eng.-Agr. Dr., Pesquisador da Embrapa/Epamig, Vila Gianetti, 47, 36571-000 Viçosa-MG; ³ Professor do Dep. de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa – UFV, Campus Universitário, 36571-000 Viçosa-MG; ⁴ Professor do Dep. de Engenharia Agrícola da UFV.



INTRODUÇÃO

Muitos agricultores estão usando o sistema de irrigação para aplicar agroquímicos misturados com a água. Esse método, chamado de quimigação, teve início na década de 1950 com a aplicação de fertilizante comercial via água de irrigação por aspersão (Bryan & Thomas, 1958). Quanto à aplicação de herbicidas via água de irrigação, o primeiro trabalho foi publicado por Lange et al. (1969), que trabalharam com os herbicidas trifluralin e nitrofen para o controle de plantas daninhas em cultivo de plantas ornamentais.

A quimigação pode ser realizada com todos os métodos de irrigação: superfície, aspersão e localizada. Nas irrigações por superfície e localizada apenas é possível aplicar agroquímicos que têm como alvo o solo. Na irrigação por aspersão a aplicação é feita em área total e os agroquímicos podem ter como alvo tanto o solo quanto a parte aérea das plantas, ou ambos. No primeiro caso estão os herbicidas aplicados em condições de pré-plantio incorporado (PPI) e em pré-emergência (PRÉ), os nematicidas, os fertilizantes, os fumigantes e alguns inseticidas e fungicidas. No segundo caso encontram-se os herbicidas aplicados em condições de pós-emergência (PÓS), os reguladores de crescimento e a maioria dos inseticidas e fungicidas (Vieira, 1998).

Para o controle eficaz de plantas daninhas pelos herbicidas aplicados em PÓS, a retenção foliar deles é importante. Pelos métodos convencionais (com pulverizador costal, tratorizado e avião), os herbicidas geralmente são distribuídos com até 400 L ha⁻¹ de água, volume que minimiza o escoamento da calda que atinge a folhagem da planta daninha. No caso da herbificação, no entanto, a lâmina de água mínima aplicável através de alguns pivôs é de 2,5 mm (25.000 L ha⁻¹). Neste caso, grande parte do produto pode ter o solo como destino, devido ao escoamento da calda não retida na folhagem. As formulações dos herbicidas aplicados em PÓS normalmente não são preparadas com o objetivo de melhorar-lhes a retenção foliar, em razão do pequeno volume de água no qual eles geralmente são distribuídos pelos métodos convencionais. Por isso, quando o produto comercial é aplicado em grande volume de água, a adição de adjuvantes

à formulação, para melhorar a retenção do herbicida na folhagem, pode ser vantajosa. Uma opção para se alcançar esse objetivo é a mistura do herbicida com óleo não-emulsificante (mineral ou vegetal) antes da injeção na água de irrigação (Vieira, 1998).

Segundo Vieira (1998), a quimigação apresenta as seguintes vantagens em relação aos métodos tradicionais: menor custo de aplicação; eliminação do tráfego de máquinas na lavoura; menor exposição do operador ao defensivo (em baixa concentração); maior flexibilidade de aplicação em relação à situação da cultura (altura e fechamento do vão entre fileiras), ao clima e ao horário de aplicação; menor deriva; imediata incorporação e ativação dos herbicidas aplicados em PPI e PRÉ. As desvantagens são: possibilidade de contaminação do ambiente quando não se utilizam os equipamentos de segurança para evitar o refluxo da água para a fonte de captação; risco de corrosão do equipamento de injeção e de irrigação com alguns agroquímicos; aplicação desuniforme no início da área; e aplicação desuniforme devido à ocorrência de escoamento superficial em alguns pivôs (Vieira, 1998).

O objetivo deste estudo foi revisar as publicações científicas disponíveis relacionadas à aplicação de herbicidas de PÓS via água de irrigação por aspersão.

Informações gerais sobre esta revisão

No preparo desta revisão foram utilizados resumos, artigos e teses, publicados principalmente nos EUA e no Brasil, que abordam herbicidas de PÓS aplicados via água de irrigação por aspersão. As doses utilizadas na herbificação foram sempre as mesmas empregadas na aplicação convencional (pulverização). Na maioria dos estudos foi utilizado simulador de irrigação por aspersão; em outros poucos, o pivô central e a aspersão convencional. As lâminas de água usadas na distribuição do herbicida variaram de 1,0 a 14,0 mm (10.000 a 140.000 L ha⁻¹ de água). Em alguns estudos, um óleo (vegetal e/ou mineral) foi misturado ao herbicida antes da injeção na água de irrigação. Algumas pesquisas foram conduzidas em casa de vegetação; a maioria foi feita no campo, especialmente com as culturas de algodão, amendoim, arroz, batata, feijão, milho, soja e tomate. Na lista das

principais plantas daninhas controladas ou não-controladas geralmente não foram incluídas as que, reconhecidamente, são pouco sensíveis ao(s) herbicida(s) estudado(s). Nos testes em que a herbicidação foi comparada com a aplicação convencional, foi anotado se o controle das plantas daninhas foi pior, igual ou melhor que o obtido com a aplicação convencional.

Eficiência dos herbicidas

Vê-se, na Tabela 1, que os seguintes herbicidas efetivamente controlaram plantas daninhas quando aplicados via água de irrigação por aspersão: acifluorfen, fomesafen, lactofen (difeniléteres), atrazine (triazina), bromoxynil (nitrile), chlorsulfuron, triasulfuron

(sulfoniluréias), dicamba (diclorobenzóico), diclofop, fenoxaprop, fluazifop, haloxyfop, quizalofop (ariloxifenoxipropionato) e sethoxydim (ciclohexanodiona). Desses, o bromoxynil, os difeniléteres e os ariloxifenoxipropionatos foram os mais estudados.

O bromoxynil é herbicida seletivo aplicado em PÓS para o controle de plantas daninhas do tipo folhas largas. Na formulação *octonoate ester*, ele tem baixa solubilidade em água (0,08 mg L⁻¹), é rapidamente absorvido pelas folhas e tem translocação limitada na planta (Ahrens, 1994). Na herbicidação, ele não foi eficiente no controle de *Amaranthus retroflexus* e *Salsola iberica* quando aplicado pelo pivô central em 14 mm de água (Humburg & Alley, 1981), mas controlou com eficiência

Tabela 1 - Grau de controle de plantas daninhas com herbicidas de PÓS aplicados via água de irrigação por aspersão em diferentes culturas

Herbicida (dose, em kg ha ⁻¹)	Sistema de irrigação* (lâmina de água, em mm)	Cultura	Controle de plantas daninhas		Principais espécies controladas ou não-controladas*** (grau de controle**)	Referência
			Grau** geral	Em relação ao convencional		
Acifluorfen (0,6)	SIA (3,6)	Arroz	-	Pior	3, 19, 36	Talbert et al. (1983)
Acifluorfen (0,28) + óleo de amendoim	SIA (2,5)	Soja	B-E	-	1(E), 18(B), 21(B), 28(E)	Dowler (1984)
Acifluorfen (0,56) + óleo de amendoim	SIA (2,5)	Soja	B-E	-	1(E), 18(B), 21(E), 28(E)	Dowler (1984)
Acifluorfen (0,56) + óleo de soja	SIA (2,5)	Soja	E	-	20(E), 21(E)	Dowler (1984)
Acifluorfen + bentazon + paraquat (0,28+0,56+0,14)	SIA (6,3)	Amendoim	B-E	Pior	4(E), 9(E), 14(E), 15(B), 25(B)	Sumner et al. (2000)
Acifluorfen + fluazifop (0,28+0,28) + óleo de amendoim	SIA (2,5)	Soja	B-E	-	1(E), 15(B), 18(E), 21(E), 25(E), 28(E)	Dowler (1984)
Acifluorfen + haloxyfop (0,56 + 0,14)	SIA (2,5)	Soja	M-E	-	1(E), 18(M), 25(E), 28(E)	Dowler (1985)
Acifluorfen + sethoxydim (0,6 +0,2) + óleo de amendoim	SIA (2,5)	Amendoim	E	-	14(E), 15(E), 22(E), 28(E)	Dowler (1984)
Atrazine + tridiphane (1,34 + 0,42)	SIA (-)	Sorgo	E	-	18(E), 28(E)	Dowler (1985)
Atrazine + cyanazine + tridiphane (0,56+0,84+0,84)	SIA (2,5)	Milho	B-E	-	1(E), 9(B), 18(E), 25(B), 28(E), 36(E)	Dowler (1984)
Atrazine + cyanazine + tridiphane (0,56+0,84+0,84)	PC (4,5; 6,3)	Milho	B-E	-	1(E), 9(E), 15(E), 18(E), 25(B), 28(E)	Dowler (1984)
Bentazon (0,8)	SIA (3,6)	Arroz	P	Pior	19, 36	Talbert et al. (1983)
Bentazon (0,9)	SIA (3,0)	Feijão	P	Pior	27(P)	Fontes et al. (1999)
Bentazon (1,1)	SIA (5,0)	Feijão, batata, milho	B-E	Pior	1(B), 11(E)	Ogg (1984)
Bentazon (1,2)	SIA (2,5; 6,0)	Soja	NC	-	9, 14, 18, 28	Dowler (1982)
Bentazon + propanil (1,1+3,4)	SIA (6,4)	Arroz	R-B	-	18(R), 32(B)	Mermound et al. (1980)
Bromoxynil (0,5)	PC (14,0)	Cevada	P-M	-	5(P), 29(M)	Humburg & Alley (1981)
Bromoxynil (0,56)	SIA (-)	Sorgo	E	-	18(E), 28(E)	Dowler (1985)
Bromoxynil (0,28; 0,43)	SIA (12,8)	Casa de vegetação	B	Igual	11(B)	Boydston & Al-Khatib (1993)
Bromoxynil (0,43; 0,56)	PC (12,7)	Aveia	B-E	Igual	2(B), 11(E), 26(E)	Humburg et al. (1982)
Clethodim (-) + aditivos	SIA (2,5)	Casa de vegetação	-	Pior	13, 16, 25	Dowler & Sumner (1993)
Chlorsulfuron (2,5+2,5+2,5)	AC (3,9)+ 5,4	Tomate	B	-	23(B)	Hershenhorn et al. (1998)
Dicamba (-)	SIA (1,0; 2,8)	-	-	Igual	1	Keeling et al. (1994)
Diclofop (1,4)	SIA (5,0)	Feijão, batata, milho	-	Igual	16, 30, 31	Ogg (1984)
Fenoxaprop (-)	SIA (2,8)	-	-	Pior	34, 37	Keeling et al. (1994)
Fenoxaprop (-) + aditivos	SIA (2,5)	Casa de vegetação	-	Igual	13, 16, 25	Dowler & Sumner (1993)

Continua...



Tabela 1, cont...

Herbicida (dose, em kg ha ⁻¹)	Sistema de irrigação* (lâmina de água, em mm)	Cultura	Controle de plantas daninhas		Principais espécies controladas ou não-controladas*** (grau de controle**)	Referência
			Grau** geral	Em relação ao convencional		
Fluazifop-p (-) + aditivos	SIA (2,5)	Casa de vegetação	-	Igual	13, 16, 25	Dowler & Sumner (1993)
Fluazifop-butil (-)	SIA (2,8)	-	-	Pior	34, 37	Keeling et al. (1994)
Fluazifop-p (0,16)	-	Soja	-	Igual/Melhor	15, 25	Dowler et al. (1994)
Fluazifop-p (0,21)	SIA (3; 13)	Soja	M	Igual/Melhor	15 (M)	Guy et al. (1989)
Fluazifop-p (-) + aditivos	SIA (-)	Casa de vegetação	E	-	16(E), 25(E)	Dowler & Sumner (1991)
Fluazifop + lactofen (-,-) óleo (vegetal ou mineral)	-(2,5)	Soja	E	Igual	13, 15, 25	Dowler (1988)
Fluazifop (0,28) + óleo de amendoim	SIA (2,5)	Soja	E	-	15(E), 25(E)	Dowler (1984)
Fluazifop (0,28) + óleo de soja	SIA (2,5)	Soja	E	-	25(E)	Dowler (1984)
Fluazifop-p (0,21)	PC	Algodão	-	Igual	12, 15	Hook et al. (1993)
Fluazifop-p + fomesafen (0,1 + 0,2)	PC (9,0)	Feijão	P-E	Pior	7(E), 8(E), 18(P), 24 (E), 37 (P)	Vieira & Fontes (1995)
Fomesafen (0,25)	SIA (3,0)	Feijão	E	Igual	27(E)	Fontes et al. (1999)
Fomesafen (0,25)	SIA (3,0; 6,0; 9,0)	Feijão	E	-	27(E)	Leite et al. (1999)
Fomesafen (0,25)	PC(3,0; 6,0; 9,0)	Feijão	B-E	Igual	6(B), 7(E)	Leite (2001)
Fomesafen (0,28) + óleo de soja	SIA (2,5)	Soja	M-E	-	9(M), 14(M), 20(E), 21(E)	Dowler (1984)
Fomesafen + óleo de soja ou mineral	-(2,5)	Algodão	B-E	-	1, 9, 20, 21, 28	Dowler (1987)
Fomesafen + fluazifop (0,28+0,28) + óleo de soja	SIA (2,5)	Soja	M-E	-	9(M), 14(M), 20(E), 21(E), 25(B)	Dowler (1984)
Fomesafen + fluazifop-p (0,28 + 0,42) + óleo de soja ou mineral	SIA (2,5)	Soja	P-E	-	1(E), 9(P), 18(P), 25(E), 28(E)	Dowler (1985)
Glyphosate (-)	SIA (2,5)	-	P-R	-	1, 9, 12, 14, 15, 18, 20, 21, 22, 25, 28, 36	Dowler (1984)
Glyphosate (0,43; 0,53; 0,63)	SIA (1,0; 2,8)	-	NC	Pior	35	Keeling et al. (1994)
Glyphosate (0,43; 0,53; 0,63)	SIA (1,0; 2,8)	-	R	Pior	1, 34, 37	Keeling et al. (1994)
Glyphosate (-) + aditivos	SIA (-)	Casa de vegetação	B	Pior	4(B), 16(B), 25(B)	Dowler & Sumner (1991)
Haloxifop (0,13)	SIA (3; 13)	Soja	E	Igual/Melhor	15(E)	Guy et al. (1989)
Imazamox (0,028)	SIA (3,0)	Feijão	P	Pior	27(P)	Fontes et al. (1999)
Lactofen (-) + (óleo vegetal ou mineral)	-(2,5)	Soja	B-E	Igual	1, 14, 20, 21, 22	Dowler (1988)
Lactofen (0,17)	-	Soja	-	Igual/Melhor	4, 21, 27	Dowler et al. (1994)
Lactofen (0,56) + óleo de amendoim	SIA (2,5)	Soja	E	-	1(E), 18(E), 21(E), 28(E)	Dowler (1984)
Lactofen (0,22) + óleo mineral	SIA (2,5)	Amendoim	-	Pior	9,14	Dowler (1989)
Lactofen + fluazifop (0,56+0,28) + óleo de amendoim	SIA (2,5)	Soja	B-E	-	1(E), 9(B), 14(B), 15(E), 18(E), 21(E), 25(E), 28(E)	Dowler (1984)
Lactofen + haloxifop (0,22+ 0,14) + óleo de soja ou mineral	SIA (2,5)	Soja	R-E	-	1(R), 14(E), 18(E), 25(E), 28(E)	Dowler (1985)
Paraquat (-)	SIA (2,5)	-	P-R	-	1, 9, 12, 14, 15, 18, 20, 21, 22, 25, 28, 36	Dowler (1984)
Paraquat (-) + aditivos	SIA (-)	Casa de vegetação	B	Pior	4(B), 16(B), 25(B)	Dowler & Sumner (1991)
Propanil (3,4)	SIA (6,4)	Arroz	R	-	18(R), 32(R)	Mermound et al. (1980)
Propanil + bifenox (3,4+3,4)	SIA (6,4)	Arroz	M-B	-	18(M), 32(B)	Mermound et al. (1980)
Propanil + molinate (3,4+3,4)	SIA (6,4)	Arroz	R-B	-	18(B), 32(R)	Mermound et al. (1980)
Propanil + oxadiazon (3,4+1,1)	SIA (6,4)	Arroz	M-B	-	18(M), 32(B)	Mermound et al. (1980)
Quizalofop (0,13)	SIA (3; 13)	Soja	E	Melhor	15(E)	Guy et al. (1989)
Quizalofop (-) + aditivos	SIA (2,5)	Casa de vegetação	-	Igual	13, 16, 25	Dowler & Sumner (1993)
Sethoxydim (-) + aditivos	SIA (-)	Casa de vegetação	B-E	Pior	16(E), 25(B)	Dowler & Sumner (1991)
Sethoxydim (-) + aditivos	SIA (2,5)	Casa de vegetação	-	Pior	13, 16, 25	Dowler & Sumner (1993)
Sethoxydim (0,23) + óleo de soja	SIA (2,5)	Soja	E	-	25(E)	Dowler (1984)
Triasulfuron (7,5+7,5+7,5)	AC (3,9)+5,4	Tomate	M	-	25(M)	Hershshorn et al. (1998)

* AC = aspersão convencional; PC = pivô central; SIA = simulador de irrigação por aspersão. ** E = excelente (>95%); B = bom (85% a 95%); M = médio (70% a 85%); R = ruim (50% a 70%); P = péssimo (<50%); NC = não controlou. *** 1) *Amaranthus* sp., 2) *A. blitoides*, 3) *A. hybridus*, 4) *A. palmeri*, 5) *A. retroflexus*, 6) *Artimisia verlotorum*, 7) *Bidens pilosa*, 8) *Brachiaria plantaginea*, 9) *Senna obtusifolia*, 10) *S. tora*, 11) *Chenopodium album*, 12) *Cynodon dactylon*, 13) *Dactyloctenium aegyptium*, 14) *Desmodium tortuosum*, 15) *Digitaria sanguinalis*, 16) *Echinochloa crusgalli*, 17) *Euphorbia heterophylla*, 18) *Ipomoea* sp., 19) *I. lacunosa*, 20) *I. purpurea*, 21) *Jacquemontia tamnifolia*, 22) *Mollugo verticillata*, 23) *Orobancha aegyptiaca*, 24) *Panicum maximum*, 25) *P. texanum*, 26) *Polygonum convolvulus*, 27) *Raphanus raphanistrum*, 28) *Richardia scabra*, 29) *Salsola iberica*, 30) *Setaria glauca* (*S. pumila*), 31) *S. viridis*, 32) *Sida spinosa*, 33) *Solanum* sp., 34) *Sorghum bicolor*, 35) *Triticum aestivum*, 36) *Xanthium pennsylvanicum* e 37) *Zea mays*.

Amaranthus blitoides, *Chenopodium album*, *Ipomoea* sp., *Polygonum convolvulus* e *Richardia scabra* quando sua distribuição foi feita em lâmina de água de até 12,8 mm (Humburg et al., 1982; Dowler, 1985; Boydston & Al-Khatib, 1993). Estes últimos autores verificaram que *C. album* reteve 18 vezes menos bromoxynil (*octanoate ester*), na dose de 0,43 kg ha⁻¹, quando a aplicação foi feita com 127.000 L ha⁻¹ de água, em comparação com 234 L ha⁻¹. A menor retenção do herbicida nas folhas com grande volume de água foi com pensada, segundo esses autores, pela maior absorção do produto pelas raízes e pelo maior translocação para a parte aérea, pela mais eficiente absorção foliar e translocação e pela deposição do herbicida na face dorsal da folha. Neste local, a absorção do bromoxynil foi 13% superior à da face ventral, quando o bromoxynil foi diluído em grande volume de água. Nos EUA, o bromoxynil foi registrado para aplicação por irrigação por aspersão em algumas culturas, como milho e sorgo (Boydston & Al-Khatib, 1993).

Os difeniléteres geralmente são aplicados em PÓS para o controle de plantas daninhas da classe das dicotiledôneas. São rapidamente absorvidos pelas folhas e, em menor intensidade, por via radical, sendo pouco translocados nas plantas, podendo se locomover via apoplasto (Ashton & Monaco, 1991; Vidal, 1997). O acifluorfen, em geral, proporcionou controle bom a excelente das seguintes plantas daninhas: *Amaranthus* sp., *A. hybridus*, *A. palmeri*, *Senna obtusifolia*, *Desmodium tortuosum*, *Ipomoea* sp., *I. purpurea*, *I. lacunosa*, *Jacquemontia tamnifolia*, *Mollugo verticillata*, *R. scabra* e *Xanthium pennsylvanicum* (Tabela 1). No entanto, quando aplicado pelo método convencional, houve melhor controle de *X. pennsylvanicum* e *I. lacunosa* que pela herbificação (Talbert et al., 1983). Esse herbicida apresenta alta solubilidade em água (250.000 mg L⁻¹) (Rodrigues & Almeida, 1998).

O fomesafen não foi eficiente no controle de *Ipomoea* sp. quando distribuído em 9,0 mm de água por pivô central (Vieira & Fontes, 1995) ou em 2,5 mm de água aplicada por simulador de irrigação (Dowler, 1985). Entretanto, ele proporcionou controle bom a excelente de *Artemisia verlotorum*, *Bidens pilosa*, *I. purpurea*, *J. tamnifolia*, *Raphanus raphanistrum* e

R. scabra (Dowler, 1984, 1985; Vieira & Fontes, 1995; Fontes et al., 1999; Leite et al., 1999; Leite, 2001). Em relação às espécies *S. obtusifolia* e *D. tortuosum*, plantas daninhas pouco ou moderadamente sensíveis ao fomesafen (Lorenzi, 1994), o controle pela herbificação foi, em geral, médio (Tabela 1). Fontes et al. (1999) observaram que o controle de *R. raphanistrum* foi mais rápido quando o fomesafen foi aplicado pelo método convencional que pela herbificação. O fomesafen, na forma de sal de sódio, tem alta solubilidade em água (600.000 mg L⁻¹) (Rodrigues & Almeida, 1998). O lactofen, em geral, proporcionou bom a excelente controle das seguintes plantas daninhas: *Amaranthus* sp., *A. palmeri*, *S. obtusifolia*, *D. tortuosum*, *Ipomoea* sp., *I. purpurea*, *J. tamnifolia*, *M. verticillata*, *R. raphanistrum* e *R. scabra*. No estudo de Dowler (1989), a distribuição do lactofen pelo método convencional proporcionou melhor controle das espécies *S. obtusifolia* e *D. tortuosum*, em relação à aplicação via água de irrigação. No entanto, trabalhando com o lactofen na cultura da soja, em área com predominância de *J. tamnifolia*, *R. raphanistrum* e *A. palmeri*, Dowler et al. (1994) verificaram que esse herbicida (170 g ha⁻¹) aplicado em 2,5 mm de água foi tão eficiente, ou mais, quanto aquele aplicado pelo método convencional na dose de 220 g ha⁻¹. O lactofen apresenta baixa solubilidade em água (0,1 mg L⁻¹) (Rodrigues & Almeida, 1998).

O fluazifop foi o herbicida mais estudado na aplicação via água de irrigação (Tabela 1). Juntamente com os outros herbicidas do grupo químico dos ariloxifenoxipropionatos, ele é aplicado em PÓS para o controle de gramíneas. Em geral, o fluazifop proporcionou excelente controle destas espécies: *Brachiaria plantaginea*, *Cynodon dactylon*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa crusgalli*, *Panicum maximum* e *P. texanum* (Tabela 1). Embora o controle do milho (*Zea mays*) com fluazifop não tenha sido adequado nos estudos de Keeling et al. (1994) e de Vieira & Fontes (1995), tem-se observado, na prática, em lavouras de feijão, ótimo controle do cereal invasor via pivô central com esse herbicida. Segundo Vieira & Silva (1998), a ineficácia da herbificação, em algumas situações, pode ser causada pela má qualidade da água utilizada no tanque de pré-mistura e/ou pela aplicação do fluazifop no período noturno. No primeiro



caso, a mistura do herbicida com água rica em matéria orgânica e argila pode tornar inerte o fluazifop, visto que este apresenta alto coeficiente de sorção com base na matéria orgânica ($K_{oc} = 5.700 \text{ mL g}^{-1}$) (Ahrens, 1994). No segundo caso, aplicação noturna, a absorção e translocação do defensivo na planta são reduzidas (Vieira & Silva, 1998), o que também pode redundar em controle inadequado das plantas daninhas.

Trabalhando com *Digitaria sanguinalis*, Guy et al. (1989) verificaram que, embora a absorção pelas raízes do fluazifop-p-butil, do haloxyfop-metil e do quizalofop-etil possa contribuir para o controle dessa planta daninha, o principal sítio de absorção é a parte aérea. Quando se utiliza grande volume de água, esses herbicidas podem ser absorvidos pela superfície das folhas ou escorrer para o “cartucho”, onde são mais ativos. Outros estudos comprovaram a eficiência dos ariloxifenoxipropionatos quando aplicados via água de irrigação (Dowler, 1984, 1988; Dowler & Sumner, 1991, 1993; Dowler et al., 1994; Vieira & Fontes, 1995) (Tabela 1). Esses herbicidas apresentam baixa solubilidade em água, são rapidamente absorvidos pela folhagem e a sua translocação dá-se via xilema e floema (Ahrens, 1994).

No caso de inseticidas, resultados de pesquisa demonstram que, para serem eficazes quando aplicados via água de irrigação por aspersão para controle de insetos na folhagem, eles devem apresentar baixa solubilidade em água (Knutson & Patrick, 1990). Vários produtos eficientes na herbificação apresentam essa característica: atrazine, bromoxynil, diclofop, fenoxaprop, fluazifop, haloxyfop, lactofen e quizalofop (Rodrigues & Almeida, 1998). Outra característica que deve favorecê-los na herbificação é a rápida absorção foliar. Desses herbicidas pouco solúveis em água, apenas o atrazine não é rapidamente absorvido pela folhagem; ele necessita de pelo menos seis horas sem chuva após aplicação para assegurar a absorção pelas plantas daninhas, enquanto os outros exigem, em geral, uma hora. No entanto, o atrazine apresenta pequena a média mobilidade no solo ($K_{oc} = 100 \text{ mL g}^{-1}$) e é absorvido preferencialmente pelas raízes e translocado via xilema, fatos que, provavelmente, também ajudam a explicar a sua eficácia quando empregado via água de irrigação.

O acifluorfen e o fomesafen (sal de Na) são altamente solúveis em água e foram eficientes na herbificação. Eles podem ser absorvidos pelas raízes; todavia, apenas o fomesafen tem pequena translocação via xilema (Rodrigues & Almeida, 1998). Outra diferença entre esses dois herbicidas é a absorção mais rápida do fomesafen pelos tecidos vegetais. Ele requer uma hora sem chuva após a aplicação para assegurar a absorção do produto pelas plantas daninhas, enquanto o acifluorfen exige duas horas (Rodrigues & Almeida, 1998). Vê-se, na Tabela 1, que nos ensaios em que o acifluorfen teve melhor desempenho via herbificação um óleo vegetal havia sido misturado ao produto antes da aplicação. É possível que esse adjuvante tenha melhorado a sua retenção e absorção pelo tecido vegetal.

Embora o sethoxydim tenha proporcionado controle bom a excelente de algumas plantas daninhas no estudo de Dowler & Sumner (1991), a sua distribuição pelo método convencional pode ser mais eficiente (Dowler & Sumner, 1991, 1993). Resultado semelhante foi alcançado com o clethodim (Dowler & Sumner, 1993). A solubilidade em água do sethoxydim varia com o pH da solução (25 mg L^{-1} em pH 4 e 4.700 mg L^{-1} em pH 7) (Rodrigues & Almeida, 1998), assim como sua lipofilicidade ($\log K_{ow}$ de 4,5 e 1,65 em pH 5 e 7, respectivamente) (Tomlin, 1994). Portanto, é possível que o seu desempenho via herbificação melhore quando a aplicação for feita em água mais ácida, o que pode favorecer a sua retenção e absorção pela folhagem. Outra forma de recuperação pela planta do sethoxydim aplicado via água de irrigação é a absorção radical. Ele apresenta pequena a média mobilidade no solo ($K_{oc} = 100 \text{ mL g}^{-1}$), sendo translocado via xilema e floema (Rodrigues & Almeida, 1998). Características semelhantes às do sethoxydim (herbicida ácido) possuem o chlorsulfuron e o triasulfuron, do grupo químico das sulfoniluréias, com a ressalva de serem mais hidrofílicos. Em Israel, esses dois herbicidas proporcionaram controle de médio a bom de *Orobanche aegyptiaca*, planta daninha de difícil controle; o possível registro deles, para aplicação via água de irrigação, foi levantado pelos autores do estudo (Hershenhorn et al., 1998).

Os seguintes herbicidas foram, em geral, ineficientes quando aplicados via água de

irrigação ou tiveram desempenho inferior em relação à sua aplicação pelo método convencional: bentazon, glyphosate, paraquat e imazamox (Tabela 1).

O bentazon possui algumas características que podem explicar a sua ineficiência na herbicção (Dowler, 1982; Talbert et al., 1983; Fontes et al., 1999): alta solubilidade em água ($2.300.000 \text{ mg L}^{-1}$) e absorção pelas folhas relativamente lenta. Segundo Ahrens (1994), período de quatro horas sem chuva é exigido após a sua aplicação pelo método convencional para que se consiga a máxima eficiência no controle das plantas daninhas. No estudo em que o bentazon ($1,1 \text{ kg ha}^{-1}$), aplicado com 5,5 mm de água, proporcionou bom ou excelente controle de *C. album* e *Amaranthus* sp., estas se encontravam no estágio de plântula e se desenvolviam em solo arenoso (Ogg, 1984). Acredita-se que, nessas condições, a absorção pelas raízes tenha contribuído sobremaneira para a sua eficácia. O bentazon é fracamente adsorvido aos colóides do solo ($K_{oc} = 34 \text{ mL g}^{-1}$) e pode ocorrer pequena absorção pelas raízes (Ahrens, 1994).

O glyphosate e o paraquat apresentam alta solubilidade em água e não são absorvidos pelas raízes no campo (Rodrigues & Almeida, 1998), o que explica, pelo menos em parte, a ineficiência deles (Dowler, 1984; Keeling et al., 1994) quando aplicados via água de irrigação. Outra característica do glyphosate é a absorção foliar relativamente lenta (Ahrens, 1994). Por isso, ele requer um período de seis horas sem chuva para ser eficiente, quando aplicado pelos métodos convencionais. Esse fator também ajuda a explicar o seu mal desempenho na herbicção. No entanto, em algumas condições, ele pode proporcionar bom controle de plantas daninhas. Em estudo realizado por Dowler & Sumner (1991) em casa de vegetação, o glyphosate e o paraquat, misturados com óleo não-emulsificante antes da aplicação, proporcionaram 90% de controle de *Amaranthus* sp., *E. crusgalli* e *P. texanum*. Entretanto, quando foram aplicados pelo método convencional, o controle dessas plantas daninhas foi de 100%.

No estudo de Fontes et al. (1999), o imazamox (28 g ha^{-1}) aplicado com 3 mm de água não controlou *R. raphanistrum* com quatro a seis folhas; o oposto ocorreu, no entanto, quando ele foi aplicado por pulverizador costal

(200 L ha^{-1}). Uma das características conhecidas desse herbicida é a solubilidade em água muito elevada (4.413 mg L^{-1}) (Rodrigues & Almeida, 1998), mas bem mais baixa se comparada com as do bentazon, glyphosate e paraquat. Contudo, deve-se considerar que a dose do imazamox aplicada por hectare é muito inferior à desses herbicidas. O imazamox é pouco adsorvido aos colóides do solo e pode ser absorvido pelas raízes (em menor grau que pelas folhas) e translocado via xilema e floema (Rodrigues & Almeida, 1998). É possível que no estudo de Fontes et al. (1999) o imazamox não tivesse tido condições de ser absorvido pelas raízes, devido à pequena lâmina de água na qual ele foi distribuído-incorporado, à não-irrigação do ensaio e à ausência de chuvas que ocorreram entre a aplicação dos herbicidas e as avaliações de controle. Embora estudos adicionais sejam necessários para melhor caracterizar o seu desempenho na herbicção, os resultados obtidos por Fontes et al. (1999) indicaram que a absorção foliar do imazamox aplicado via água de irrigação não foi suficiente para o controle de planta daninha que lhe é altamente suscetível. Nesse estudo, o fomesafen foi eficiente na herbicção, embora também apresente alta solubilidade em água. Possivelmente, a diferença entre eles esteja na rapidez com que são absorvidos pelas folhas; enquanto o fomesafen exige período de uma hora sem chuvas (Rodrigues & Almeida, 1998), o imazamox exige duas (informação do fabricante).

Apesar de os resultados de pesquisa com herbicidas aplicados em PÓS via água de irrigação serem relativamente escassos, a análise deles fornece indícios sobre as características que os favorecem quando aplicados com essa tecnologia: baixa solubilidade em água, rápida absorção foliar e absorção pelas raízes. Em geral, os herbicidas de PÓS eficientes via água de irrigação apresentam as características a e/ou b. No caso do dicamba, a absorção pelas raízes parece ter sido a característica mais determinante para o seu sucesso na herbicção. Os herbicidas ineficientes via água de irrigação são muito a extremamente solúveis em água e, em geral, têm absorção foliar lenta e/ou não são absorvidos pelas raízes.

O propanil também tem características indesejáveis para a herbicção: elevada solubilidade em água (500 mg L^{-1}); necessita de



período de seis horas sem chuva após a aplicação pelos métodos convencionais (Rodrigues & Almeida, 1998); e apresenta pouca ou nenhuma atividade no solo (Ashton & Monaco, 1991). Os resultados obtidos por Mermound et al. (1980) não permitiram que se chegasse a uma conclusão segura sobre seu comportamento na herbificação, pois as duas plantas daninhas presentes na lavoura eram-lhe pouco sensíveis.

Se a retenção na folhagem do herbicida aplicado em PÓS via água de irrigação é menor em relação à do aplicado pelos métodos convencionais (Boydston & Al-khatib, 1993), como explicar a eficiência de herbicidas que têm na folhagem o principal sítio de absorção? Os resultados obtidos por esses autores indicaram que a absorção pelas plantas de certos herbicidas aplicados via água de irrigação é mais rápida, se comparada com a aplicação pelos métodos convencionais. A razão disso é o microclima (alta umidade do ar e do solo) ao redor das plantas durante período relativamente longo, em que as plantas são atingidas pela solução diluída do herbicida. Segundo Vieira & Silva (1998), essa condição mantém a cutícula das folhas hidratada, favorecendo a absorção do herbicida. Ademais, Boydston & Al-Khatib (1993) verificaram que a superfície foliar exposta ao herbicida pode ser dobrada na herbificação, pois ambas as faces das folhas são atingidas. Embora os efeitos dessas particularidades da herbificação no desempenho de herbicidas aplicados em PÓS não tenham sido bem esclarecidos, a alta umidade (do ar e do solo) proporcionada pela irrigação e o molhamento de ambas as faces das folhas, provavelmente, favorecem a absorção e a translocação de herbicidas nas plantas.

De acordo com Hess (1987), após a aplicação de herbicida pelos métodos convencionais, a folha tratada, embora pareça completamente molhada, apresenta, na verdade, uma camada desuniforme de solução de herbicida. Esta, após a evaporação do solvente, dá origem a cristais sobre a superfície das folhas. Em razão de o movimento do herbicida através da cutícula da folha ser por difusão, a sua absorção pela planta só ocorre quando ele se encontra na forma de solução. Portanto, a formação de cristais sobre as folhas reduz a eficácia do herbicida, e essa condição ocorre com maior rapidez quando o herbicida é aplicado pelos métodos convencionais.

A anatomia de certas monocotiledôneas, como *D. sanguinalis*, que têm no “cartucho” o local mais sensível ao herbicida (Guy et al., 1989) – interior do qual o herbicida aplicado pelo método convencional tem menos acesso –, também ajuda a explicar a eficiência de alguns herbicidas aplicados via água de irrigação.

Lâminas d'água

Em seis estudos (Dowler, 1984; Guy et al., 1989; Dowler & Sumner, 1993; Keeling et al., 1994; Leite et al., 1999; Leite, 2001), herbicidas foram distribuídos via água de irrigação em mais de uma lâmina de água. Dowler (1984) distribuiu a mistura dos herbicidas atrazine + cyanazine + tridiphane em 4,5 e 6,3 mm de água. O controle de algumas mono e dicotiledôneas (Tabela 1) foi excelente com ambas as lâminas. Guy et al. (1989) obtiveram ótimo controle de *D. sanguinalis* com os herbicidas quilazofop-ethyl e haloxyfop-methyl aplicados em 3 ou 13 mm de água. No caso do fluazifop-p-butyl, o controle (81% vs. 68%) foi melhor com a menor lâmina, mas a produtividade da soja não foi afetada pelo volume de água utilizado na distribuição do herbicida. Em estudo conduzido por Keeling et al. (1994) os resultados foram diferentes: o controle do milho e do sorgo (plantas voluntárias, com aproximadamente 40 cm de altura) com fluazifop-p e fenoxaprop aplicados isoladamente ou em mistura, via água de irrigação, foi melhor com 1.202, 2.525 ou 9.350 L ha⁻¹ do que com 28.000 L ha⁻¹ de água. No entanto, em estudo semelhante, conduzido por Dowler & Sumner (1993), os volumes de água (206, 1.028, 5.142 e 25.710 L ha⁻¹) não tiveram influência no desempenho dos herbicidas fenoxaprop, fluazifop-p e quizalofop.

Trabalhando com fomesafen aplicado em três lâminas de água (3, 6 e 9 mm), Leite et al. (1999) verificaram que o controle de *R. raphanistrum* melhorou com o aumento da lâmina. Uma particularidade desse estudo foi que não choveu entre a aplicação do herbicida (nabiça com 8 a 10 folhas) e a avaliação de controle (39 dias após a aplicação). Por isso, acredita-se que a absorção radical – incrementada pela maior lâmina de água – tenha sido mais determinante que a absorção foliar (favorecida pela menor lâmina) para o controle

dessa planta daninha. Leite (2001) verificou que, em plantio direto, a lâmina de água de 9 mm foi mais eficiente como veículo do fomesafen, no controle de *A. verlotorum*, que as de 3 e 6 mm. No controle de *B. pilosa*, no entanto, as três lâminas foram igualmente eficientes, independentemente do sistema de plantio (direto ou convencional).

Esses resultados indicam que, em geral, as lâminas de água utilizadas para a distribuição do herbicida têm pouca influência no controle das plantas daninhas. Entretanto, isso não pode ser generalizado para todos os herbicidas e plantas daninhas, como se infere dos resultados de Guy et al. (1989), Keeling et al. (1994) e Leite (2001). Por isso, não havendo estudos disponíveis sobre os efeitos de lâminas de água na eficiência de determinado herbicida de PÓS no controle de determinada planta daninha, o recomendável é distribuí-lo na menor lâmina de água que o equipamento de irrigação permitir.

A pouca influência de diferentes lâminas de água na eficiência de alguns herbicidas é, pelo menos parcialmente, explicada por Boydston & Al-Khatib (1993). Segundo esses autores, a menor retenção do herbicida nas folhas, quando se utiliza grande volume de água, é compensada pela maior absorção do produto pelas raízes e maior translocação para a parte aérea, bem como pela mais eficiente absorção foliar e translocação do herbicida na planta. Ademais, no caso de *D. sanguinalis*, a utilização de lâmina de água relativamente grande permite que o herbicida atinja com maior facilidade, embora em menor concentração, o cartucho foliar, local mais sensível aos herbicidas (Guy et al., 1989).

Óleos não-emulsificantes

Trabalhando com *D. sanguinalis* em câmara de crescimento, Guy et al. (1989) determinaram a deposição e retenção dos herbicidas fluazifop-butyl, haloxyfop-methyl e quizalofop-ethyl depois de aplicados em mistura com água, com óleo de soja refinado (não-emulsificante) ou com óleo vegetal concentrado (emulsificante). As quantidades de óleo foram equivalentes às seguintes concentrações usadas na herbicidação: 2,3 L ha⁻¹ em 12,7 mm de água, 2,3 L ha⁻¹ em 3,2 mm (ou

4,7 L ha⁻¹ em 6,4 mm) e 9,4 L ha⁻¹ em 3,2 mm. A concentração do herbicida correspondeu à sua aplicação em lâmina de água de 6,4 mm. Esses autores verificaram que, em geral, o óleo não-emulsificante, ao contrário do óleo emulsificante, aumentou a deposição e retenção dos herbicidas nas folhas, em relação ao tratamento com água. Além disso, constataram que o aumento da concentração do óleo não-emulsificante geralmente incrementou a deposição e retenção dos herbicidas.

Embora os resultados de Guy et al. (1989) deixem claro que a mistura de herbicidas do grupo dos ariloxifenoxipropionatos com óleo não-emulsificante aumenta-lhe a deposição e retenção na folhagem de *D. sanguinalis*, os resultados envolvendo outras espécies de plantas daninhas e herbicidas são contraditórios. Em um estudo, a adição de óleo não-emulsificante também aumentou a eficiência dos herbicidas fluazifop, fomesafen, haloxyfop, lactofen, sethoxydim, naptalam e atrazine + cyanazine + tridiphane (Dowler, 1984). No entanto, outros estudos demonstraram que o óleo não-emulsificante não teve efeito na atividade dos herbicidas acifluorfen e fomesafen (Talbert et al., 1983; Leite et al., 1999). Há resultado, também, de redução na eficiência dos herbicidas no controle de espécie de planta daninha com essa mistura: o controle de *P. texanum* reduziu de 92% para 50% quando a água foi substituída por óleo de soja na mistura com os herbicidas atrazine + cyanazine + tridiphane, antes da distribuição deles em 2,5 mm de água. Outras cinco espécies de plantas daninhas, no entanto, não foram afetadas ou foram pouco afetadas por essa mistura (Dowler, 1984).

Os resultados de pesquisa, embora em número limitado, demonstraram que, em geral, a mistura de óleo não-emulsificante com o herbicida, antes da injeção na água de irrigação, é vantajosa ou não tem influência no grau de controle das plantas daninhas. Embora haja pouco estudo com fungicida (Vieira & Sumner, 1999), os resultados de pesquisa com a mistura inseticida-óleo são promissores (Young, 1982; Wauchope et al., 1991). No entanto, essa técnica deve ser considerada tendo-se em mente as seguintes ressalvas: o óleo não-emulsificante representa um custo adicional na herbicidação; e, por ser mais leve que a água,



o óleo (e o herbicida nele vinculado) pode ser distribuído na lavoura de forma mais desuniforme que a água de irrigação (Stone et al., 1994).

Segundo Vieira & Silva (1998), é importante minimizar os efeitos dos fatores responsáveis pela redução da uniformidade de aplicação do defensivo diluído em óleo. O principal deles parece ser o tamanho das gotas (óleo + herbicida) carregadas pela água dentro da tubulação de irrigação: gotas grandes são mais sujeitas a flutuar na água e, conseqüentemente, têm mais chance de ser liberadas, em maior proporção, nas proximidades do centro do pivô. Para contornar esse problema, recomenda-se injetar o defensivo-óleo somente em pivô cuja velocidade do fluxo da água dentro da tubulação, no ponto de injeção, seja superior a $1,5 \text{ m s}^{-1}$. A injeção do defensivo-óleo no centro do fluxo de água (no interior da tubulação), onde ela flui com maior velocidade, também favorece a quebra das gotas.

Qualidade da água

Argila e compostos orgânicos em suspensão na água podem adsorver herbicidas e reduzir-lhes a atividade. A água dura (rica em Ca^{++} e Mg^{++} , principalmente) também interfere na eficiência de alguns herbicidas das seguintes maneiras (Kissmann, 1997): 1) muitas formulações têm surfatantes aniônicos, que contêm Na^+ e K^+ , e, quando o herbicida entra em contato com água dura, Na^+ e K^+ podem ser substituídos por Ca^{++} e Mg^{++} , com a conseqüente formação de compostos insolúveis; e 2) herbicidas à base de ácido ou de sal dissolvidos em água dura podem dar origem a compostos insolúveis. Outra preocupação é o pH da água. Segundo Kissmann (1997), ele pode influir no resultado da aplicação, pelas seguintes razões: o pH da água alto pode acelerar a degradação do herbicida por hidrólise alcalina; e a constante de dissociação de muitas moléculas de herbicidas depende do pH, e a sua absorção pelos tecidos vegetais varia, dependendo de a molécula ser íntegra ou dissociada em cátions e ânions.

Horário de aplicação

As irrigações por aspersão, principalmente por pivô central, geralmente são realizadas no

período noturno, por causa, sobretudo, do menor preço da eletricidade nesse período. Haveria inconveniente de, também, se fazer as herbigações à noite? Há indicações de que a eficiência de alguns herbicidas aplicados em PÓS via água de irrigação seja maior quando estes são distribuídos em condições de alta luminosidade. Para o fomesafen, aplicado pelo método convencional, essa hipótese já foi confirmada (Ferreira & Machado Neto, 1997). Provavelmente, isso ocorre porque tanto os herbicidas que se movimentam pelo xilema (via fluxo transpiratório) como pelo floema (via transporte de assimilados) têm a absorção e a translocação nas plantas favorecidas pela presença de luz e por temperaturas mais elevadas. A luz também promove a abertura dos estômatos, o que pode favorecer a absorção do herbicida aplicado via água de irrigação. Outro fator importante, segundo Hess (1987), é a influência da intensidade luminosa no ângulo de inserção das folhas no caule, em relação ao Sol. Muitas plantas daninhas mudam o ângulo das folhas da posição horizontal para a mais vertical durante o período noturno, ou mesmo quando a intensidade luminosa diminui (tempo nublado ou início da noite). Portanto, a aplicação de herbicidas de PÓS em condição de baixa luminosidade ou, principalmente, durante a noite pode também ter como conseqüência a redução da interceptação e retenção da solução sobre as folhas.

LITERATURA CITADA

- AHRENS, W. H. **Herbicide handbook**. 7.ed. Champaign: WSSA, 1994. 352 p.
- ASHTON, F. M.; MONACO, T. J. **Weed science: principles & practices**. 3.ed. New York: John Wiley & Sons, 1991. 466 p.
- BOYDSTON, R. A.; AL-KHATIB, K. Efficacy, site of uptake, and retention of bromoxynil in common lambsquarters with conventional and sprinkler application. **Weed Sci.**, v. 41, p. 166-171. 1993.
- BRYAN, B. B.; THOMAS, E. L. **Distribution of fertilizer materials applied with sprinkler irrigation system**. Arkansas: University of Arkansas Experiment Station Research. 1958. 12 p. (Bull., 598).
- DOWLER, C. C. New technology in herbigation. In: NATIONAL SYMPOSIUM ON CHEMIGATION, 2., 1982, Tifton, GA. **Proceedings...** Tifton: USDA-SEA-AR, 1982. p. 28-34.



- DOWLER, C. C. Present herbicide application technology with sprinkler irrigation. **Soil Crop Sci. Florida**, v. 43, p. 6-9. 1984.
- DOWLER, C. C. Herbicides and irrigation technology – present and future. In: NATIONAL SYMPOSIUM ON CHEMIGATION, 3., 1985, Tifton, GA. **Proceedings...** Tifton: USDA-SEA-AR, 1985. p. 58-67.
- DOWLER, C. C. Efficacy of some recently developed herbicides applied through irrigation. In: SOUTHERN WEED SCIENCE SOCIETY, 1987, Orlando, Florida. **Proceedings...** Champaign: SWSS, 1987. p. 372.
- DOWLER, C. C. Irrigation application of lactofen to soybean and peanut. In: SOUTHERN WEED SCIENCE SOCIETY, 1988, Tulsa. **Proceedings...** Champaign: SWSS, 1988. p. 45.
- DOWLER, C. C. Irrigation and conventional application of lactofen systems on peanut. In: SOUTHERN WEED SCIENCE SOCIETY, 1987, Nashville, Tennessee. **Proceedings...** Champaign: SWSS, 1989. p. 338.
- DOWLER, C. C.; SUMNER, H. R. Application of postemergence herbicides through PASS and irrigation systems. In: SOUTHERN WEED SCIENCE SOCIETY, 1991, San Antonio, TX. **Proceedings...** Champaign: SWSS, 1991. p. 397.
- DOWLER, C. C.; SUMNER, H. R. Effect of irrigation volumes and additives on activity of grass herbicides. In: SOUTHERN WEED SCIENCE SOCIETY, 1993, Charlotte, NC. **Proceedings...** Champaign: SWSS, 1993. p. 332.
- DOWLER, C. C.; SUMNER, H. R.; CHANDLER, L. D. Conventional and irrigation application of reduced herbicide rates on cotton, soybean, and peanut. In: SOUTHERN WEED SCIENCE SOCIETY, 1994, Dallas, TX. **Proceedings...** Champaign: SWSS, 1994. p. 188-189.
- FERREIRA, M. C.; MACHADO NETO, J. G. Efeito de aplicações noturnas na redução do volume de calda e dosagem de herbicidas latifoliadidas na cultura da soja (*Glycine max* Merrill). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., Caxambu, 1997. **Resumos...** Viçosa: SBCPD, 1997. p. 411.
- FONTES, J. R. A. et al. Aplicação de herbicidas em pós-emergência via água de irrigação na cultura do feijão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., 1999, Salvador. **Anais...** Goiânia, GO: EBDA/Embrapa, 1999. p. 459-461.
- GUY, C.B. et al. Application of fluazifop-p, haloxyfop, and quizalofop by sprinkler irrigation. **Weed Sci.**, v. 37, p. 585-590, 1989.
- HERSHENHORN, J. et al. *Orobanche aegyptiaca* control in tomato fields with sulfonylurea herbicides. **Weed Res.**, v. 38, p. 343-349, 1998.
- HESS, F. D. Relationship of plant morphology to herbicide application and absorption. In: McWHORTER, C.G.; GEBHARDT, M.R. (Eds.). **Methods of applying herbicides**. Champaign: WSSA, 1987. p. 19-35.
- HOOK, J. E. et al. Chemigation as an alternative for weed and nutrient management in reduced tillage cotton. In: GEORGIA COTTON RESEARCH-EXTENSION REPORT, 1993, Tifton, GA. **Proceedings...** Tifton: University of Georgia Cooperative Extension Service/ Rural Development Center, 1993. p. 78-82.
- HUMBURG, N. E.; ALLEY, H. P. Evaluation of bromoxynil applied through a center-pivot sprinkler for annual broadleaf weed control. In: RESEARCH PROGRESS REPORT OF THE WESTERN SOCIETY OF WEED SCIENCE, 1981, San Diego. Logan, Utah: WSSW, 1981. p. 194.
- HUMBURG, N. E.; ALLEY, H. P.; VORE, R. E. Postemergence application of bromoxynil by sprinkler irrigation system and plot sprayer for broadleaf weed control in oats. In: RESEARCH PROGRESS REPORT OF THE WESTERN SOCIETY OF WEED SCIENCE, 1982, Denver, CO. **Report...** Logan, WSSW, 1982. p. 166.
- KEELING, J. W.; HENNIGER, C. G.; LYLE, W. M. Influence of chemigation water volume on postemergence herbicide efficacy. In: SOUTHERN WEED SCIENCE SOCIETY, 1994, Dallas. **Proceedings...** Champaign: SWSS, 1994. p. 187-188.
- KISSMANN, K. G. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., 1997, Caxambu. **Palestras e Mesas Redondas...** Viçosa: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1997. p. 61-77.
- KNUTSON, A.; PATRICK, C. D. Insectigation: application of insecticides with center pivot irrigation systems. In: **Chemigation** (workbook). College Station: Texas Agricultural Extension Service, 1990. p. VI-1-VI-5.
- LANGE, A.; AGAMALIAN, H.; SCIARONI, R. Timing of herbicide application in sprinkler irrigation. In: BAKER, D. E. (Ed.). **Research progress report of the western society of weed science**. Logan: WSSW, 1969. p. 69.
- LEITE, J. A. O. **Metolachlor e fomesafen aplicados com diferentes lâminas de água na cultura do feijão, em plantio direto e convencional**. 2001. 113 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.



- LEITE, J. A. O. et al. Aplicação do herbicida fomesafen com e sem óleo, em três lâminas de água na cultura do feijão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., 1999, Salvador. **Anais...** Goiânia, GO: EBD/EMBRAPA, 1999. p. 462-464.
- LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas:** plantio direto e convencional. 4.ed. Nova Odessa: Plantarum, 1994. 299 p.
- MERMOUD, D. E.; FERGUSON, J. A.; TALBERT, R. E. Evaluation of rice herbicides by sprinkler irrigation. In: SOUTHERN WEED SCIENCE SOCIETY, 1994., Hot Spring, Arkansa. **Proceedings...** Auburn: SWSS. 1980. p. 177-183.
- OGG, A. G. Application of herbicides through irrigation systems in vegetable crops. **Proc. Ann. California Weed Conf.**, v. 36, p. 95-97, 1984.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas.** 4.ed. Londrina: Edição dos Autores, 1998. 648 p.
- STONE, K. C.; STANSELL, J. R.; YOUNG, J. R. Insecticide distribution through an irrigated corn canopy. **Trans. ASAE**, v. 37, p. 135-138, 1994.
- SUMNER, H. R.; DOWLER, C. C.; GARVEY, P. M. Application of agrichemicals by chemigation, pivot-attached sprayer systems, and conventional sprayers. **App. Eng. Agric.**, v. 16, p. 103-107, 2000.
- TALBERT, R. E. et al. Use of oil carries and herbigation on sprinkler irrigated rice. In: SOUTHERN WEED SCIENCE SOCIETY, 1983, Biloxi, Mississippi. **Proceedings...** Champaign: SWSS, 1983. p. 102.
- TOMLIM, C. **The pesticide manual.** 10.ed. Surrey: British Crop Protection Council, 1994. 1341 p.
- VIDAL, R. A. **Herbicidas:** mecanismo de ação e resistência de plantas. Porto Alegre: R.A. Vidal, 1997. 165 p.
- VIEIRA, R. F. Quimigação e fertigação. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão. Aspectos gerais e cultura no Estado de Minas.** Viçosa: Editora UFV, 1998. p. 221-266.
- VIEIRA, R. F.; SILVA, A. A. Aplicação de defensivos via água de irrigação por aspersão. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão. Aspectos gerais e cultura no Estado de Minas.** Viçosa: Editora UFV, 1998. p. 267-323.
- VIEIRA, R. F.; SUMNER, D. R. Application of fungicides to foliage through overhead sprinkler irrigation – a review. **Pestic. Sci.**, v. 55, p. 412-422, 1999.
- VIEIRA, R. F.; FONTES, J. R. A. Aplicação da mistura dos herbicidas fomesafen e fluazifop-p-butil por intermédio da água de irrigação de pivô-central, na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 14., Viçosa, 1994. **Palestras...** Viçosa: UFV, 1995. p. 176.
- YOUNG, J. R. Corn and sorghum: insect control with insecticides applied through irrigation systems. In: NATIONAL SYMPOSIUM ON CHEMIGATION, 2., 1982, Tifton, GA. **Proceedings...** Tifton: University of Georgia College of Agriculture, 1982. p. 35-40.
- WAUCHOPE, R. D. et al. Deposition, mobility and persistence of sprinkler-irrigation-applied chlorpyrifos on corn foliage and in soil. **Pestic. Sci.**, v. 32, p. 235-243, 1991.