
HERBIGAÇÃO

João Baptista da Silva¹

Décio Karam²

Enio Fernandes da Costa²

12.1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o uso de herbicidas nas principais culturas vem ganhando grande impulso, principalmente em áreas onde se procura obter alta produtividade. Com o aparecimento recente de inúmeros herbicidas registrados para uso em pós-emergência das plantas daninhas e das culturas, alguns com ação sobre a folhagem somente e outros apresentando ação foliar e de solo, o produtor agrícola dispõe hoje de um vasto número de produtos que podem controlar as plantas daninhas, desde a fase de pré-plantio até a pós-emergência tardia.

A maioria dos herbicidas é recomendada para atuar de forma preventiva (aplicações de pré-plantio e pré-emergência), ou na fase inicial da cultura, dando-se à lavoura condições de emergir e crescer sem os efeitos deletérios das plantas daninhas. A aplicação pré-emergente ou pós-emergente inicial é sempre desejável porque, nesse caso, as plantas daninhas não têm tempo de interferir nas plantas da cultura e não ocorrem perdas. As aplicações em pré-emergência ou em pós-emergência inicial ou precoce são, entretanto, muito dependentes da umidade do solo e da umidade relativa do ar. Muitas vezes a aplicação é ineficiente por falta ou

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

² Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Pesquisador da EMBRAPA/CNPMS. Cx. Postal 151, 35701-970 Sete Lagoas, MG

excesso de umidade no solo ou pela baixa umidade relativa do ar no momento da aplicação de um produto de ação pós-emergente. No caso de herbicidas de ação no solo e que são depositados na sua superfície e ali deixados, a água é o fator preponderante para sua ativação e retirada da superfície. Se não há umidade suficiente para sua solubilização, o herbicida permanece na superfície do solo, onde está sujeito às condições ambientais, podendo ser fotodecomposto e/ou volatilizado. As perdas de herbicida por falta de umidade podem explicar a grande maioria dos fracassos no uso de herbicidas em lavouras.

Nos sistemas de agricultura de sequeiro, a umidade do solo é totalmente dependente das precipitações pluviométricas. Se a chuva cai na hora e na quantidade certas, o sucesso da aplicação do herbicida é garantido. Caso contrário, o agricultor pode perder todo o investimento que fez no produto químico e no pulverizador. Devido a isso, o uso de herbicidas em lavouras irrigadas, nas quais a umidade é garantida pela irrigação, tem aumentado mais do que em lavouras de sequeiro.

Visando diminuir os custos da aplicação dos herbicidas, os produtores começaram a usar a própria irrigação para transporte e distribuição dessas substâncias, deixando de lado os pulverizadores aéreos e terrestres. Este capítulo tem o objetivo de mostrar os fatores envolvidos e relatar a experiências de pesquisa com a aplicação de herbicidas via água de irrigação (herbigeação), principalmente através de pivô central.

12.2. VANTAGENS E DESVANTAGENS DA HERBIGEAÇÃO

A utilização da água de irrigação para aplicar herbicidas foi citada pela primeira vez em 1969, por Lange, Agamalian e Sciaroni, que relataram sua experiência com essa técnica para o controle de plantas daninhas em espécies ornamentais. Antes disso, em 1955, Bruns et al. já haviam relatado o uso de solventes aromáticos para o controle de plantas aquáticas submersas em canais de irrigação. A partir dos anos setenta, apareceram vários trabalhos na literatura americana sobre a aplicação de herbicidas via água de irrigação, possibilitando o registro de vários produtos para o controle de diversas plantas daninhas, em diferentes culturas. Dowler (1985), Ogg (1986) e Ogg e Dowler (1988) apresentam revisões sobre o assunto e contam a história da evolução do uso da água de irrigação para a aplicação de herbicidas.

Nos Estados Unidos, Threadgill (1985) relata que, em 1983, 346.000 ha foram tratados com herbicida via água de irrigação, atingindo 5,8% da área total irrigada com pivô central naquele país. No Brasil, não há dados oficiais sobre a aplicação de herbicidas através do pivô central ou outros métodos de irrigação, mas a água de irrigação se torna cada vez mais

importante como veículo para transporte e distribuição de herbicidas. O maior entrave à utilização em larga escala desse método de aplicação de herbicidas, no Brasil, é a falta de produtos registrados para esse fim. Os problemas relacionados com a legislação brasileira são tratados no capítulo 13 deste livro.

A popularidade do uso da água de irrigação para aplicação de herbicidas está relacionada com um grande número de vantagens sobre os métodos convencionais de aplicação, tanto terrestres quanto aéreos. Ogg et al. (1983) relacionam doze vantagens da herbificação.

12.2.1. Vantagens

12.2.1.1. Redução do custo de aplicação dos herbicidas

Segundo Ogg et al. (1983), a herbificação pode reduzir em até 50% os custos da aplicação tratorizada. Threadgill (1985) calculou os custos da injeção do herbicida ou outro agroquímico, a operação do pivô central e a mão-de-obra para a aplicação e chegou à conclusão de que muitos fatores estão envolvidos no cálculo do custo de aplicação, como, por exemplo, a necessidade de incorporação ou não do herbicida, aplicação e irrigação simultâneas ou não, uso de um ou mais pivôs, aplicação única ou múltipla etc. Os resultados obtidos por Threadgill são apresentados na Tabela 12.1 e corroboram a afirmação de Ogg et al. (1983).

12.2.1.2. Redução do consumo de energia

A herbificação pode reduzir até 90% do consumo de energia requerida para a aplicação tratorizada.

12.2.1.3. Redução da mão-de-obra

Onde os pivôs centrais são usados, um homem pode supervisionar o tratamento de dois ou mais pivôs, reduzindo a mão-de-obra necessária para operar os pulverizadores.

12.2.1.4. Redução de equipamentos

A aplicação de herbicida através do pivô central reduz o desgaste de tratores, pulverizadores e, em alguns casos, das grades de incorporação do herbicida.

12.2.1.5. Redução da compactação do solo

A compactação do solo é menor, pela eliminação do trânsito de tratores utilizados para a pulverização. Essa vantagem não existe no caso de pulverização aérea.

TABELA 12.1. Custos para aplicações múltiplas de agroquímicos, via água de irrigação e convencional (US\$).

Tipo de aplicação ¹	Número de aplicações				
	2	4	6	8	10
	1F, 1H	2F, 1H, 1In	2F, 1H, 1In, 1Fg	3F, 1H, 4In	3F, 2H, 5In
Convencional via água	28,00	39,20	50,40	61,60	72,80
Economia (%)	13,78	17,92	20,27	26,19	32,26
	50,78	54,28	59,78	57,48	55,68

¹F = fertilizante; H = herbicida; In = inseticida; Fg = fungicida

Fonte: Threadgill (1985).

12.2.1.6. Redução dos perigos de contaminação do operador

A redução dos riscos de contaminação ocorre principalmente porque, na aplicação por pivô central, o herbicida fica muito diluído no grande volume de água e o operador não tem que ficar necessariamente na área onde ele está sendo aplicado. Na aplicação tratorizada, o operador fica muito exposto ao produto químico.

12.2.1.7. Redução da contaminação do meio ambiente

Desde que se levem em consideração as medidas para uma aplicação segura, a herbicidação pode diminuir o risco de contaminação do meio ambiente em função de três fatores básicos: diluição do herbicida no volume de água, menor deriva nos aspersores do que nos bicos hidráulicos de pulverização e menor quantidade de resíduos nas folhas da cultura e plantas daninhas.

12.2.1.8. Aumento da atividade do herbicida

Em muitos casos, o herbicida aplicado via água de irrigação é mais ativo do que quando aplicado convencionalmente. A umidade gerada pelo sistema de irrigação evita perdas do produto na superfície.

12.2.1.9. Maior uniformidade de aplicação do herbicida

O pivô central, quando bem construído e operado, pode distribuir o herbicida de maneira mais uniforme do que a pulverização aérea e tão uniforme quanto a pulverização terrestre.

12.2.1.10. Garantia de aplicação do herbicida na hora certa

A aplicação convencional de herbicidas às vezes é limitada pela umidade do solo, que impede o tráfego de trator, ou, no caso de

pulverização aérea, pela falta de avião na hora certa. Na herbificação, essa limitação não existe e a aplicação no momento certo possibilita ao produto atingir a zona de emergência das plantas daninhas em condições que garantem sua eficiência.

12.2.1.11. Maior compatibilidade com o sistema de plantio direto e de cultivo mínimo

Produtos muito voláteis, como o EPTC, precisam ser incorporados ao solo, quando a aplicação é feita com trator. Na herbificação, essa incorporação é feita pela própria irrigação, sem necessidade de revolvimento do solo.

12.2.1.12. Redução de injúrias à cultura

Em aplicações de pós-emergência, quando o herbicida é colocado sobre a folhagem da cultura, o resíduo que fica nas folhas é menor na aplicação via água de irrigação. Se a quantidade de herbicida que permanece nas folhas é menor, a absorção foliar também é menor e, conseqüentemente, as injúrias à cultura podem diminuir.

12.2.2. Desvantagens

A aplicação de herbicidas através do pivô central ou de outros sistemas pressurizados de irrigação possui algumas desvantagens com relação ao sistema convencional de pulverização, terrestre ou aéreo. Pelo menos cinco podem ser destacadas:

12.2.2.1. Requerimento de maior conhecimento no manejo

A herbificação requer treinamento de pessoal envolvido, para garantir que o operador conheça perfeitamente a calibragem do equipamento de injeção, o funcionamento do pivô central, das válvulas de segurança etc.

12.2.2.2. Requerimento de equipamentos adicionais

Quando a aplicação envolve um herbicida formulado como pó molhável ou como grânulo dispersível em água, o tanque de solução, onde o herbicida é diluído para injeção na linha de irrigação, precisa ser equipado com um sistema de agitação mecânica. Para melhor utilização, o tanque de solução e a bomba de injeção devem estar acoplados juntos numa carreta que possa ser transportada de área em área ou de pivô em pivô. Além disso, válvulas de segurança têm de ser usadas, para evitar a contaminação da fonte de água.

12.2.2.3. Aumento do risco de contaminação ambiental

Se as medidas de segurança não forem tomadas, há um perigo muito grande de contaminação da fonte de água, ou mesmo de drenos, pelo herbicida. Dependendo da toxicidade do produto usado e de sua concentração, podem ocorrer danos a peixes, moluscos, algas etc. No processo de aplicação de herbicida via água de irrigação, a preocupação com o meio ambiente tem que ser maior, principalmente quando o sistema de injeção é de pressão negativa, entre a fonte de água e a bomba de irrigação.

12.2.2.4. Aumento no tempo de aplicação

Enquanto a aplicação aérea de herbicida numa área de 100 ha requer cerca de uma a duas horas para ser feita ou 16 a 18 horas para ser realizada com trator, usando um pulverizador de 2.000 litros, equipado com barra de 35 bicos, a aplicação através do pivô central requer de 25 a 28 horas. Isso pode ocasionar transtornos com relação às condições climáticas, como ocorrência de chuvas, ventos etc.

12.2.2.5. Realização de uma irrigação desnecessária

Às vezes a aplicação do herbicida é feita quando o solo já está úmido e a irrigação não seria necessária, o que onera economicamente a cultura.

12.3. FATORES QUE AFETAM O COMPORTAMENTO DOS HERBICIDAS

12.3.1. Propriedades físico-químicas dos herbicidas

Herbicidas são substâncias químicas que têm o seu comportamento regido por propriedades físico-químicas e pelas condições ambientais. Essas propriedades devem ser conhecidas para cada herbicida que está sendo usado, independentemente da forma de aplicação, seja através de pivô central ou de pulverizador convencional. As características mais importantes de um herbicida que devem ser conhecidas antes da sua utilização são a solubilidade em água (S_w), a pressão de vapor (C_a), o coeficiente de repartição carbono orgânico - água (K_{oc}), a meia-vida no solo ($T_{1/2}$) e o escore de contaminação do lençol freático (GUS).

12.3.1.1. Solubilidade em água (S_w).

A quantidade do herbicida que é dissolvida em água representa a parte do mesmo que irá para a solução do solo e ficará disponível para os diversos processos físico-químicos de absorção pelas raízes, adsorção aos

colóides do solo, biodegradação, lixiviação, volatilização etc. Normalmente, quanto mais solúvel em água for o herbicida, mais disponível ele está no solo e maior profundidade ele atinge. A maior disponibilidade do herbicida na solução do solo pode significar maior absorção pelo sistema radicular, maior eficiência de controle de plantas daninhas, maior grau de injúria à cultura e menor tempo de ação no solo. A solubilidade em água é expressa normalmente em partes por milhão (ppm) e varia grandemente entre os herbicidas. Um exemplo de herbicida muito solúvel é o fomesafen, usado na cultura do feijão e que tem uma solubilidade estimada em 160.000 ppm. Pendimethalin, também usado na cultura do feijão, é um exemplo de baixa solubilidade, estimada em apenas 0,5 ppm. Almeida e Rodrigues (1988), em seu Guia de Herbicidas, apresentam a solubilidade para os herbicidas registrados no Brasil.

12.3.1.2. Pressão de vapor (C_a).

Essa propriedade representa a tendência do herbicida de sair da solução do solo e perder-se na atmosfera, no processo conhecido como volatilização. Produtos químicos com alta pressão de vapor movimentam-se nos poros vazios do solo na forma de gás e podem, se deixados na superfície do solo, perder-se totalmente. A pressão de vapor varia com a temperatura e é normalmente expressa em mm Hg, a 25°C. Um exemplo de herbicida muito volátil é o EPTC, cuja pressão de vapor é $1,0 \times 10^{-1}$ mm Hg a 25°C. Esse herbicida, por sua alta volatilidade, tem de ser aplicado ao solo e incorporado simultaneamente para não se perder e, na forma de gás, consegue controlar gramíneas rizomatosas e até mesmo ciperáceas. Quando o EPTC é aplicado via água de irrigação, a incorporação é feita pela água.

Outro herbicida que apresenta pressão de vapor muito alta e precisa ser incorporado ao solo é o butylate ($1,3 \times 10^{-2}$ mm Hg a 25°C), usado na cultura do milho. A grande maioria dos herbicidas, entretanto, não apresenta essa volatilidade tão alta e são depositados na superfície do solo. As perdas desses herbicidas por volatilização são muito pequenas e, portanto, desprezadas. Para se ter uma idéia, um herbicida de ação pré-emergente, como metolachlor, também usado na cultura do milho, apresenta uma pressão de vapor de $1,3 \times 10^{-5}$ mm Hg a 25°C, ou seja, mil vezes menos volátil do que butylate e cerca de 77.000 vezes menos volátil do que EPTC.

12.3.1.3. Coeficiente de repartição carbono orgânico - água (K_{oc})

Essa é uma propriedade físico-química derivada do coeficiente de adsorção aos colóides do solo, conhecida por K_d . O coeficiente de

adsorção varia muito de lugar para lugar, sendo determinado em laboratório, colocando-se o herbicida em contato com uma massa de solo. As características do solo variam muito e, portanto, os valores de K_D variam de acordo com o solo e até mesmo com o ponto ou camada onde a amostra de solo foi retirada. O coeficiente de repartição carbono orgânico - água é um K_D especial, é adsorção do herbicida à matéria orgânica do solo ou, mais especificamente, à fração de carbono orgânico do solo, admitindo-se que a matéria orgânica é responsável inteiramente pelo processo de adsorção.

O coeficiente de repartição carbono orgânico - água representa a tendência do produto químico de sair da água do solo e partir para a fase sólida do mesmo, representada pela matéria orgânica. Apesar de o papel das argilas no processo de adsorção ser significativo para determinados agroquímicos, o K_{OC} tem sido usado para se calcular o K_D , a partir da porcentagem de carbono orgânico do solo, obtendo-se naturalmente uma estimativa do que seria a adsorção daquele herbicida naquele solo. A porcentagem de carbono orgânico do solo é um dado de rotina dos laboratórios de solo e o K_D pode ser calculado pela fórmula:

$$K_D = K_{OC} \cdot \%CO / 100$$

Por outro lado, o cálculo de K_{OC} não é tão simples. Gustafson (1989) mostra como esse coeficiente pode ser determinado a partir de um valor médio de K_D e um valor médio do conteúdo de carbono orgânico em 20.000 solos americanos. O que se usa na prática é uma base de dados que fornece os valores de K_{OC} para a maioria dos herbicidas registrados e usados nos Estados Unidos e no Brasil. Uma boa base de dados sobre agroquímicos é fornecida pelo Departamento de Agricultura e Alimentos da Califórnia, EUA (Wilkerson e Kim 1986).

A Tabela 12.2 mostra os valores de K_{OC} para alguns herbicidas usados em culturas irrigadas no Brasil. Para um herbicida como fomesafen, usado na cultura do feijão, o valor de K_{OC} é baixo (2 ml / g), o que significa que esse produto não se prende aos colóides do solo e tem uma tendência de permanecer na solução do solo e se movimentar com ela. Fomesafen é um herbicida muito móvel no solo, principalmente naqueles com baixo teor de matéria orgânica. Trifluralin, outro herbicida usado na cultura do feijão, incorporado mecanicamente ou pela lâmina d'água, apresenta, ao contrário de fomesafen, um K_{OC} alto (7.950 ml / g). A afinidade de Trifluralin pelos colóides do solo o torna praticamente imóvel. Um dos motivos pelos quais trifluralin é incorporado ao solo é sua incapacidade de mover-se com a água e atingir a zona de emergência das plantas daninhas. Quando não é incorporado, ele tem a tendência de ficar na superfície, preso aos sedimentos, perdendo-se por volatilização, por fotodecomposição e

TABELA 12.2. Características físico-químicas de alguns herbicidas usados em culturas irrigadas.

Herbicida	K _{OC} (ml / g)	T _{1/2} (dias)	GUS
Fomesafen	2	180	8,34
Metolachlor	99	44	3,29
Atrazine	107	74	3,68
Simazine	138	56	3,25
Alachlor	161	14	2,06
Trifluralin	7.950	83	0,66
Pendimethalin	16.300	60	- 0,38

Fonte: Gustafson (1989) e Wauchope (1988).

controlando somente as plantas daninhas que emergem na superfície.

Em termos práticos, comparando-se dois ou mais herbicidas, usando o K_{OC} como característica, o herbicida que apresentar o menor valor de K_{OC} pode ser considerado como o mais móvel no solo e o que é mais disponível para absorção pelas raízes. Ao contrário, o herbicida que apresentar o maior valor de K_{OC}, é o que se move menos, sendo menos disponível na solução do solo.

12.3.1.4. Meia-vida no solo(T_{1/2})

Essa é uma característica que representa a persistência do herbicida no solo. Agronomicamente, a meia-vida deve ser longa o suficiente para que o herbicida controle as plantas daninhas durante o período crítico de competição, mas não tão longa que chegue a deixar resíduos para a safra seguinte. O conceito de meia-vida, entretanto, não está ligado diretamente à performance agronômica do herbicida. Por exemplo, um herbicida pode deixar de atuar simplesmente porque saiu da zona de absorção pelas plantas. O conceito de meia vida está ligado realmente à sua condição de dissipação no solo.

A meia-vida no solo é expressa em dias e representa o tempo que a metade do composto é degradado ao nível de CO₂. O teste é feito com uma massa conhecida do herbicida, geralmente usando-se um produto experimental com C¹⁴, colocando-a em contato com uma massa de solo e avaliando-se a evolução de CO₂. Admitindo-se uma equação do primeiro grau, faz-se um gráfico da evolução do gás carbônico em função do tempo, e se determina o número de dias necessários para que a metade do CO₂ seja liberada do solo.

A meia-vida, como outras propriedades físico-químicas, é um parâmetro de difícil obtenção em laboratório e varia de um solo para outro.

Na prática, usa-se uma base de dados e seu valor deve ser usado meramente para comparação. Por exemplo, como pode ser visto na Tabela 12.2, comparando-se os herbicidas alachlor e metolachlor, ambos do grupo químico cloroacetamidas e usados na cultura do milho, alachlor apresenta uma meia-vida de 14 dias e metolachlor, de 44 dias. Por essa característica, pode-se entender perfeitamente que metolachlor é mais persistente no campo do que alachlor. Por outro lado, compostos com uma meia-vida muito longa, como fomesafen (180 dias), podem ultrapassar o período da cultura, principalmente em solos mais secos, e deixar resíduos para a safra seguinte. Muitas vezes a cultura sucedânea à aplicação de um herbicida apresenta sintomas de injúria e isso é devido ao fato de que a meia-vida não foi levada em conta na escolha do produto químico a ser usado. Muitas dessas injúrias iniciais não chegam a causar danos na produção final, mas não deixam de assustar.

12.3.1.5. Escore de contaminação do lençol freático (GUS)

Esta característica alia o coeficiente de repartição carbono orgânico - água (K_{OC}) com a meia vida no solo ($T_{1/2}$). A sigla GUS advém das palavras inglesas "Groundwater Ubiquity Score" e foi usada primeiramente por Gustafson (1989). A preocupação do autor foi achar uma forma de se determinar a probabilidade de um composto orgânico, seja um herbicida, um inseticida ou qualquer outro agroquímico, atingir o lençol freático, um problema ambiental. Gustafson usou a seguinte fórmula:

$$GUS = \text{Log}T_{1/2} \times (4 - \text{Log}K_{OC})$$

Segundo o autor, herbicidas com GUS abaixo de 1,8 não apresentam risco de contaminar o lençol freático, ou seja, ou têm um K_{OC} muito alto (imóveis) ou apresentam uma meia-vida no solo muito curta, não chegando a alcançar o lençol. Herbicidas com GUS acima de 2,8 são, por outro lado, prováveis contaminantes da água do solo. A Tabela 12.2 apresenta os valores de GUS para alguns herbicidas, servindo de base para a avaliação sumária da probabilidade ou não de os mesmos contaminarem o lençol freático. Deve ser levado em conta também que os herbicidas que apresentam GUS abaixo de 1,8 podem representar um perigo de contaminação de águas superficiais, rolando com os sedimentos, no caso de chuvas torrenciais.

Pela Tabela 12.2., pode-se ver que trifluralin e pendimethalin não são contaminantes prováveis da água do solo, mas os demais sim. Alachlor, pelo GUS, fica numa posição intermediária entre os prováveis e os não-prováveis contaminantes. Em casos de áreas agrícolas onde o lençol freático é muito superficial, cuidados especiais devem ser tomados para evitar a contaminação do mesmo por herbicidas que apresentam um GUS

superior a 2,8. A probabilidade de contaminação é grande, por causa da mobilidade no solo e da meia-vida longa. O ideal é que esses herbicidas sejam substituídos nos casos de perigo de contaminação.

12.3.2. Aplicação em pré e pós-emergência das plantas daninhas

Quando o herbicida é aplicado em pré-emergência das plantas daninhas, o alvo é sempre o solo. O herbicida é ali depositado e, dependendo de suas propriedades físico-químicas e das condições do solo, será ativado pela umidade do solo e absorvido pelos tecidos vivos das plantas, antes mesmo da emergência.

Na pré-emergência, as condições do solo representam um fator importante na performance do herbicida. O teor de matéria orgânica do solo e, com menos importância, o teor e tipo de argila, são imprescindíveis para se prever essa performance. A matéria orgânica e as partículas de argila tendem a prender o herbicida e torná-lo menos disponível para absorção pelas plantas e menos móvel no solo.

Geralmente, em solos arenosos, com baixo teor de matéria orgânica, é onde se observa maior mobilidade dos herbicidas. Nesse caso, a quantidade de água para incorporar o herbicida deverá ser menor. Uma irrigação excessiva pode locomover o herbicida para uma camada abaixo da zona de emergência das plantas daninhas, provocando perda na atividade do herbicida. Por outro lado, solos pesados, com teor médio de matéria orgânica, requererão uma maior lâmina de água para ativação do herbicida e, para compensar a parte que estará adsorvida nos colóides do solo, precisarão de uma dose maior do herbicida.

O teor de umidade do solo no momento da aplicação é também um fator primordial na performance de muitos herbicidas. Por exemplo, se o solo estiver seco, o processo de adsorção é favorecido e o herbicida pode ter sua persistência aumentada. Um exemplo prático dessa observação é o caso de herbicidas voláteis, cuja persistência em solos secos é muito maior do que em solos úmidos. No caso da aplicação de um herbicida volátil via água de irrigação, a persistência do produto decresce, por causa da solubilização e imediata volatilização.

Quando o herbicida é aplicado na pós-emergência das plantas daninhas, o alvo é a folhagem, porta de entrada para o herbicida. As folhas oferecem barreiras para a penetração de substâncias estranhas através da cutícula. O herbicida precisa atravessar uma camada não polar do lado de fora (suberina) e polar do lado de dentro (pectina). O tempo de absorção varia grandemente com os herbicidas, com as espécies de plantas daninhas e até com o estágio da planta.

O destino de um herbicida quando cai numa folha pode ser:

1. atravessar a cutícula e ser absorvido;
2. ficar preso na cutícula;
3. ser volatilizado e perder-se na atmosfera;
4. ser fotodecomposto;
5. permanecer na superfície da folha na forma cristalizada, após a evaporação da gotícula de água. Nesse caso, eventualmente, o herbicida pode ser redissolvido pela umidade do orvalho e ser absorvido.

Um fator primordial na performance de um herbicida aplicado em pós-emergência são as condições ambientais, representadas pela temperatura, luminosidade, direção e velocidade do vento e umidade relativa do ar. A temperatura favorece a evaporação da gotícula de água e também a volatilização do herbicida. A luminosidade afeta o comportamento de herbicidas como os inibidores fotossintéticos, os disruptores de membrana, os inibidores da síntese de pigmentos etc. Por exemplo, a aplicação pós-emergente de um inibidor fotossintético como atrazine, em um dia muito ensolarado, pode ocasionar uma aceleração no seu modo de ação. A aceleração pode significar um controle mais eficiente das plantas daninhas mas, por outro lado, um maior grau de injúria às plantas da cultura.

O vento pode acarretar problemas na distribuição do herbicida, aumentar a deriva e aumentar as perdas por volatilização de herbicidas voláteis. Ogg et al. (1983) recomendam uma série de medidas para minimizar a ação do vento, como a redução da pressão de irrigação, diminuição do espaçamento entre os aspersores, diminuição da altura etc. Ventos fortes, aliados a uma temperatura alta, podem ocasionar perdas por volatilização, deriva de herbicidas para culturas susceptíveis nas proximidades etc.

Outro fator climático importante é a umidade relativa do ar, que, quanto mais baixa, menor é o tempo que leva para a gotícula de água evaporar e deixar o herbicida concentrado na superfície foliar, sem condições de ser absorvido. Geralmente, os fabricantes de herbicidas que são recomendados para aplicação pós-emergente aconselham a aplicação com a umidade relativa do ar acima de 60% (Almeida e Rodrigues 1988). Em áreas irrigadas, esse problema pode ser contornado pela aplicação noturna, quando a umidade relativa do ar se eleva, ou pela aplicação do herbicida após uma irrigação preliminar, para criar um microclima de maior umidade no ar.

A aplicação de um herbicida em pós-emergência, via água de irrigação, é influenciada por fatores relacionados com o próprio herbicida, com as condições climáticas reinantes na hora de aplicação e com a planta

que irá receber a aplicação. Wauchope e Street (1987), trabalhando com MSMA, um herbicida solúvel em água e não volátil, aplicado com um pulverizador costal, na cultura do arroz, em vários estádios de desenvolvimento, determinaram que a quantidade do herbicida retido nas folhas foi aproximadamente proporcional ao tamanho das plantas e à dose aplicada. Quando as plantas foram tratadas com 80cm de altura, já cobrindo todo o solo, mesmo assim somente 50% do herbicida foi retido nas folhas. A retenção do herbicida aumenta com a área foliar, mas não necessariamente aumenta a eficácia do mesmo, porque a tolerância das plantas daninhas quase sempre aumenta com o tempo.

12.3.3. Sistema de injeção e lâmina de água

O terceiro capítulo deste livro trata especificamente dos sistemas e bombas de injeção de agroquímicos na linha principal de irrigação e o sexto capítulo aborda a calibragem da irrigação, indicando como se obter uma lâmina de água desejada. Vale a pena, entretanto, salientar alguns aspectos sobre o sistema de injeção e a lâmina de água que podem afetar o funcionamento dos herbicidas.

A capacidade e a calibragem da bomba injetora são fatores importantes na aplicação correta do herbicida. A capacidade da bomba precisa ser compatível com o sistema de irrigação e seus usos e a calibragem da injeção tem de ser de acordo com a calibragem da irrigação. Herbicidas são geralmente injetados a baixo volume, para diminuir o reabastecimento do tanque de solução e, muitas vezes, a bomba trabalha abaixo de 40% da capacidade especificada. O ideal é que a bomba seja operada entre 40% e 100% de sua capacidade, para maior precisão na injeção. Para não sobrecarregar a bomba, é preferível que o herbicida seja um pouco mais diluído.

De acordo com Ogg et al. (1983), a maioria dos herbicidas de ação no solo podem ser aplicados com uma lâmina de água que varia de 5mm a 25mm. A lâmina deve ser apropriada para as condições locais de solo e para o herbicida que se pretende aplicar. Deve-se evitar também que a velocidade de irrigação seja maior do que a capacidade de drenagem do solo, para não ocorrer escoamento superficial. O escoamento superficial ocasiona acúmulo de herbicida nas partes mais baixas do terreno.

O tamanho da lâmina de água é mais importante quando a aplicação é feita com um herbicida de ação pós-emergente. Em pulverizações convencionais, volumes acima de 900 ℓ /ha já causam escoamento foliar. Para uma lâmina de 4mm, o volume é de 40.000 ℓ /ha, ou seja, o escoamento do herbicida que atinge as folhas é muito grande.

Os resultados experimentais indicam, entretanto, que a aplicação pós-emergente é viável para um grande número de herbicidas, plantas daninhas e culturas estudadas.

Segundo Johnson et al. (1986), com exceção de sethoxydim, todos os herbicidas que não se comportaram bem em aplicações pós-emergentes via água são solúveis em água ou formulações miscíveis em água. Salientam os autores que a adição de um óleo vegetal ou mineral não-emulsificado ajuda a melhorar ou garantir a eficácia da aplicação. Guy, Talbert e Ferguson (1985) trabalharam com os graminicidas fluazifop-butyl, haloxyfop-methyl e DPX - Y6202, em casa de vegetação, comparando a ação dos três herbicidas no controle de capim colchão, quando aplicados em diferentes lâminas de água, e concluíram que: a) fluazifop-butyl foi menos eficaz do que os outros dois herbicidas no controle da gramínea; b) a performance do fluazifop-butyl foi pior usando-se uma lâmina de 12,5mm do que a lâmina de 2,5mm; c) a adição de óleo vegetal só foi positiva quando não houve fertilização anterior com a mistura 15:30:15; d) quando a fertilização foi feita antes da aplicação, todos os herbicidas foram eficazes no controle, indicando que a fertilização predispôs a gramínea para uma maior absorção.

12.4. RESULTADOS EXPERIMENTAIS NO BRASIL E NO EXTERIOR

12.4.1. Herbicidas de pré-emergência

Os trabalhos de pesquisa no Brasil, sobre a aplicação de herbicidas via água de irrigação, estão em fase de instalação, não sendo encontrados dados definitivos publicados. Nessa área, as dificuldades dos pesquisadores brasileiros estão relacionadas com a falta de equipamentos experimentais e com o desinteresse das empresas fabricantes de herbicidas em desenvolver trabalhos para obter a extensão de uso de seus produtos junto ao Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. O mercado, segundo os fabricantes, ainda não é sólido suficiente para compensar o investimento. Esse é um problema passageiro e deverá ser superado em pouco tempo. Pelo fato de os produtores de áreas irrigadas questionarem o uso de herbicidas através de aspersores, algumas empresas começam a se interessar pelo assunto e, dentro em breve, vários trabalhos estarão sendo executados pelos pesquisadores brasileiros e as recomendações de pesquisa serão publicadas. No momento, a prática da herbição está à frente da pesquisa.

Silva e Costa (1991) conduziram um trabalho em Sete Lagoas, MG, avaliando herbicidas em pré-emergência para a cultura do milho. Foram avaliadas as misturas formuladas à base de atrazine + metolachlor (1,4 + 2,1 kg/ha), atrazine + butylate (1,008 + 4,032 kg/ha), atrazine + alachlor

(1,44 + 2,40 kg/ha), e atrazine + simazine (1,5 + 1,5 kg/ha), comparadas com uma testemunha sempre limpa manualmente. Os herbicidas foram aplicados com uma lâmina de 3,21 mm de água, através de aspersores setoriais SAGRA AJS-13, dispostos em duas linhas paralelas distanciadas de 12 m, formando parcelas experimentais de 12 m x 12 m. A injeção dos herbicidas foi feita com uma motobomba dosadora FMC - JB5, na vazão de 20 l/min, durante 5 min (100 l de calda para duas parcelas de 144 m²). Os principais resultados alcançados estão na Tabela 12.3. Os autores concluíram que as misturas formuladas estudadas tiveram um comportamento normal e que a aplicação via irrigação por aspersão na cultura do milho é viável, sem prejuízo para a eficácia. A mistura de atrazine + metolachlor foi afetada pelo alto índice de precipitação pluviométrica ocorrido nos três dias anteriores à aplicação (18,8 mm) e três dias posteriores (72,4 mm), apresentando um controle de plantas daninhas de folhas largas, principalmente o amendoim-bravo ou leiteira (*Euphorbia heterophylla*), inferior aos demais tratamentos, sem comprometer, contudo, a produtividade.

Nos Estados Unidos da América, a aplicação de herbicidas via água de irrigação tem merecido muita atenção, principalmente na Geórgia. Desse estado americano saem quase todos os trabalhos sobre herbicidação.

Dowler et al. (1982), trabalhando com as culturas de milho, soja e amendoim, testaram, via água de irrigação, os herbicidas: butylate, metolachlor, alachlor, ou pendimethalin, em mistura com atrazine +

TABELA 12.3. Eficácia de quatro misturas formuladas de herbicidas, aplicadas em pré-emergência na cultura do milho, através de aspersores setoriais. Efeito sobre a porcentagem de área coberta pelas plantas daninhas nas parcelas, aos 64 dias após a aplicação, e sobre a produção de grãos. CNPMS, Sete Lagoas, MG, 1986/87.

Tratamentos	Doses (kg/ha)	Gramíneas (%) ¹	Folhas largas (%) ¹	Total plantas dan. (%) ¹	Prod. de grãos (kg/ha)
Atraz. + Metolachlor	1,4 + 2,1	0,800 a ²	10,375 a	11,150 a	5.227 a
Atraz. + Butylate	1,008 + 4,032	1,175 a	2,575 b	3,750 b	5.227 a
Atraz. + Simazine	1,5 + 1,5	0,325 a	3,175 b	3,500 b	5.369 a
Atraz. + Alachlor	1,44 + 2,4	0,800 a	3,388 b	4,250 b	5.199 a
Testemunha Capinada	-	0,950 a	3,050 b	4,000 b	5,227 a

¹Dados originais convertidos em arc.sen. raiz de %, para análise

²Médias dentro da mesma coluna, seguidas da mesma letra, não se diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

cyanazine, para milho; alachlor, metolachlor, oryzalin ou pendimethalin, em mistura com metribuzin, para soja; e, alachlor, benefin, benefin + vernolate e pendimethalin, para amendoim. Trabalharam em solos arenosos, semelhantes àqueles encontrados na região Norte de Minas Gerais, usando lâminas que variaram entre 6,3 e 12,7 mm de água. A variação de controle total de plantas daninhas nas três culturas estudadas foi de, respectivamente, 93% a 95%, 84% a 94% e 91% a 95%. Consideraram que a eficácia demonstrada pelos herbicidas no ensaio foi igual ou superior à eficácia verificada com os mesmos produtos aplicados convencionalmente.

Os mesmos autores conduziram um trabalho em solo arenoso, com o objetivo de verificar a penetração de herbicidas no solo, quando aplicados via água de irrigação. Trabalharam com os herbicidas butylate, vernolate, metolachlor, oryzalin, pendimethalin e atrazine, aplicados com lâminas de 6,3 mm e 12,7 mm. Coletaram amostras de solo 24 horas após a aplicação dos herbicidas, de cinco em cinco centímetros, da superfície até a profundidade de 30 cm. Após determinarem as concentrações dos herbicidas nas diversas camadas do solo, concluíram que a mobilidade dos produtos químicos não se correlacionou diretamente com a solubilidade em água dos mesmos. Butylate e vernolate, cujas solubilidades são, respectivamente, 45 e 90ppm, foram achados em maior concentração na camada de 10 a 30cm do que o herbicida metolachlor, cuja solubilidade em água é 530 ppm e que foi achado em maior concentração nos primeiros 10cm. Oryzalin e pendimethalin, como esperado, permaneceram quase que totalmente nos primeiros 5cm do solo. Concluíram que a penetração e distribuição de herbicidas no solo podem ser afetadas pelo preparo do solo, pela lâmina de água empregada e pelas propriedades físico-químicas dos herbicidas e do solo tratado.

Banks e Dowler (1986) trabalharam com os herbicidas benefin e metribuzin, aplicados a baixa pressão (207 kPa) e, alachlor e butylate, aplicados a baixa e alta pressões (207kPa e 483kPa). Estudaram a distribuição dos herbicidas em amostragem feita através de coletores distribuídos, diagonalmente, ao longo das curvas traçadas pelas três torres de pivô central e, paralelamente, com a linha de irrigação, em 12 pontos espaçados uniformemente. Verificaram que a distribuição de alachlor não foi afetada pela pressão de aplicação; foram detectados padrões discerníveis de distribuição dos herbicidas, atribuídos à variação de bicos e ao vento; a formulação pó molhável de metribuzin não seguiu o mesmo padrão de distribuição dos outros herbicidas, apresentando maiores concentrações nos coletores mais próximos do ponto de injeção; comparando as concentrações dos herbicidas durante a aplicação, em amostras de água coletadas na linha de irrigação e na superfície do solo,

foram detectadas perdas de 29% e 28%, respectivamente, para metribuzin e benefin, e nada para alachlor e butylate. Concluíram que as pequenas variações verificadas na distribuição dos herbicidas foram aceitáveis, não causando perdas na eficácia de controle das plantas daninhas e nem injúrias às culturas estudadas.

Além das culturas de milho, soja e amendoim, a literatura registra também experiências de controle de plantas daninhas através da herbicidação, em pré-emergência, em outras culturas, como a batatinha (Wyman et al. 1986) e pomar de noz macadâmia (Hirae et al. 1988).

Wyman et al. trabalharam com os herbicidas alachlor (pré-plantio), pendimethalin e EPTC (pré-emergência) e metribuzin e linuron (pós-emergência). Fizeram a aplicação através do pivô central, com uma barra de bicos colocada sob o pivô, a uma altura aproximada de 1m acima do solo, e através de um pulverizador convencional. A Tabela 12.4. mostra os resultados encontrados para o tratamento EPTC (PRÉ) +/- metribuzin (PÓS), nos três sistemas de aplicação. Não detectaram diferenças significativas entre os sistemas de aplicação.

Hirae et al. (1988), em trabalho realizado no Havaí, com os herbicidas oryzalin e atrazine, em noz macadâmia, nos sistemas de aplicação via água de irrigação por gotejamento e convencional, registraram excelente controle do capim-colchão com a mistura de oryzalin + atrazine, tanto na herbicidação quanto na aplicação tratorizada. Atrazine, aplicado isoladamente, no sistema convencional, não mostrou boa eficácia no controle da gramínea invasora.

A aplicação pré-emergente de herbicidas via água de irrigação, independentemente do sistema, aspersão ou gotejamento, é viável. A viabilidade da aplicação pré-emergente está relacionada com o fato de que

TABELA 12.4. Controle de plantas daninhas com EPTC (PRÉ) +/- metribuzin (PÓS) na cultura da batatinha, em três diferentes sistemas de aplicação.

Sistema de aplicação	Plantas daninhas controladas (%) ¹			
	<i>C. album</i>	<i>A. retroflexus</i>	<i>G. aparine</i>	<i>A. artemisifolia</i>
Convencional/Tratorizado	87 a	92 a	97 a	99 a
Barra sob o pivô central	88 a	99 a	100 a	100 a
Pivô central	80 a	81 a	97 a	100 a

Fonte: Wyman et al. (1986).

¹ Números na mesma coluna seguidos da mesma letra não se diferenciam pelo teste de Tukey, para comparação a 5%.

o alvo da aplicação é o solo e que a água de irrigação, além de transportar o produto químico, serve também para ativá-lo no solo.

O apêndice no final deste capítulo apresenta uma relação dos nomes comerciais dos herbicidas citados pelos seus princípios ativos.

12.4.2. Herbicidas de pós-emergência

Um bom número de publicações pode ser encontrado na literatura americana relatando experiências sobre a aplicação pós-emergente de herbicidas nas culturas de milho, soja e amendoim. Entre essas publicações, podem ser destacadas as de Dowler (1982, 1984, 1984b e 1985), Guy, Talbert e Ferguson (1985), Johnson et al. (1986) e Threadgill (1991).

Dowler (1982) aplicou os herbicidas acifluorfen, sethoxydim, bentazon, fluazifop-butyl, PPG-844, CGA-82725, RH-0265, metolachlor, chloramben, naptalam e dinoseb, em pós-emergência das plantas daninhas e das culturas de soja e amendoim, através de um pequeno simulador de irrigação para parcelas experimentais e de um pequeno pivô central. As lâminas de água variaram de 2,5 mm a 6,35 mm, num solo do tipo areia barrenta. Observou que os herbicidas acifluorfen, RH-0265, PPG-844, sethoxydim e CGA-82725, usados na cultura de soja, apresentaram atividade de moderada a boa, quando aplicados via água de irrigação, adicionando-se ao tanque de diluição um óleo vegetal não emulsificável. O herbicida bentazon não apresentou atividade quando aplicado nas mesmas condições e Dowler (1982) considera que essa falta de ação de bentazon pode estar relacionada com as plantas daninhas da área experimental, apontadas na literatura como tolerantes a esse herbicida. Os principais resultados obtidos por Dowler (1982) na cultura da soja estão nas Tabelas 12.5 e 12.6.

A Tabela 12.5. mostra que os herbicidas acifluorfen, sethoxydim e PPG-844 foram afetados pela lâmina de água usada na aplicação, apresentando melhor controle das plantas daninhas quando foram aplicados com uma lâmina de 2,5mm. O herbicida experimental CGA-82725, de ação graminicida, não foi afetado pela lâmina de água. O controle de *Panicum texanum* Buckl. com CGA-82725 foi igual nas duas lâminas estudadas. Para os herbicidas de folhas largas acifluorfen e PPG-844, a maior lâmina reduziu a ação dos mesmos sobre as plantas da cultura, diminuindo a porcentagem de injúria.

TABELA 12.5. Influência da lâmina de água na eficácia agrônômica de alguns herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura da soja

Tratamentos ¹			% de controle ²			Injúria à cultura (%)
Herbicida	Dose (kg/ha)	Lâmina (mm)	<i>P. texanum</i>	<i>C. obtusifolia</i>	<i>Ipomoea sp</i>	
		2,5	60	50	95	10
Acifluorfen	0,56	6,35	0	20	0	5
		2,5	20	50	100	20
RH-0265	0,28	6,35	10	50	95	25
		2,5	30	90	100	50
PPG-844	0,56	6,35	20	50	90	15
		2,5	100	0	0	0
Sethoxydim	0,224	6,35	40	0	0	0
		2,5	98	0	0	0
CGA-82725	0,56	6,35	98	0	0	0
		2,5	0	0	0	0
Bentazon	1,12	6,35	0	0	0	0

Fonte: Dowler (1982).

¹Todos os herbicidas foram aplicados com 9,35 l/ha de óleo vegetal não emulsificável.

²Observações realizadas 14 dias após a aplicação.

TABELA 12.6. Eficácia de controle pós-emergente de algumas plantas daninhas na cultura da soja com herbicidas aplicados com uma lâmina de 2,5 mm de água.

Tratamentos		Controle aos 10 a 14 dias após a aplicação (%)				
Herbicida	Dose (kg/ha)	<i>P. texanum</i>	<i>D. sanguinalis</i>	<i>Ipomoea sp</i>	<i>A. retroflexus</i>	Total
Fluazifop-butyl	0,28	100	100	0	0	20
Acifluorfen	0,28	50	20	90	100	80
PPG-844	0,56	50	30	100	100	80
RH-0265	0,28	25	10	75	100	50
Fluazifop-butyl + Acifluorfen	0,28 + 0,28	100	90	100	100	90
Fluazifop-butyl + PPG-844	0,28 + 0,56	100	98	100	100	95
Fluazifop-butyl + RH-0265	0,28 + 0,28	100	90	100	100	90
Sethoxydim	0,224	90	0	0	0	30

Fonte: Dowler (1982).

Os dados obtidos por Dowler (1982), apresentados na Tabela 12.6 indicam que, os herbicidas fluazifop-butyl, acifluorfen, PPG-844, RH-0265 e

as misturas de fluazifop-butyl com acifluorfen, PPG-844 e RH-0265, quando aplicados com uma lâmina de 2,5 mm de água e usando óleo de amendoim como veículo, apresentaram bom controle das plantas daninhas na cultura da soja. Fluazifop-butyl, atualmente comercializado como fluazifop-p-butyl, o isômero ativo do herbicida, é um graminicida específico, sem ação sobre as folhas largas. A mistura desse produto com acifluorfen, PPG-844 ou RH-0265, tem a finalidade de aumentar o espectro de controle para ambos grupos de plantas daninhas, gramíneas e folhas largas.

Na cultura do amendoim, Dowler (1982) trabalhou com os herbicidas metolachlor, chloramben, naptalam + dinoseb, sethoxydim + acifluorfen, RH-0265 e sethoxydim + RH-0265, aplicando os produtos em pós-emergência inicial da cultura e de plantas daninhas, com uma lâmina de 6,35mm. Os resultados alcançados foram satisfatórios.

Na cultura do milho, Dowler (1984, 1984b e 1985) utilizou a mistura de tridiphane (um herbicida enzimático que atua sobre gramíneas quando em mistura com outros herbicidas) com atrazine e cyanazine (dois inibidores fotossintéticos de ação sobre dicotiledôneas e algumas gramíneas). Usou lâminas variáveis de 2,5 mm a 6,35 mm, aplicando os herbicidas através do pivô central e de um simulador de irrigação para parcelas experimentais. A aplicação foi feita usando somente a água como veículo, adicionando óleo de soja no tanque de diluição e junto com o fertilizante, na fórmula 3:9:27.

Os dados experimentais obtidos por Dowler estão na Tabela 12.7 e mostram o efeito da aplicação da mistura de herbicidas junto com um fertilizante rico em potássio. O fertilizante permitiu um melhor controle de *Panicum texanum* do que o uso de óleo de soja no tanque de diluição. A explicação para essa ação pode estar relacionada com uma maior absorção dos herbicidas, tanto foliar quanto radicular. Quando se comparam as lâminas de água em relação ao controle de folhas largas, a lâmina de 5,08 mm foi superior à de 2,54 mm. O melhor efeito da maior lâmina significa que, no caso dos herbicidas atrazine e cyanazine, ambos com ação no solo, o escoamento foliar levou esses herbicidas para o solo, e a absorção radicular foi mais significativa do que a foliar. Essa ação através das raízes, complementando a ação foliar, é mostrada por Guy, Talbert e Ferguson (1985), como pode ser visto na Tabela 12.8.

Guy, Talbert e Ferguson (1985) verificaram que o herbicida fluazifop-p-butyl, quando aplicado de maneira a atingir somente o sistema radicular da gramínea, teve melhor eficácia com a lâmina de água de 12,7 mm do que com a de 2,54 mm e aplicação convencional. A lâmina de 12,7 mm foi suficiente para levar o herbicida até à zona de crescimento das raízes e possibilitou maior absorção do produto.

A absorção radicular deve ser levada em conta quando o herbicida pode ser absorvido pelas folhas e apresenta atividade no solo, sendo absorvido pelas raízes. Conforme atestam alguns autores, para herbicidas solúveis em água e que não apresentam atividade no solo, na aplicação via água de irrigação por aspersão, como é o caso do pivô central, a eficácia não é boa. Dowler (1984b) e Johnson et al. (1986) afirmam que os herbicidas glyphosate e paraquat não foram eficientes quando aplicados via água de irrigação.

TABELA 12.7. Eficácia da mistura tridiphane + atrazine + cyanazine aplicada em pós-emergência na cultura do milho, através de aspersores de irrigação

Herbicida	Tratamentos		Controle de plantas daninhas (%)			
	Dose (kg/ha)	Lâmina de água (mm)	<i>P. texanum</i>	<i>C. obtusifolia</i>	<i>Ipomoea sp</i>	<i>X. pensylvanicum</i>
Tridiph. + atraz. + cyanazine ¹	0,56 + 0,84 + 0,84	6,35	90	100	100	-
Tridiph. + atraz. + cyanazine ²	0,56 + 0,84 + 0,84	5,08	-	100	100	100
Tridiph. + atraz. + cyanazine ²	0,56 + 0,84 + 0,84	2,54	92	95	100	100
Tridiph. + atraz. + cyanazine ³	0,56 + 0,84 + 0,84	5,08	-	100	100	100
Tridiph. + atraz. + cyanazine ³	0,56 + 0,84 + 0,84	2,54	50	90	100	95
Tridiphane ³	0,56	2,54	40	0	0	0

Fonte: Dowler (1984; 1985).

¹Aplicação junto com fertilizante 3:9:27;

²Somente água;

³Adição de óleo de soja.

TABELA 12.8. Efeito da absorção foliar e radicular de fluazifop-p-butyl a 0,14 kg/ha no controle de *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.

Aplicação	Sistema de aplicação do herbicida		
	Convencional (299,3 l/ha) ¹	Por aspersão (Lâm. = 2,54 mm)	Por aspersão (Lâm. = 12,7 mm)
Raiz	4 b	11 b	73 a
Parte aérea	69 a	82 a	80 a
Planta inteira	83 a	81 a	85 a

Fonte: Guy, Talbert e Ferguson (1985).

¹Médias dentro da mesma coluna, seguidas da mesma letra, não se diferem pelo teste de Duncan a 5%.

Um aspecto que deve também ser levado em consideração na aplicação pós-emergente de um herbicida é o tipo de óleo usado. Guy e Talbert (1986), citados por Threadgill (1991), relatam bons resultados com a adição de óleo vegetal não emulsificável, observando uma maior deposição e retenção do herbicida nas folhas. Formulando o herbicida com óleo vegetal emulsificado, o resultado não foi bom. Portanto, ao escolher um óleo para fazer a aplicação pós-emergente de um herbicida, deve-se tomar esse cuidado.

Não foram encontrados na literatura dados de pesquisa, no Brasil, sobre a utilização de herbicidas em pós-emergência, aplicados via pivô central ou outro equipamento de irrigação por aspersão. Entretanto, vários produtores de milho e feijão que possuem pivô central têm usado o conjunto de irrigação para aplicar herbicidas. Os herbicidas fomesafen e fluazifop-p-butyl, na cultura do feijão e, a mistura formulada de atrazine + metolachlor, na cultura do milho, são os que mais têm sido aplicados através do pivô central, em pós-emergência inicial. Essa mistura de herbicidas é normalmente usada na pré-emergência da cultura do milho e das plantas daninhas, mas tem sido usada na pós-emergência inicial, para o controle de plantas daninhas na cultura do feijão. O testemunho dos produtores com relação a fomesafen e atrazine + metolachlor é favorável, mas, com relação a fluazifop-p-butyl, as opiniões divergem. Fluazifop-p-butyl e fenoxaprop-p-ethyl são gramínicidas usados na cultura do feijão, para o controle principalmente de plantas de milho.

12.5. ÁREAS DE PESQUISA A SEREM TRABALHADAS NO BRASIL

O aumento do número de produtores que usam a irrigação por aspersão, principalmente no Brasil Central e no Nordeste, faz com que a demanda de pesquisa na área de aplicação de herbicidas via água de irrigação aumente consideravelmente. A pesquisa nessa área está muito atrás do que já vem acontecendo no campo. Os produtores, por sua conta e risco, baseados em suas próprias observações, estão fazendo aplicações de herbicidas com os seus conjuntos de irrigação, sem que haja respaldo da pesquisa e sem que esses produtos químicos estejam registrados para esse uso. A pesquisa precisa atender as dúvidas dos produtores e fornecer dados para que os herbicidas a serem usados possam ser registrados.

Estes são alguns dos tópicos relacionados com as dúvidas sobre a herbicidação, no Brasil, cabendo à pesquisa respondê-las:

- 1 - lâminas de água para a aplicação de herbicidas em pós-emergência;
- 2 - aditivos para retenção e absorção de herbicidas nas aplicações foliares;

- 3 - deriva de herbicidas em função da velocidade do vento;
- 4 - mobilidade de herbicidas nos principais solos brasileiros em função da irrigação, determinando-se os produtos com maior potencial de contaminação da água do solo;
- 5 - efeito da irrigação na distribuição e persistência de herbicidas no solo,
- 6 - redução de doses dos herbicidas.
- 7 - desgaste de equipamentos em função do uso de herbicidas e aditivos.

12.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de não se encontrarem publicações a respeito, no Brasil, e de os herbicidas usados não serem devidamente registrados para esse tipo de aplicação, a utilização de herbicidas via irrigação é um fato. Inúmeros produtores já fazem uso desse sistema de aplicação com sucesso. Faltam o respaldo da pesquisa e o registro legal.

Fatores relacionados com os herbicidas e com o solo podem influenciar a eficácia da aplicação e o conhecimento desses fatores é primordial para se obter todas as vantagens inerentes ao processo e evitar as possíveis desvantagens.

Dados de pesquisa obtidos no Brasil e nos Estados Unidos da América comprovam a boa performance de herbicidas aplicados em pré-emergência de várias culturas, sem causar problemas de injúria e, com relação ao sistema convencional de aplicação, aumentando, em muitos casos, o controle das plantas daninhas.

Dados de pesquisas conduzidas nos Estados Unidos demonstram que o uso de herbicidas aplicados em pós-emergência de diversas culturas e plantas daninhas, via água de irrigação, é viável para muitos herbicidas, dependendo da lâmina de água empregada e da adição de um óleo vegetal não emulsificável no tanque de diluição. As lâminas estudadas para aplicação pós-emergente variam de 2,5 mm a 6,3 mm.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. S. de; RODRIGUES, B. N. **Guia de Herbicidas**. 2.ed. Londrina: Livrocere, 1988. 603p.
- BANKS, P. A.; DOWLER, C. C. **Application efficiency and distribution of several herbicides by center-pivô sprinkler irrigation**. Athens, GA, University of Georgia Agricultural Experiment Stations. 1986. (Research Bulletin, 343).

- BRUNS, V. F.; HODGSON, J. M.; ARLE, H. F.; TIMMONS, F. L. **The use of aromatic solvents for control of submersed aquatic weeds in irrigation channels.** Washington, D.C., United States Department of Agriculture, 1955. 33p. (USDA.Circular, 971).
- DOWLER, C. C. New Technology in Herbigation. In: NATIONAL SYMPOSIUM ON CHEMIGATION, 2, Tifton, GA., 1982. **Proceedings ...Tifton, GA, Universty of Georgia's College of Agriculture, p. 28-34, 1982.**
- DOWLER, C. C. Present herbicide application technology with sprinkler irrigation. **Soil and Crop Science Society of Florida, v.43, p.6-9, 1984.**
- DOWLER, C. C. Applying herbicides postemergence through irrigation. **Soil and Crop Science Society of Florida, v.43, p.14-16, 1984b.**
- DOWLER, C. C. Herbicides and irrigation technology - Present and future. In: NATIONAL SYMPOSIUM ON CHEMIGATION, 3. Tifton, GA, **Proceedings...** Tifton, GA: University of Georgia's College of Agriculture, p.58-67, 1985.
- DOWLER, C. C.; ROHDE, W. A.; FETZER, L. E.; SCOTT, D. E., Sr.; SKLANY, S. E.; SWANN, C. W. **The effect of sprinkler irrigation on herbicide efficacy, distribution, and penetration in some Coastal Plain soils.** University of Georgia's College of Agriculture., 27p., 1982. (Research Bulletin, 281).
- GUSTAFSON, D. I. Groundwater Ubiquity Score: A simple method for assessing pesticide leachability. **Environmental Toxicology and Chemistry, v. 8, p.339-357, 1989.**
- GUY, C. B.; TALBERT, R. E. The performance of postemergence grass herbicides applied with sprinkler irrigation. In: ANNUAL MEETING OF SOUTHERN WEED SCIENCE SOCIETY, 39, 1986. **Proceedings. p.106. 1986.**
- GUY, C. B.; TALBERT, R. E.; FERGUSON, J. A. The performance of selective postemergence grass herbicides applied with different sprinkler irrigation water volumes. In: NATIONAL SYMPOSIUM ON CHEMIGATION, 3, Tifton, GA., 1985. **Proceedings ...** Tifton, GA, University of Georgia's College of Agriculture, p. 68-73. 1985.
- HIRAE, H. H.; NISHIMOTO, R. K.; OGATA, J. N.; HYLIN, J. W.; HOLMAN, F. S. **Herbigation in an irrigated macadamia nut orchad.** Hawaii: University of Hawaii, 1988. 5p. Separata.

- 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.
- LANGE, A.; AGAMALIAN, H.; SCIARONI, R. Timing of herbicide injection in sprinkler irrigation. In: BAYER, D. E. **Research Progress Report of the Western Society of Weed Science**, Logan, UT: Western Society of Weed Science, 1969. p.69.
- OGG, A. G., Jr. Applying herbicides in irrigation water - a review. **Crop Protection**, v.5, n.1, p.53-65, 1986.
- OGG, A. G., Jr.; DOWLER, C. C. Applying herbicides through irrigation systems. In: McWORTHER, C. G.; GEBHARDT, M. R. **Methods of Applying Herbicides**. Champaign, IL: Weed Science Society of America, 1988. p. 145-164.
- OGG, A. G., Jr.; DOWLER, C. C.; MARTIN, A. R.; LANGE, A. H.; HEIKES, P. E. **Application of herbicides through irrigation systems**. Washington, D.C.: USDA, 1983. 8p. (USDA, Item n^o AD - FO2280).
- SILVA, J. B.; COSTA, E. F. Aplicação de herbicidas na cultura do milho via irrigação por aspersão. **Relatório Técnico Anual EMBRAPA - CNPMS 1985 - 1987**. Sete Lagoas, MG, 1991. p. 89-90.
- THREADGILL, E. D. Chemigation via sprinkler irrigation: Current status and future development. **Applied Engineering in Agriculture**, v.1, n.1, p.16-23, 1985.
- THREADGILL, E. D. 1991. Chemigation and Plant Protection. In: EXPERT CONSULTATION ON FERTIGATION/CHEMIGATION, Cairo, 1991. **Proceedings ...** Rome: FAO, 1991. p. 136-155.
- WAUCHOPE, R. D. In: **INTERIM PESTICIDE PROPERTIES DATA BASE, VERSION 1.0**. Tifton, GA, United States Department of Agriculture - ARS \ SWRL, 1988.
- WAUCHOPE, R. D.; STREET, J. E. Fate of a Water-Soluble Herbicide Spray on Foliage: Part I. Spray Efficiency: Measurement of Initial Deposition and Absorption. **Pesticide Science**, v.19, p.243-252, 1987.
- WILKERSON, M. R.; KIM, K. D. **The Pesticide Contamination Prevention Act: Setting Specific Numerical Values**. Sacramento, CA.: California Department of Food and Agriculture, Environmental Monitoring and Pest Management, 1986.
- WYMAN, J. A.; WALGENBACH, J. F.; STEVENSON, W. R.; BINNING, L. K. Comparison of aircraft, ground-rig and center-pivô irrigation systems for application of pesticides to potatoes. **American Potato Journal**, v.63, p.297-314, 1986.

APÊNDICE

TABELA 1. Misturas formuladas de herbicidas relacionadas no texto e comercializadas no Brasil com seus respectivos nomes comerciais.

Nome técnico	Nome comercial	Conc. P.a. (g/l ou g/kg)
Atrazine + Alachlor	Agimix	260 + 260
	Boxer	180 + 300
Atrazine + Butylate	Sutazin SC	144 + 576
Atrazine + Metolachlor	Primestra SC	200 + 300
	Primaiz; Primagran	250 + 250
Atrazine + Simazine	Extrazin SC; Herbimix FW;	250 + 250
	Primatop SC; Triamex 500 SC	

Observação: Produtos citados no texto e não encontrados neste apêndice são experimentais e/ou não registrados no Brasil.

TABELA 2. Relação de herbicidas relacionados no texto comercializados no Brasil e suas respectivas marcas comerciais e formulações.

Nome técnico	Nome comercial	Conc.p.a. (g/l ou g/kg)
Aciflourfen Sódio	Blazer Sol; Tackle 170	170
Alachlor	Laço CE; Alaclor Nortox; Alaclor 480 Sintesul	480
Atrazine	Atrazinax 500; Gesaprim 500 CG; Herbitrin 500 BR; Siptran 500 SC; Stauzina 500 SC;	500
Bentazon	Basagran 480; Banir	480
Butylate	Sutan 720 CE	720
Chloramben	Amiben 24; Amiben 830	216 e 750
Cyanazine	Bladex 500	500
EPTC	Eradicane; Epcorn	800
Fenoxaprop-p-Ethyl	Podium	110
Fluazifop-p-Butyl	Fusilade 125; Fusilade Biw	125 e 250
Fomesafen	Flex	250
Glyphosate	Glifosato Nortox; Rondup; Trop	360
Haloxypop-Methyl	Verdict	240
Linuron	Afalon 500 BR; Linurox 50 PM; Lorox 500	500
Metolachlor	Dual 960 CE	960
Metribuzin	Lexone SC; Sencor 480	480
MSMA	Daconate 480; Dessecan	480
Oryzalin	Surflan 750 BR	750
Paraquat	Disseka 200; Gramoxone 200; Paraquat 200; Paraquat Herbitécnica; Paraxon	200
Pendimethalin	Herbadox 500 CE	500
Sethoxydim	Poast	184
Simazine	Herbazin 500 BR; Sipazina 500 SC; Gesatop 500 FW CG; Simazinax SC	500
Trifluralin 600	Premerlin 600; Novolate	600
Trifluralin	Herbiflan; Lifalin BR; Marcap CE; Trifluralina Fecotrigo; Trifluralina Hoechst; Trifluralina Nortox; Trifluran	445
Vernolate	Vernan 720 CE	720

Observação: Produtos citados no texto e não encontrados neste apêndice são experimentais e/ou não registrados no Brasil.