

ATIVIDADE DO HERBICIDA FENOXAPROP-ETHYL SOBRE O ARROZ EM DIFERENTES NÍVEIS DE UMIDADE DO SOLO¹

Leandro Vargas²
Nilson G. Fleck³
Cristiane A. da Silveira⁴
Emerson L. N. Costa⁴

1. INTRODUÇÃO

A seletividade herbicida para determinada cultura pode ser influenciada pelas condições do ambiente onde a espécie está se desenvolvendo, como a umidade do solo, que influencia diretamente o metabolismo das plantas e a dinâmica do herbicida no solo. A atividade do herbicida está relacionada com as condições de ambiente, que modificam tanto a absorção como a translocação(5).

A redução da atividade de glyphosate sobre plantas crescendo sob estresse de água tem sido atribuída, primariamente, a reduções na absorção do herbicida e na sua translocação aos meristemas, como decorrência de uma cutícula menos hidratada e diminuição do transporte de fotoassimilados no floema (6). Pesquisadores têm comprovado que o estresse de umidade no solo, responsável pelos efeitos negativos na ação do

¹ Aceito para publicação em 24.03.1998.

² Bolsista Recém-Mestre da FAPERGS no Dep. de Plantas de Lavoura, Fac. Agronomia da UFRGS, Porto Alegre, RS.

³ Dep. de Plantas de Lavoura, Fac. Agronomia da UFRGS. Cx. Postal 776, 95501-970, Porto Alegre, RS. Bolsista do CNPq.

⁴ Acadêmico da Faculdade de Agronomia, Bolsista de Iniciação Científica do CNPq.

glyphosate, é um fato sempre aliado a menores absorção e translocação desse herbicida nas plantas (2,6). Condições de alta intensidade luminosa e baixa umidade são responsáveis pelo desenvolvimento de cera epicuticular, o que pode explicar a redução de absorção de glyphosate em certas espécies daninhas(9).

Foi observado que a ação de fenoxaprop é bastante dependente das condições de ambiente e da disponibilidade de umidade no solo, sendo necessário incremento de 50% na dose quando esse herbicida é aplicado sob condições desfavoráveis de umidade no solo ou quando há atraso na época de aspersão (8). Da mesma forma, foi observada por SILVA (10) maior eficiência dos herbicidas alachlor e metribuzin em solos com altos teores de umidade. A menor adsorção das moléculas desses herbicidas aos colóides foi considerada responsável por este efeito. Em solo com baixo teor de umidade, o número de moléculas de água competindo pelos locais de adsorção é relativamente pequeno, e as moléculas do herbicida podem ser adsorvidas pelos colóides do solo. Por outro lado, sob altos teores de umidade, aumenta o número de moléculas de água no solo, reduzindo a adsorção das moléculas orgânicas (10).

O herbicida fenoxaprop-ethyl, (\pm)ethyl 2-[4-[(6-chloro-2-benzoxazoly)oxy]phenoxy] propanoate (CAS), é um produto seletivo (12) empregado no controle de espécies gramíneas em pós-emergência (1). Sua atividade é dependente da umidade do solo. Porém, foi constatada que a absorção e a translocação desse produto foram afetadas nas primeiras 24 horas após sua aplicação, e com o passar do tempo não houve efeito negativo da deficiência de água (11). Contudo, esta reduziu a toxicidade final do fenoxaprop sobre *Avena fatua*, mas mudanças na interceptação e retenção não estiveram associadas com a redução da atividade do produto sobre essa espécie (11).

O herbicida fenoxaprop é composto por uma mistura dos isômeros R e S, e a atividade herbicida desses isômeros é diferenciada (12). Assim, enquanto o fenoxaprop-ethyl é composto pela mistura racêmica dos isômeros R e S, o fenoxaprop-p é composto somente pelo isômero R (1). No caso do herbicida fluazifop-butyl, o isômero R tem o dobro da atividade herbicida do isômero S (4). De igual forma, o isômero R de dichlorprop é herbicidamente ativo, enquanto o isômero S não é fitotóxico (7).

Após a aplicação de um herbicida, ele fica sujeito à ação de vários processos físicos e químicos do ambiente; com isso, a molécula pode sofrer alterações em sua estrutura (5). O isômero S de fluazifop-butyl sofre inversão molecular no solo em 1-2 dias, produzindo finalmente isômero R, com alta pureza ótica (4). É esperado que moléculas com estrutura química

similar possam sofrer inversão de configuração semelhante no solo (4). Sob condições aeróbicas ou anaeróbicas, a meia-vida é menor que um dia para a conversão do fenoxaprop-ethyl para o ácido de fenoxaprop, que é ativo (1). WINK e LULEY (12) detectaram inversão estereoquímica de fenoxaprop-ethyl, e o isômero S apresentou inversão superior ao isômero R, ocorrendo 50% de inversão do isômero S em 4-7 dias, contra pequena inversão do isômero R. A inversão foi variável com o tipo de solo; contudo, sempre foi observada maior tendência de inversão para o isômero S. Dessa maneira, é possível que a ocorrência da inversão química do isômero S para R de fenoxaprop no solo provoque aumento da concentração do isômero R e, conseqüentemente, aumente o potencial fitotóxico do herbicida nesse meio.

A persistência herbicida no solo está relacionada com as características físicas e químicas da sua molécula e com as do solo (5). O tempo de degradação de uma molécula herbicida no solo define a persistência dessa molécula. A meia-vida do fenoxaprop varia de 5 a 14 dias sob condições aeróbicas, dependendo do tipo de solo, e é de 30 dias sob condições anaeróbicas (1).

A persistência de chlorpyrifos é grandemente influenciada pela umidade do solo. Esse inseticida é rapidamente degradado em solo seco e lentamente em solo com umidade em capacidade de campo ou submerso por água (3). Assim, a persistência desse produto está relacionada com o tipo de degradação que ocorre em cada situação de umidade (4). Dessa forma, a persistência de chlorpyrifos em solos com alta umidade é maior que aquela em solos com menor umidade. Nessas situações, é possível que o residual de determinadas moléculas seja aumentado em solos com alta umidade.

O objetivo deste trabalho foi investigar o efeito de níveis de umidade do solo sobre a atividade do herbicida fenoxaprop-ethyl em plantas de arroz.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um experimento em vasos, num telado, no Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia da UFRGS, no município de Porto Alegre, RS, em 1996/97. O delineamento experimental utilizado foi completamente casualizado, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial, com quatro repetições e cinco doses de fenoxaprop-ethyl, (\pm)ethyl 2-[4-[(6-chloro-2-benzoxazolyl)oxy]phenoxy]propanoate(CAS) (0, 60, 90, 120 e 180 g/ha), aplicadas sobre plantas de arroz cultivadas em três níveis de umidade de solo (deficiência de umidade, solo saturado e cobertura do solo com lâmina de água), totalizando 15 tratamentos. O arroz cultivado (*Oryza*

sativa L.) foi a espécie utilizada como reagente, testando-se o cultivar IRGA-416.

A semeadura do arroz foi realizada em 11.12.96, utilizando-se vasos com capacidade para 1000 mL, contendo solo com as seguintes características: pH 6,5; matéria orgânica 1,9%; argila 19%; fósforo 20 ppm e potássio 84 ppm. Foi realizada adubação do solo conforme recomendação de análise. Após a emergência das plantas de arroz, em 16.12.96, foi realizado um desbaste, mantendo-se cinco plantas por vaso. Os tratamentos com umidade do solo iniciaram-se em 03.01.97. Os tratamentos herbicidas foram aplicados em 08.01.97, quando a maioria das plantas encontrava-se no estágio de um a três afilhos. Para tal, foi utilizado aspersor costal de precisão, mantendo-se pressão constante durante a aplicação, fixada em 140 kPa. O gás pressurizador utilizado foi CO₂. O aspersor esteve equipado de bicos jato plano, tipo leque, série 11003, que proporcionaram volume de calda de 200 L/ha.

As avaliações dos efeitos herbicidas foram realizadas aos 7 e 14 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT). A avaliação de toxicidade foi realizada visualmente, utilizando-se escala percentual, em que a nota zero significou nenhum efeito aparente de dano ao arroz, e a nota cem representou morte das plantas. Aos 14 DAT, após efetuada a última avaliação de fitotoxicidade, foi realizada a colheita das plantas para determinação da matéria seca das partes aérea e radical. Para isso, foi inicialmente realizada a lavagem das raízes e, posteriormente, feita separação das respectivas partes aérea e radical, que foram colocadas em estufa para secar, a aproximadamente 60°C, até atingir peso constante, quando foi realizada a pesagem do material. Os dados obtidos foram submetidas à análise de variância. Constatada significância estatística, compararam-se as médias dos tratamentos pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade, e para os níveis de umidade empregou-se análise de regressão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para ambas as avaliações de fitotoxicidade (7 e 14 DAT) ocorreram interações entre os fatores doses de fenoxaprop e regimes de umidade do solo (Quadro 1). Tanto aos 7 como aos 14 DAT, constatou-se que os níveis de dano provocados pelo fenoxaprop geralmente foram maiores na condição de manutenção de lâmina de água sobre o solo e menores na condição de

deficiência de umidade no solo, independentemente da dose herbicida (exceto na testemunha que não recebeu aplicação do produto). Além disso, na segunda avaliação, nas doses de 120 e 180 g/ha de fenoxaprop, ocorreu um gradiente de dano, em que na condição de solo saturado o herbicida promoveu danos médios, enquanto nas outras duas condições os danos foram extremos, conforme descrito. No entanto, para as doses menor e maior do herbicida (60 e 240 g/ha), não se constataram diferenças entre as condições de solo saturado e de lâmina de água.

QUADRO 1 - Efeitos de doses do herbicida fenoxaprop aplicado sobre plantas de arroz crescendo sob três regimes de umidade do solo.			
Fitotoxicidade herbicida (%) aos 7 dias após tratamentos			CV=10,4%
Doses de fenoxaprop (g/ha)	Regimes de umidade do solo no crescimento das plantas		
	Deficiência	Solo saturado	Lâmina de água
0	A 0 c ¹	A 0 c	A 0 c
60	B 0,2 c	A 14,2 b	A 15,2 b
120	B 4,5 b	A 17,0 b	A 15,8 b
180	C 4,2 b	B 23,2 a	A 28,8 a
240	B 11,2 a	A 27,8 a	A 29,5 a
Fitotoxicidade herbicida (%) aos 14 dias após tratamentos			CV=8,8%
Doses de fenoxaprop (g/ha)	Regimes de umidade do solo no crescimento das plantas		
	Deficiência	Solo saturado	Lâmina de água
0	A 0 d ¹	A 0 e	A 0 d
60	B 6,5 c	A 13,2 d	A 14,2 c
120	C 15,8 b	B 20,2 c	A 32,0 b
180	C 16,2 b	B 29,0 b	A 51,0 a
240	B 31,0 a	A 52,8 a	A 56,5 a
¹ Em cada variável, médias comparadas nas colunas, seguidas por letras minúsculas idênticas, ou médias comparadas nas linhas, antecedidas por letras maiúsculas idênticas, não diferem significativamente pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.			

Com relação às doses herbicidas, ambas as avaliações mostraram que, em geral, os níveis de fitotoxicidade aumentaram com o aumento

daquele fator, independentemente da condição de umidade no solo. Vale a pena destacar que na avaliação realizada aos 14 DAT, na condição de solo deficiente em umidade, as doses de 120 e 180 g/ha de fenoxaprop produziram dano similar, enquanto na condição de lâmina de água sobre o solo as doses maiores (180 e 240 g/ha) atingiram níveis equivalentes de toxicidade às plantas de arroz.

Quanto à variável matéria seca das plantas de arroz (Quadro 2), verifica-se redução tanto no crescimento da parte aérea quanto na parte radical na condição de deficiência de umidade do solo. Para a maioria das doses de fenoxaprop, e para ambas as variáveis, não ocorreram diferenças entre os regimes de umidade de solo saturado e de lâmina de água na superfície, exceto para matéria seca da parte radical na dose de 180 g/ha, em que houve maior crescimento das raízes na condição de solo saturado do que de lâmina de água.

QUADRO 2 - Efeitos de doses do herbicida fenoxaprop aplicado sobre plantas de arroz crescendo sob três regimes de umidade do solo.			
Matéria seca (mg/planta) da parte aérea			CV=10,0%
Doses de fenoxaprop (g/ha)	Regimes de umidade do solo no crescimento das plantas		
	Deficiência	Solo saturado	Lâmina de água
0	B 348 bc ¹	A 619 a	A 608 a
60	B 434 a	A 577 a	A 636 a
120	B 380 abc	A 597 a	A 531 b
180	B 408 ab	A 495 b	A 511 b
240	B 318 c	A 449 b	A 519 b
Matéria seca (mg/planta) da parte radicular			CV=35,4%
Doses de fenoxaprop (g/ha)	Regimes de umidade do solo no crescimento das plantas		
	Deficiência	Solo saturado	Lâmina de água
0	B 348 a ¹	A 4541 a	A 3738 a
60	B 578 a	A 3972 ab	A 4135 a
120	B 311 a	A 2670 c	A 2094 b
180	C 311 a	A 3135 bc	B 1924 b
240	B 316 a	A 2262 c	A 2368 b

¹Em cada variável, médias comparadas nas colunas, seguidas por letras minúsculas idênticas, ou médias comparadas nas linhas, antecedidas por letras maiúsculas idênticas, não diferem significativamente pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

Na condição de deficiência de umidade, a dose de 240 g/ha de fenoxaprop reduziu o peso da matéria seca da parte aérea quando comparada com 60 g/ha, enquanto as doses intermediárias (120 e 180 g/ha) apresentaram valores médios. No regime de solo saturado, as doses menores (60 e 120 g/ha) não diferiram da testemunha, enquanto as doses maiores (180 e 240 g/ha) reduziram o peso da matéria seca. Já para o regime de lâmina de água, apenas a dose menor (60 g/ha) foi equivalente à testemunha, e as demais doses apresentaram valores inferiores.

A matéria seca da parte radical, na condição de deficiência de umidade do solo, não variou com as doses de fenoxaprop. No regime de solo saturado, apenas a dose menor (60 g/ha) igualou-se à testemunha, enquanto as doses restantes apresentaram valores menores. Idêntico comportamento foi verificado na condição de solo coberto com lâmina de água. Em ambas situações de umidade, as doses de 120, 180 e 240 g/ha de fenoxaprop mostraram efeito similar sobre o sistema radical.

Os aumentos, em valores percentuais de 25 e 66%, respectivamente, para a matéria seca da parte aérea e da parte radical, em comparação com a testemunha, observados nas plantas de arroz tratadas com a menor dose de fenoxaprop (60 g/ha) no regime de deficiência de umidade do solo, indicam que, aparentemente, o herbicida exerceu um efeito de promoção do crescimento. Efeito semelhante foi observado por SILVA (10), quando baixas doses do herbicida metribuzin exerceram efeito estimulante sobre plantas de soja, mais evidente em condições de deficiência hídrica e após períodos iniciais de seca.

Os resultados observados podem estar relacionados com alterações químicas na estrutura da molécula do fenoxaprop, segundo WINK e LULEY (12). Estes autores referem haver inversão estereoquímica da molécula do fenoxaprop, em que o isômero S é convertido em isômero R, o qual teria maior atividade herbicida. Além disso, a meia-vida do fenoxaprop é maior sob condições anaeróbicas (1). Trabalhos realizados por BEWICK (4) e AWASTHI e PRAKASH (3) referem que a degradação de fluazifop-butyl e de chlorpyrifos é dependente do tipo de solo e da umidade do solo. O teor de umidade influencia a aeração do solo e, dessa forma, altera o tipo de degradação da molécula de chlorpyrifos, que aumenta a sua persistência (3). Desse modo, o aumento da umidade do solo acima da capacidade de campo proporciona condições de deficiência de oxigênio, que pode ser desfavorável à degradação da molécula de fenoxaprop, aumentando assim a sua atividade.

Além disso, a umidade do solo também exerce efeito sobre a adsorção das moléculas dos herbicidas aos colóides do solo. Isso proporciona maior concentração do herbicida na solução do solo e

conseqüente aumento na absorção do produto pelas plantas, conforme sugerido por SILVA (10). Por outro lado, XIE *et alii* (11) relataram não existir efeito da umidade do solo sobre a absorção e a translocação do fenoxaprop, e sugerem uma possível relação da ação herbicida com processos fisiológicos, como metabolismo e local de ação do composto na planta.

O aumento da persistência da molécula, juntamente com a inversão estereoquímica do fenoxaprop e a menor adsorção das moléculas aos colóides, podem ser apontados como possíveis causas do aumento da toxicidade desse herbicida sobre as plantas de arroz em crescimento sob condições de plena umidade no solo ou excesso.

4. CONCLUSÕES

1) O arroz apresenta seletividade variável dependendo da dose de fenoxaprop-ethyl, ocorrendo incremento da toxicidade à cultura com o aumento da dose do herbicida.

2) A resposta das plantas de arroz ao herbicida fenoxaprop-ethyl varia segundo a condição de umidade do solo por ocasião da aplicação, verificando-se aumento da toxicidade com o incremento na disponibilidade de água no solo.

3) A dose de 60 g/ha de fenoxaprop-ethyl mostra-se a mais seletiva ao arroz, enquanto as doses de 180 e 240 g/ha provocam elevados níveis de dano, especialmente nas condições de solo saturado ou coberto por lâmina de água.

5. RESUMO

A seletividade herbicida para determinada cultura pode ser influenciada pelas condições do ambiente onde a espécie está se desenvolvendo. Dentre essas condições, a umidade do solo apresenta grande importância, por influir diretamente no metabolismo das plantas e na dinâmica do herbicida no solo. O objetivo deste trabalho, conduzido em casa de vegetação, foi investigar o efeito da umidade do solo sobre a atividade do herbicida fenoxaprop-ethyl. Os tratamentos constaram de cinco doses de fenoxaprop (0, 60, 90, 120 e 180 g/ha) aplicadas sobre plantas de

arroz cultivadas em três níveis de umidade de solo (deficiência, solo saturado e lâmina de água sobre o solo). A seletividade do herbicida fenoxaprop-ethyl ao arroz varia segundo a dose do produto aplicada. Dose de 60 g/ha mostra-se seletiva à cultura, doses de 180 e 240 g/ha provocam elevados graus de dano às plantas, enquanto dose de 120 g/ha posiciona-se em nível intermediário. A condição de umidade do solo por ocasião da aplicação herbicida influenciou a resposta das plantas de arroz, aumentando a toxicidade com incremento na disponibilidade de água no solo, especialmente nas doses de 120 e 180 g/ha.

6. SUMMARY

(ACTIVITY OF FENOXAPROP-ETHYL HERBICIDE ON RICE AT DIFFERENT LEVELS OF SOIL MOISTURE)

Herbicide selectivity to a particular crop may be affected by environmental conditions where the species is being cultivated. Among these conditions, soil moisture presents great importance, as it directly affects plant metabolism and herbicide dynamics in soil. The objective of this greenhouse study was to investigate the effect of soil moisture on fenoxaprop-ethyl herbicidal activity. Treatments consisted of five rates of fenoxaprop (0, 60, 120, 180 and 240 g/ha) applied on rice plants grown in three levels of soil moisture (deficiency, saturated soil, and water layer on soil surface). Fenoxaprop-ethyl herbicide selectivity to rice varied according to rate applied. Rate of 60 g/ha was selective to the crop; rates of 180 and 240 g/ha promoted high levels of damage to the plants, whereas rate of 120 g/ha presented an intermediate position. The condition of soil moisture at the time of herbicide application affects rice plant response, increasing the phytotoxicity level with the increment in water availability in soil, especially for rates of 120 and 180 g/ha.

7. LITERATURA CITADA

1. AHRENS, W. H. (ed.). *Herbicide handbook*. 7 ed. Champaign, Weed Science Society of America, 1994. 352p.
2. AHMADI, M. S.; HADERLIE, L. C. & WICKS, G. A. Effect of growth stage and water stress on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control and on glyphosate absorption and translocation. *Weed Science* 28(3):277-282. 1980.
3. AWASTHI, M. D. & PRAKASH, N. B. Persistence of chlorpyrifos in soil under different moisture regimes. *Pesticide Science* 50(1):1-4. 1997.

4. BEWICK, D. W. Stereochemistry of fluazifop-butyl transformations in soil. *Pesticide Science* 17(4):349-356. 1986.
5. DEVINE, M. D.; DUKE, S. O. & FEDTKE, C. *Physiology of herbicide action*. Englewood Cliffs, PTR Prentice Hall, 1993. 441p.
6. DICKSON, R. L.; ANDREWS, M.; FIELD, R. J. & DICKSON, E. L. Effect of water stress, nitrogen, and gibberellic acid on fluazifop and glyphosate activity on oats (*Avena sativa*). *Weed Science* 38(1):54-61. 1990.
7. GARRISON, A. W.; SCHMITT, P.; MARTENS, D. & KETTRUP, A. Enantiomeric selectivity in the environmental degradation of dichlorprop as determined by high-performance capillary electrophoresis. *Environmental Science & Technology* 30(8):2449-2455. 1996.
8. PINTO, J. J. O. & FLECK, N. G. Comportamento de herbicidas utilizados em pós-emergência no controle de plantas daninhas gramíneas em soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 25(6):815-831. 1990.
9. SHERRICK, S. L.; HOLT, H. A. & HESS, F. D. Effect of adjuvants and environment during plant development on glyphosate absorption and translocation in field bindweed (*Convolvulus arvensis*). *Weed Science* 34(6):811-816. 1986.
10. SILVA, A. A. *Bioatividade do alachlor e do metribuzin sob diferentes manejos de água no solo, e efeitos do metribuzin, sob estas condições em soja (Glycine max (L.) Merrill)*. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1989, 138p.(Tese de Doutorado).
11. XIE, H. S.; HSIAO, A. I.; QUICK, W. A. & HUME, J. A. Influence of water stress on absorption, translocation and phytotoxicity of fenoxaprop-ethyl and imazamethabenz-methyl in *Avena fatua*. *Weed Research* 36(1):65-71. 1996.
12. WINK, O. & LULEY, U. Enantioselective transformation of the herbicides diclofop-methyl and fenoxaprop-ethyl in soil. *Pesticide Science* 22(1):31-40. 1988.