

ATIVIDADE DOS HERBICIDAS FLUMETSULAM E TRIFLURALIN EM DIFERENTES VALORES DE pH E DENSIDADE DO SOLO

FLUMETSULAM AND TRIFLURALIN HERBICIDE ACTIVITY IN DIFFERENT VALUES OF SOIL pH AND DENSITY

Miguel Vicente Weiss Ferri¹, Ribas Antônio Vidal²,
Aldo Merotto Jr.³, Nilson Gilberto Fleck²

RESUMO

Conduziu-se um experimento em casa-de-vegetação na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com objetivo de verificar a atividade dos herbicidas flumetsulam e trifluralin aspergidos em solo com diferentes valores de pH (5,1 e 6,4) e densidade do solo (1,3 e 1,6 g cm⁻³). A atividade desses herbicidas foi avaliada utilizando-se aveia como planta indicadora. Flumetsulam e trifluralin foram aspergidos a 24 g ha⁻¹ e 180 g ha⁻¹, respectivamente. Nas doses utilizadas, flumetsulam foi mais ativo do que trifluralin. Não ocorreu interação entre herbicida, pH e densidade, indicando que a atividade desses produtos não foi influenciada pela interação entre pH e densidade do solo. A atividade do flumetsulam não variou com as diferentes densidades do solo utilizada; no entanto, a elevação do pH do solo de 5,1 para 6,4 aumentou a atividade desse herbicida. A atividade de trifluralin não foi influenciada pelas variações nos valores de pH e densidade do solo.

Palavras-chave: *Avena sativa* L., herbicidas residuais, persistência de herbicidas, rotação de culturas.

SUMMARY

A greenhouse experiment was carried out at Federal University of Rio Grande do Sul in order to verify the activity of flumetsulam and trifluralin herbicides on soils with different values of pH (5.1 and 6.4) and density (1.3 e 1.6 g cm⁻³). The herbicide activity was evaluated using *Avena sativa* L. as indicator plant. Flumetsulam and trifluralin were sprayed at rates of 24 g ha⁻¹ and 180 g ha⁻¹, respectively. Flumetsulam was more active than trifluralin. There was not interaction among herbicide, pH, and soil density indicating that the herbicide activity is not influenced by pH or soil density. Flumetsulam

activity was not affected by soil density, but the elevation of soil pH from 5.1 to 6.4 increased activity of this herbicide. Trifluralin activity was not affected by either soil density or soil pH.

Key words: *Avena sativa* L., residual herbicides, persistence, crop rotation.

INTRODUÇÃO

A interação solo-herbicida afeta a fitotoxicidade, a atividade no controle das plantas daninhas e a permanência de resíduos indesejáveis dos herbicidas no solo. Sabe-se que tanto o pH quanto a densidade do solo podem interagir com os herbicidas, afetando o seu potencial de injúria às plantas. O potencial de injúria às culturas é determinado pela persistência do herbicida no solo e pela susceptibilidade da cultura ao produto químico utilizado (HARTZLER *et al.*, 1989).

Os herbicidas podem apresentar natureza iônica ou não-iônica. Os herbicidas iônicos ocorrem no solo nas formas catiônica, ácida ou básica (BAILEY & WHITE, 1970). Herbicidas ácidos tornam-se ânions com a elevação do pH, devido à desprotonação de suas moléculas, enquanto herbicidas básicos podem ser protonados em pH mais baixo, comportando-se como cátions. O estado de ionização das moléculas influencia a adsorção dos her-

¹ Engenheiro Agrônomo, Mestre, aluno do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Av. Bento Gonçalves 7712, 91501-970, Porto Alegre, RS.

² Engenheiro Agrônomo, PhD., Professor do Departamento de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia da UFRGS, bolsista do CNPq.

³ Engenheiro Agrônomo, Mestre, Professor, Departamento de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

bicidas aos colóides orgânicos e minerais do solo, que, por sua vez, afeta a degradação, a persistência e, principalmente, a sua atividade, pois menor quantidade de herbicida poderá estar disponível para absorção pelas raízes das plantas (BAILEY & WHITE, 1970; KHAN, 1978; LOCKE & BRYSON, 1997). Herbicidas não-iônicos apresentam atividade independente do pH do solo (WEBER, 1990).

Flumetsulam, N-(2,6-difluorofenil)-5-metil[1,2,4]triazolo[1,5a]pirimidina-2-sulfonamida, é um herbicida que pertence ao grupo químico das sulfonamidas e atua como inibidor da enzima ALS (acetolactato sintetase) em algumas plantas daninhas dicotiledôneas (VIDAL, 1997). Esse herbicida apresenta caráter ácido fraco ($pK_a=4,6$, $K_a=\text{constante de dissociação}$) e solubilidade em água de $0,0499\text{g l}^{-1}$ em pH 2,5 e de $5,65\text{g l}^{-1}$ em pH 7,0 (KLESCHICK *et al.*, 1992). A elevação do pH da solução do solo aumenta a atividade do flumetsulam por reduzir sua adsorção aos colóides do solo (FONTAINE *et al.*, 1991; MURPHY & SHAW, 1997).

Trifluralin, α,α,α -trifluoro-2,6-dinitro-N-N-dipropil-p-toluidina, pertence ao grupo químico das dinitroanilinas, inibidor da polimerização da tubulina na mitose em raízes de gramíneas anuais (VIDAL, 1997). Caracteriza-se por apresentar baixa solubilidade em água, alta adsorção aos colóides do solo, principalmente orgânicos, pela imobilidade no solo e pelo caráter não-iônico (CARRINGER *et al.*, 1975; WEBER, 1990).

A densidade do solo pode afetar a atividade residual dos herbicidas (EHLERS *et al.*, 1969). Por exemplo, a compactação do solo aumenta a fitotoxicidade de trifluralin. Plantas de milho tiveram raízes 30% menores quando cultivadas em solo com densidade $1,6\text{g cm}^{-3}$, comparadas àquelas cultivadas em solo com densidade de $1,1\text{g cm}^{-3}$. Contudo, a redução das raízes foi ainda maior (60%) quando trifluralin foi aplicado ao solo compactado (MARTIN *et al.*, 1985).

A densidade do solo pode afetar a atividade dos herbicidas por alterar a difusão de suas moléculas no solo. A difusão de trifluralin no solo aumenta até a densidade de $1,2\text{g cm}^{-3}$ e diminui em densidades superiores a essa (BODE *et al.*, 1973). Não se tem informação sobre a influência da densidade do solo na atividade do herbicida flumetsulam. No sistema de semeadura direta, ocorre estratificação do pH e adensamento do solo, enquanto que no sistema de semeadura convencional, o pH é uniforme e a densidade do solo é menor na camada arável. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a interação do pH e da densidade do solo na atividade dos herbicidas flumetsulam e trifluralin.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa-de-vegetação, na Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Porto Alegre, RS. O solo utilizado é classificado como Podzólico vermelho-escuro, com 33% de argila, pH (H_2O) inicial de 5,3 e teor de matéria orgânica de 2,3%. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições e tratamentos arranjados num esquema trifatorial: herbicida (flumetsulam a 24g ha^{-1} , trifluralin a 180g ha^{-1} e testemunha sem herbicida), densidade do solo ($1,3$ e $1,6\text{g cm}^{-3}$) e pH do solo (5,1 e 6,4). As unidades experimentais consistiram de vasos (1000m^3) preenchidos com solo nas densidades já descritas, onde foram semeadas cinco sementes de aveia branca (*Avena sativa* L.), cultivar UFRGS 17, seguindo-se desbaste aos oito dias da emergência, deixando-se três plantas por vaso.

A elevação do pH foi efetuada 21 dias antes da semeadura da aveia através da adição de $9,25\text{g}$ de carbonato de cálcio e magnésio (relação de 3:1), numa amostra de 5kg de solo previamente seca e peneirada, equivalente à dose de $3,6\text{t ha}^{-1}$ de calcário. O aumento da densidade do solo foi obtido compactando-se em etapas vários volumes de solo necessários para uma camada de $2,0\text{cm}$ de altura no vaso. Para evitar a formação de regiões espelhadas entre as camadas compactadas e obter melhor homogeneidade da compactação, a superfície do solo foi escarificada entre uma camada compactada e a outra. Os herbicidas foram aspergidos pela manhã, em pré-emergência das plantas, usando-se pulverizador costal pressurizado à pressão de 200kPa , bicos tipo leque 8002 e volume de calda de 200l ha^{-1} .

A resposta dos herbicidas flumetsulam e trifluralin às variações nos valores de pH e densidade do solo foi avaliada aos 26 dias da emergência, através da área foliar e matéria seca da parte aérea e comprimento, diâmetro médio, área de superfície e matéria seca das raízes. A área foliar foi medida com aparelho integrador de área (LICOR, LI-3100) e o comprimento, diâmetro médio e área de superfície radicular foram determinados pelo método de Tennant (TENNANT, 1975). As variáveis foram submetidas à análise de variância e a significância dos tratamentos comparada pelo teste DMS a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não se observou interação entre pH e densidade de solo para as variáveis analisadas. Sendo assim, o efeito de cada um desses fatores sobre a

atividade dos herbicidas flumetsulam e trifluralin foi analisado de forma isolada. A área de superfície radicular da aveia foi reduzida na presença dos dois herbicidas, sendo o efeito do flumetsulam superior ao de trifluralin (tabela 1). O incremento na densidade do solo reduziu a área de superfície radicular da aveia na testemunha sem herbicida, enquanto a atividade do flumetsulam e do trifluralin não foi influenciada pela densidade do solo. Sob pH elevado (6,4), a área da superfície radicular aumentou na testemunha sem herbicida, reduziu no tratamento com flumetsulam e foi invariável no tratamento com trifluralin (tabela 1).

Trifluralin e flumetsulam reduziram o comprimento das raízes (tabela 2). Em geral, independente do pH e da densidade do solo, a redução foi superior para flumetsulam. O incremento na densidade reduziu o comprimento das raízes de aveia na testemunha sem herbicida. A elevação do pH aumentou o comprimento radicular na testemunha sem herbicida e o reduziu no tratamento com flumetsulam (tabela 2). Provavelmente, essa redução no comprimento de raízes para flumetsulam aspergido no solo com pH 6,4 está relacionada à diminuição na adsorção do mesmo aos colóides do solo, devido à elevação do pH. Por outro lado, o trifluralin não influenciou no comprimento das raízes da aveia nos diferentes valores de pH e densidade do solo, indicando que a atividade desse herbicida não variou com o pH e a densidade de solo (tabela 2).

Os herbicidas flumetsulam e trifluralin promoveram aumento no diâmetro médio das raízes, sendo que para o flumetsulam, o incremento foi maior no solo a pH 6,4 (tabela 3). Isso indica que a

Tabela 2 - Comprimento de raízes de aveia (m) na presença dos herbicidas flumetsulam e trifluralin aspergidos em diferentes valores de pH e densidade do solo. Porto Alegre, RS. 1997.

Tratamentos	Densidade do solo		pH do solo	
	1,3 g cm ⁻³	1,6 g cm ⁻³	5,1	6,4
Testemunha	525 aA*	400 aB	417 aB*	508 aA
Trifluralin	165 bA	229 bA	180 bA	214 bA
Flumetsulam	81 cA	80 cA	119 bA	41 cB

* Médias seguidas por mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não apresentam diferença mínima significativa (P<0,05).

atividade do flumetsulam aumenta com a elevação do pH do solo. A redução no crescimento das raízes e uma possível redução na quantidade de pêlos radiculares, devido à maior atividade do flumetsulam, podem ser as causas do aumento no diâmetro médio das raízes. Constatou-se também redução na matéria seca de raízes com uso dos herbicidas, sendo que as plantas tratadas com flumetsulam apresentaram menor peso de matéria seca de raízes do que a testemunha sem herbicida e trifluralin (tabela 3).

Na densidade do solo de 1,3g cm⁻³, ambos os herbicidas reduziram a produção de matéria seca da parte aérea (tabela 4). Na densidade de 1,6g cm⁻³, somente o flumetsulam reduziu significativamente a produção de matéria seca de parte aérea (tabela 4). O flumetsulam também reduziu significativamente a área foliar em relação a trifluralin e à testemunha sem controle (tabela 4). Espera-se que os danos ocasionados por este herbicida ao sistema radicular da aveia deva ter afetado o desenvolvimento da área foliar.

Os danos observados na cultura da aveia foram mais pronunciados nos tratamentos com flumetsulam do que nos com trifluralin, sendo esses danos maiores no sistema radicular. O aumento no diâmetro médio das raízes (tabela 3) e as reduções na área de superfície radicular (tabela 1) e no comprimento de raízes (tabela 2) em relação à testemunha evidenciaram maior atividade do flumetsulam com a elevação do pH do solo. A redução na adsorção desse herbicida aos colóides do solo com a elevação do pH, conforme indicado por KLESCHICK *et al.* (1992), aumenta sua disponibilidade e, conseqüentemente, sua absorção pelas raízes da aveia. A atividade do herbicida trifluralin não foi afetada pelo pH do

Tabela 1 - Área de superfície radicular da aveia (cm²) na presença dos herbicidas flumetsulam e trifluralin aspergidos em diferentes pH e densidade de solo. Porto Alegre, RS. 1997.

Tratamentos	Densidade do solo		pH do solo	
	1,3 g cm ⁻³	1,6 g cm ⁻³	5,1	6,4
Testemunha	5835 aA*	4372aB	4685 aB*	5323 aA
Trifluralin	2446 bA	3032 bA	2639 bA	2839 bA
Flumetsulam	1324 cA	1253 cA	1772 cA	805 cB

* Médias seguidas por mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não apresentam diferença mínima significativa (P<0,05).

Tabela 3 - Diâmetro médio de raízes de aveia (mm) influenciado pelo pH do solo e matéria seca de raízes (mg/vaso), na presença dos herbicidas flumetsulam e trifluralin. Porto Alegre, RS. 1997.

Tratamentos	Diâmetro médio de raízes (mm)		Matéria seca de raízes(mg/vaso)
	pH do solo		
	5,1	6,4	
Testemunha	0,95 bA*	0,86 cA	142 a
Trifluralin	1,18 aA	1,09 bA	96 b
Flumetsulam	1,22 aB	1,64 aA	52 c

* Médias seguidas por mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não apresentam diferença mínima significativa (P<0,05).

solo. Isso se deve à natureza não-iônica desse herbicida, cujo comportamento no solo independe do pH, conforme indicado por WEBER (1990).

A elevação da densidade do solo de 1,3 para 1,6g cm⁻³ não afetou a atividade dos herbicidas flumetsulam e trifluralin. Ambas as densidades testadas estavam dentro da faixa em que a densidade do solo pode reduzir a difusão de trifluralin, isto é, superior a 1,2g cm⁻³ (BODE *et al.*, 1973). Possivelmente, isso tenha contribuído para que a interferência da densidade sobre a atividade desse herbicida não tenha se manifestado de forma mais acentuada. Assim, sugere-se o uso de uma faixa mais ampla de densidade do solo para que se possa avaliar o seu efeito na atividade do trifluralin.

CONCLUSÃO

A densidade do solo não afeta a atividade dos herbicidas trifluralin e flumetsulam, porém, a elevação do pH de 5,1 para 6,4 altera a atividade de flumetsulam, mas não altera a atividade de trifluralin.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAILEY, G.W., WHITE, J.L. Factors influencing the adsorption, desorption and movement of pesticides in soil. **Residue Reviews**, New York, v. 32, n. 1, p. 29-92, 1970.
- BODE, L.E., DAY, C.L. GEBHARDT, M.R., *et al.* Mechanism of trifluralin diffusion in silt loam soil. **Weed Science**, Champaign, v. 21, n. 5, p. 480-484, 1973.

Tabela 4 - Matéria seca da parte aérea (mg/3 plantas) e área foliar (cm²/3 plantas) de aveia em diferentes valores de densidade do solo e presença dos herbicidas flumetsulam e trifluralin. Porto Alegre, RS. 1997.

Herbicidas	Matéria seca da parte aérea (mg/3 plantas)		Área foliar (cm ² /3 plantas)
	Densidade do solo		
	1,3g cm ⁻³	1,6g cm ⁻³	
Testemunha	773 a A	610 a B	22 a*
Trifluralin	447 b A	513 a A	19 a
Flumetsulam	393 b A	366 b A	11 b

* Médias seguidas por mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não apresentam diferença mínima significativa (P<0,05).

CARRINGER, R.D., WEBER, J.B., MONACO, T.J. Adsorption-desorption of selected pesticides by organic matter and montmorillonite. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Oxford, v. 23, n. 3, p. 568-572, 1975.

EHLERS, W., LETEY, W.J., SPENCER, W.F., *et al.* Lindane diffusion in soils: I. Theoretical considerations and mechanism of movement. **Soil Science Society American Proceedings**, Madison, v. 33, n. 4, p. 501-504, 1969.

FONTAINE, D.D., LECHMANN, R.G., MILLER, J.R. Soil adsorption of neutral and anionic forms of a sulfonamide herbicide, flumetsulam. **Journal Environmental Quality**, Madison, v. 20, n. 4, p. 759-762, 1991.

HARTZLER, R.G., FAWCET, R.S., OWEN, D.K. Effects of tillage on trifluralin residue carryover injury to corn (*Zea mays*). **Weed Science**, Champaign, v. 37, n. 4, p. 609-615, 1989.

HELLING, C.S. Dinitroaniline herbicide in soils. **Journal Environmental Quality**, Madison, v. 5, n. 1, p. 1-15, 1976.

HURLE, K., WALKER, A. Persistence and its prediction. In: HANCE, R.J. **Interactions between herbicides and soil**. London: Academic, 1980. P. 83-122.

JACQUES, G.L., HARVEY, R.G. Adsorption and diffusion of herbicide in soils. **Weed Science**, Champaign, v. 27, n. 4, p. 450-455, 1979.

KHAN, S.U. **Soil organic matter**. New York: Elsevier Science, 1978. The interaction of organic matter with pesticide: p. 319.

KLESCHICK, W.A., GERWICK, B.C., CARSON, C.M., *et al.* De-498, a new acetolactate syntetase inhibiting herbicide with multicrop selectivity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Oxford, v. 40, n. 6, p. 1083-1085, 1992.

LOCKE, M.A., BRYSON, C.T. Herbicide-soil interactions in reduced tillage and plant residue management systems. **Weed Science**, Champaign, v. 45, n. 2, p. 307-320, 1997.

- MARTIN, A.G., JORDAN, T.N., STEIHNARDT, G.C., Influence of soil compaction on trifluralin phytotoxicity to corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 77, n. 3, p. 481-483, 1985.
- MURPHY, G.P., SHAW, D.R. Field mobility of flumetsulam in three Mississippi soils. **Weed Science**, Champaign, v. 45, n. 4, p. 564-567, 1997.
- OLIVER, L.R. Factors affecting herbicide rate in soybeans: Strategies for reduced herbicide rates. In: CONFERÊNCIA MUNDIAL DE INVESTIGACIÓN EN SOYA, 1989. Buenos Aires. **Actas...** Buenos Aires: PASCALE, J.A., 1989. P. 1613-1619.
- RAHMAN, A., BURNEY, B., MANSON, B.E. Effect of soil compaction on phytotoxicity and persistence of soil-applied herbicide. **Weed Research**, Oxford, v. 18, n. 1, p. 93-97, 1978.
- RODRIGUES, B.N., ALMEIDA, F.S. de. **Guia de herbicidas**. 3. ed. Londrina, 1995. 675 p.
- SCHWEIZER, E.E., HOLSTUN Jr., J.T. Persistence of five cotton herbicide in four southern soils. **Weed Science**, Champaign, v. 13, n. 1, p. 173-174, 1966.
- SHAW, D.R., MURPHY, G.P. Adsorption and relative mobility of flumetsulam. **Weed Science**, v. 45, n. 4, p. 573-578, 1997.
- TENNANT, D. A test of a modified line intersect method of estimating root length. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 13, n. 3, p. 995-1001, 1975.
- VIDAL, R.A. **Herbicidas: mecanismos de ação e resistência de plantas**. Porto Alegre, 1997. 1165 p.
- WEBER, JB. Behavior of dinitroaniline herbicide in soils. **Weed Technology**, Champaign, v. 4, n. 2, p. 394-406, 1990.