



Persistência de imazaquim e diclosulam em função da umidade do solo

Persistence of imazaquin and diclosulan in different soil moisture

Patrícia Andrea Monquero*¹, William Sanches Munhoz², Andreia Cristina Silva Hirata³

Resumo - Os herbicidas podem sofrer distintos processos de redistribuição e degradação que determinarão sua eficácia e residual no solo. Objetivou-se com este trabalho avaliar a influência da umidade do solo na persistência dos herbicidas diclosulam e imazaquim, em um Latossolo Vermelho Distroférico – textura argilosa. Os herbicidas imazaquim (0,15 kg ha⁻¹) e diclosulam (0,035 kg ha⁻¹) foram aplicados em pré-emergência, durante o período de verão, que apresentou temperatura média de 24 °C. Os tratamentos foram constituídos por três níveis de umidade (100, 80 e 60% da capacidade de campo - CC), e pelos períodos de avaliação (0, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA). Como bioindicadores de imazaquim e diclosulam utilizou-se o milho e o girassol, respectivamente. O diclosulam apresentou efeito por período maior de tempo com a umidade de 100% CC. O imazaquim também apresentou maior efeito tóxico na umidade de 100% CC, indicando maior disponibilidade destes herbicidas em solos com maior teor de umidade. No solo com 60% CC a porcentagem de intoxicação das espécies bioindicadoras foi menor para os dois herbicidas, provavelmente, esta condição favorece a sorção destes herbicidas. Independente da umidade do solo, a presença dos herbicidas foi detectada até 90 DAA.

Palavras chave - Capacidade de campo. Efeito residual. Inibidores da acetolactato sintase.

Abstract - Herbicides may have different processes of redistribution and degradation that will determine its effectiveness and residual soil. The objective of this work was to evaluate the influence of soil moisture on the persistence of diclosulam and imazaquin herbicides in a Red Distroferric - clayey. Herbicides imazaquin (0.15 kg ha⁻¹) and diclosulam (0.035 kg ha⁻¹) were applied in pre-emergence, during the summer, which average temperature of 24 °C. The three moisture levels (100, 80 and 60% of field capacity - CC) were evaluated in seven periods (0, 15, 30, 45, 60, 75 and 90 days after treatment application (DAA). As bioindicators of imazaquin and diclosulam was used corn and sunflower, respectively. The diclosulam had effect over a longer period of time with 100% CC (30 days). The imazaquin also showed greater toxic effect in 100% CC, indicating greater availability of these herbicides in soils with higher moisture. In soil with 60% CC, the percentage of intoxication it the bioindicators, was lower for both herbicides, probably this condition favors the sorption of these herbicides. Regardless of soil moisture, the presence of herbicides was detected at 90 DAA.

Key words - Field capacity. Residual effect. Acetolactate synthase inhibitors.

*Autor para correspondência

Enviado para publicação em 05/04/2013 e aprovado em 30/11/2013

¹Profa. Dr^a. do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental. Rodovia Anhanguera, km 174, C.P 153, Araras, SP, pamonque@cca.ufscar.br

²Aluno de graduação do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos. Bolsista FAPESP. william_munhoz@yahoo.com.br

³Pesquisadora do APTA/Pólo da alta Sorocabana. andreiacs@apta.sp.gov.br

Introdução

Os resíduos de pesticidas podem permanecer no solo por longos períodos, desde meses até anos, dependendo das características físicas e químicas das moléculas e das condições edafoclimáticas que alteram os processos de degradação (biótica e abiótica), causando grande impacto ambiental (DAMS, 2006).

O herbicida diuron, por exemplo, é degradado rapidamente na superfície do solo em temperatura de 30 °C e alta umidade do solo (70% da capacidade de campo) do que quando exposto a temperatura de 40 °C. A degradação rápida na condição de maior umidade e temperatura de 30 °C pode ser explicada pelo aumento ou manutenção da comunidade e da atividade microbiana (SILVA *et al.*, 2010).

Alguns herbicidas são degradados por meio de reações químicas (oxidação, redução, hidrólise, formação de sais insolúveis em água e complexos químicos) ou por processos físicos (fotodecomposição). A hidrólise química é responsável, em geral, pelo início de uma série de atividades degradativas que ocorrem no solo e torna-se indispensável para os processos de transformação das moléculas no solo. A degradação de moléculas de herbicidas no solo e sua capacidade de sorção influenciam diretamente a persistência destes compostos no ambiente (OLIVEIRA; BRIGUENTI, 2011).

O herbicida imazaquim, pertencente ao grupo químico das imidazolinonas, apresenta meia vida média no solo de 60 dias (AHRENS, 1994). Entretanto, em solo adubado com esterco bovino, a meia vida variou entre 6 a 15 dias, nas temperaturas de 20 e 40 °C, respectivamente, sendo observado os metabólitos 2 - (4-hidroxi-5-oxo-2-imidazolin-2-il) - quinolina ácido e quinol -2,3 - dicarboxílico anidrido (WANG *et al.*, 2007). Inoue *et al.* (2000), verificaram o efeito tóxico de imazaquim (600 g ha⁻¹) em plantas de pepino até 91 dias após a aplicação do herbicida (DAA). Observaram ainda que, na época de primavera/verão, a inibição na produção de biomassa, nas parcelas com o herbicida, diminuiu de forma mais rápida, quando comparada ao período de inverno/primavera. De acordo com Oliveira, Jr. (2001), a germinação da canola foi reduzida até 30 DAA de imazaquim na dose de 150 g ha⁻¹ e até 60 DAA no dobro da dose recomendada. Em relação

ao crescimento da canola, o imazaquim reduziu em 30 e 32,5% (respectivamente para as doses de 150 e 300 g ha⁻¹) a produção de biomassa nas plantas crescidas em amostras de solo coletadas aos 15 DAA. No entanto, a partir dos 30 DAA, não houve nenhum sinal de fitotoxicidade nas plantas.

O diclosulam pertence ao grupo das triazolopirimidinas. A dose aplicada desse varia de 25 a 35 g ha⁻¹, sendo considerada baixa quando comparada com a de outros herbicidas (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). Entretanto, a aplicação desse herbicida na soja pode causar injúrias em culturas subseqüentes, como o milho (YODER *et al.*, 2000), tomate, algodão e sorgo (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). Ainda de acordo com Rodrigues e Almeida (2011), as áreas tratadas com diclosulam não devem ser cultivadas com girassol por 18 meses.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a persistência de imazaquim e diclosulam em função da umidade do solo, quando aplicados durante o verão.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Como substrato para o cultivo do milho e do girassol foram retiradas amostras de um solo classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (Embrapa 1999), coletado na profundidade de 0-20 cm, sem histórico de uso de herbicidas. Os resultados da análise química e física da amostra são apresentados na Tabela 1.

Durante a execução do experimento a temperatura foi monitorada, sendo os dados apresentados na Tabela 2.

A unidade experimental foi constituída por vaso de polietileno que foram preenchidos com solo peneirado (peneira 2 mm) e pesados até a capacidade de 28,6 kg, de acordo com a densidade do solo (1,3 g mL⁻¹) e volume do vaso (22 L). O conteúdo de água foi monitorado pelo método não destrutivo TDR (Time Domain Reflectometry). O TDR foi conectado a multiplexadores que conectaram o equipamento às sondas instaladas nos diferentes tratamentos. Os valores obtidos em cada determinação,

Tabela 1 - Características químicas e físicas da amostra do solo utilizado no experimento

Amostra (cm)	pH	MO (g dm ⁻³)	P (mg dm ⁻³)	K	Ca	Mg (mmol _c dm ⁻³)	H + Al	SB	CTC	V (%)	Argila	Silte	Areia
0-20	6,2	36	14	2,4	29	13	24	44,4	68,4	64,9	560	240	200

Métodos: EMBRAPA (2006) e Raij *et al.* (2001).

Tabela 2 - Temperatura máxima, mínima e média no interior da casa de vegetação durante a condução do experimento

Meses	Temperatura (°C)		
	Máxima	Mínima	Média
Dezembro	31,6	18,7	25,1
Janeiro	30,6	19,4	25,0
Fevereiro	30,7	18,9	24,8
Março	29,1	19,3	24,2

realizada três vezes ao dia, foram armazenados em *data logger* e utilizados para calcular a variação do armazenamento de água, o que permitiu a reposição de água para manter os níveis de umidade pré-determinados nos tratamentos.

A capacidade de campo foi determinada a partir da Análise Físico-Hídrica do Solo, realizada pelo Laboratório de Física de Solo do CCA/UFSCar. A capacidade de campo total do solo determinada foi de 30%.

Para as leituras do TDR foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\Delta h = (\theta_{cc} - \theta_a) \cdot Z$$

Onde: Δh = quantidade de água em mm

θ_{cc} = umidade final do solo

θ_a = umidade dada pela leitura no TDR e

Z = altura do vaso em cm.

Os herbicidas imazaquim (0,15 kg ha⁻¹) e diclosulam (0,035 kg ha⁻¹) foram aplicados em solo com três níveis de umidade: 100, 80 e 60% da capacidade da capacidade de campo (CC). Para cada nível de umidade no solo foram conduzidas testemunhas, sem aplicação de herbicidas. Cada herbicida foi avaliado isoladamente, sendo que o delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições, no esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram correspondentes às umidades do solo e as subparcelas, às épocas de semeadura dos bioindicadores.

Os herbicidas foram aplicados no mês de dezembro, com temperatura média de 24 °C, utilizando-se um pulverizador costal pressurizado com CO₂, provido de barra de pulverização contendo dois bicos tipo leque Teejet 110.02 e com volume de aplicação de 200 L ha⁻¹.

No dia da semeadura (0 dia após a aplicação - DAA) e aos 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias DAA foram semeados milho e girassol (obtenção de 3 plantas/vaso) como bioindicadores de imazaquim e diclosulam, respectivamente. A avaliação da fitotoxicidade nos

bioindicadores foi feita aos 21 dias após a emergência (DAE), atribuindo-se notas de 0 a 100, de acordo com os sintomas de fitotoxicidade observados na parte aérea das plantas, onde o 0 (zero) representou ausência de sintomas e 100 (cem) a morte da planta (ALAM, 1974).

Aos 21 DAE foi determinada a área foliar (cm²), utilizando-se o aparelho portátil Li-3000C), altura e massa seca da parte aérea das plantas. Para determinar a massa seca da parte aérea, o material colhido foi seco em estufa com circulação forçada de ar (65 ± 2°C) por 72 horas. A porcentagem de redução da massa seca da parte aérea, altura e área foliar de cada tratamento herbicida e cada capacidade de campo foi comparada com as suas respectivas testemunhas.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ou ajustadas curvas de regressão não lineares.

Resultados e discussão

A umidade que apresentou maior redução na taxa de intoxicação sobre o girassol (planta bioindicadora) para o diclosulam foi a de 60% CC, com índice de fitointoxicação de 90% quando as plantas foram semeadas no dia da aplicação do herbicida. Entretanto, a partir dos 15 DAA a intoxicação foi reduzida a 40%, mantendo-se constante até a semeadura realizada aos 90 DAA (Figura 1), indicando presença do herbicida no solo.

No tratamento com 80% CC, a fitotoxicidade decresceu com o aumento do intervalo de tempo entre a aplicação e a semeadura das plantas bioindicadoras, com intoxicação moderada (intoxicação de 35%) aos 90 DAA, indicando persistência do herbicida.

Com 100% CC, observou-se elevados índices de intoxicação nas plantas bioindicadoras até a semeadura realizada aos 30 DAA, com paralisação do crescimento das plantas e leve clorose. A partir desse período, houve redução nos valores observados, com 20% de intoxicação nas plantas semeadas aos 90 DAA (Figura 1), fato que demonstra que independente da umidade, aos 90 DAA ainda havia resíduos do diclosulam no solo.

A solubilidade de um herbicida em água é por definição a quantidade máxima de herbicida que se dissolve em água pura em determinada temperatura. Para a maioria dos herbicidas, solos com boas condições de umidade promovem tanto a ação como a dissipação mais rápida de determinados herbicidas, assim como raios ultravioletas e infravermelhos também provocam degradação mais rápida dos mesmos. A solubilidade do diclosulam em água

é dependente do pH e varia de $\sim 100 \text{ mg kg}^{-1}$ em pH entre 5 e 7 e $> 4.000 \text{ mg kg}^{-1}$ em pH 9 (LAVORENTI *et al.*, 2003).

O aumento da disponibilidade de água no solo facilita a perda de vapor. Solos úmidos perdem mais herbicida por volatilização que solos secos, já que a água funciona como uma interfase entre a molécula e as partículas do solo, principalmente para herbicidas que apresentem elevadas pressão de vapor e constante da lei de Henry (MANCUSO *et al.*, 2011). Em solos secos, existe maior probabilidade do herbicida ser sorvido diretamente nas partículas do solo (ANDERSON; COATS, 1995). Neste trabalho foi observado para o diclosulam, que em solo com menor umidade apresentou menor fitotoxicidade sobre o girassol aos 15 e 30 DAA (Figura 1).

Houve elevada redução da área foliar do girassol no tratamento com maior disponibilidade de água (100% CC) em relação aos solos com 60 e 80% CC, evidenciando menor disponibilidade do herbicida na condição de menor umidade em todas as épocas de avaliação realizadas. No entanto, mesmo na condição de menor umidade observou-se redução da área foliar da planta bioindicadora em relação ao solo sem herbicida aos 90 DAA (Tabela 3), demonstrando, ainda, haver resíduo do diclosulam no solo.

A altura de plantas também foi afetada pelo diclosulam com redução na ordem de 60% em relação ao

solo sem herbicidas para todas as umidades avaliadas, com posterior redução na taxa de decréscimo nas avaliações posteriores, não se verificando diferença para esta variável entre as diferentes umidades do solo para as plantas de girassol semeadas até 30 DAA. Nas épocas de semeadura aos 45, 60 e 75 DAA, maior taxa de redução foi observada no tratamento com 100% CC. Aos 90 DAA a redução da altura de plantas foi insignificante, sem diferir entre os níveis de umidade estudados (Tabela 3).

No caso da massa seca da parte aérea, para o tratamento em que o diclosulam foi aplicado no dia da semeadura (0 DAA), as maiores porcentagens de redução ocorreram nos tratamentos com 60% e 100% CC, já aos 15 e 30 DAA a maior porcentagem de redução ocorreu no tratamento com 100% CC, entretanto, depois disto, os tratamentos não diferem entre si, sendo que na última avaliação, observa-se que as reduções foram de 21,12% no tratamento 80% CC, seguido por 11,12% para 60% CC e 10% no tratamento 100% CC (Tabela 3). Trabalhando em condições de campo, Brighenti *et al.* (2002) constataram que o diclosulam causou redução total do estande de girassol quando plantado até 90 dias após a aplicação. Dan *et al.* (2012) verificaram que diclosulam ($0,035 \text{ kg ha}^{-1}$) causou redução no rendimento do girassol.

Para o imazaquim observou-se que nos tratamentos mantidos com umidade de 60 e 80% CC a fitotoxicidade nas plantas bioindicadoras reduziu intensamente nas

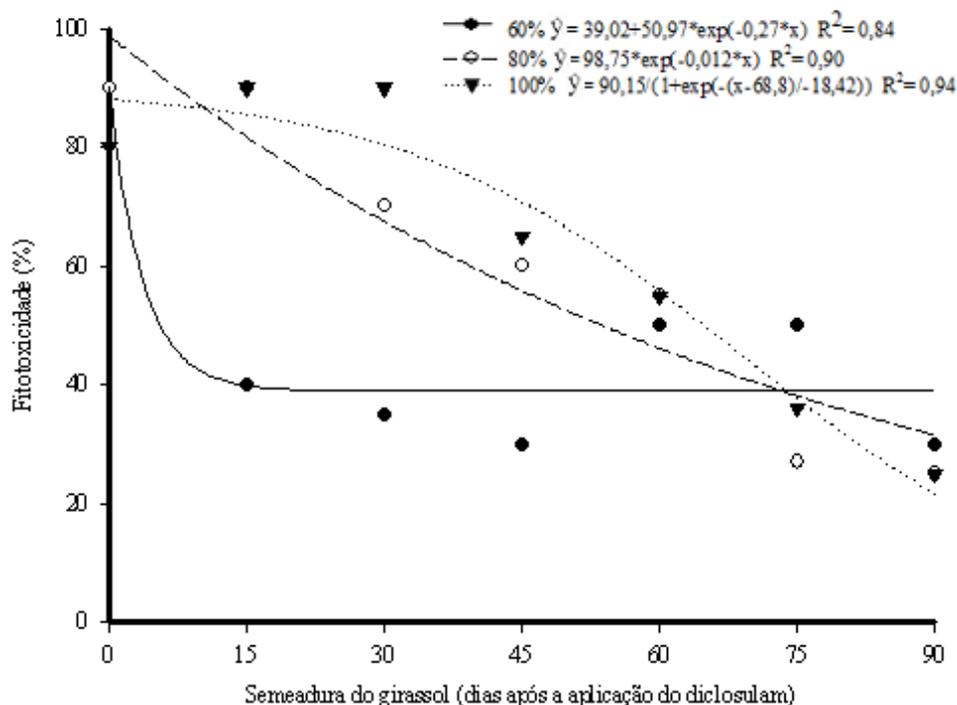


Figura 1 - Fitotoxicidade em plantas de girassol semeadas nos diferentes dias após a aplicação do diclosulam, e avaliadas aos 21 dias após a emergência das plântulas.

Tabela 3 - Porcentagem de redução, em relação às respectivas testemunhas, da área foliar, altura e massa seca da parte aérea do girassol, semeado nos diferentes dias após a aplicação do diclosulam, cultivado em solo com diferentes capacidades de campo (CC)

Tratamentos Diclosulam (0,035 kg ha ⁻¹)	Épocas de semeadura do girassol (DAA)						
	0	15	30	45	60	75	90
(% CC)	Redução da área foliar (%)						
60	54,24 b	36,01 b	28,57 b	21,46 c	20,48 b	20,94 b	11,80 b
80	45,01 b	44,00 b	41,15 b	32,02 b	27,38 b	22,25 b	12,17 b
100	81,01 a	79,00 a	64,03 a	52,36 a	50,63 a	51,16 a	55,17 a
C.V.%	8,0	10,61	11,60	11,91	21,09	9,92	12,75
D.M.S. 5%	9,32	10,28	11,61	10,68	18,91	8,18	9,76
(% CC)	Redução da altura (%)						
60	61,02 a	45,04 a	35,85 a	24,27 b	20,38 b	8,83 b	2,32 a
80	56,02 a	46,04 a	41,29 a	14,02 c	17,18 b	11,42 ab	2,00 a
100	61,18 a	46,03 a	40,03 a	29,02 a	33,27 a	18,19 a	0,28 a
C.V.%	15,93	22,76	20,98	8,44	15,25	12,31	12,27
D.M.S. 5%	20,91	24,60	17,60	4,09	7,72	9,32	3,60
(% CC)	Redução da massa seca da parte aérea (%)						
60	65,52 a	40,27 b	41,17 b	30,73 a	33,90 a	20,03 a	11,12 a
80	45,45 b	30,01 c	35,15 b	37,65 a	25,22 a	30,06 a	21,12 a
100	72,46 a	74,08 a	68,80 a	65,64 a	29,24 a	38,70 a	10,00 a
C.V.%	13,93	6,60	9,24	25,06	25,01	23,41	17,32
D.M.S. 5%	18,09	8,12	8,59	35,25	17,09	25,63	15,32

DAA - Dias após aplicação do imazaquim; C.V. – coeficiente de variação; D.M.S. – diferença mínima significativa a 5%; Médias seguidas da mesma letra na coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

plantas semeadas até 30 DAA, com posterior estabilização, embora com índices mais baixos no solo com 60% CC. Para a umidade de 100% CC a fitotoxicidade foi elevada até a semeadura realizada aos 15 DAA do imazaquim, com posterior decréscimo até 90 DAA (Figura 2). Estes resultados refletem prolongamento do efeito residual deste herbicida com a elevação da umidade do solo. Segundo Procópio *et al.* (2001) teores menores de água no solo favorecem a ligação das moléculas do herbicida à fase sólida, reduzindo a sua mobilidade no perfil do solo.

Com relação à área foliar, observaram-se maiores reduções nos índices desta variável ao longo do tempo quando o solo apresentou 100% CC, até a semeadura do milho realizada aos 45 DAA do imazaquim. Na última avaliação, aos 90 DAA, a redução no tratamento 100% CC foi de 25,47%, enquanto para 60 e 80% CC as reduções de área foliar foram 2,70 e 7,78%, respectivamente (Tabela 4).

Brighenti *et al.* (2002), trabalhando com aplicação dos herbicidas imazaquim e imazethapyr, na cultura do

girassol, constataram que houve redução na população de plantas de girassol aos 60 DAA do imazaquim. Quanto ao imazethapyr, houve redução na população de plantas aos 45 DAA. Entretanto, aos 75 DAA o resíduo deste herbicida não mais afetou as plantas de girassol.

Em países de clima temperado, foi observado danos em plantas de milho semeadas um ano após a aplicação de imazaquim, refletindo em redução na produtividade (KRAUSZ *et al.*, 1994).

Com relação à redução na altura das plantas de milho causadas pelo imazaquim, houve diferenças significativas entre os tratamentos até 75 DAA, destacando-se o solo com 80 e 100% CC, o mesmo se aplicando a redução da massa seca da parte aérea, com diferença estatística até 60 DAA (Tabela 4). O que demonstra a influência da umidade do solo na ação deste herbicida, cujo efeito tóxico pode ser observado, em alguns casos, até 90 a 180 dias após a aplicação no campo, o que pode acarretar, portanto, prejuízos nas culturas subsequentes sensíveis ao herbicida (NOVO *et al.* 1997; SILVA *et al.* 1998).

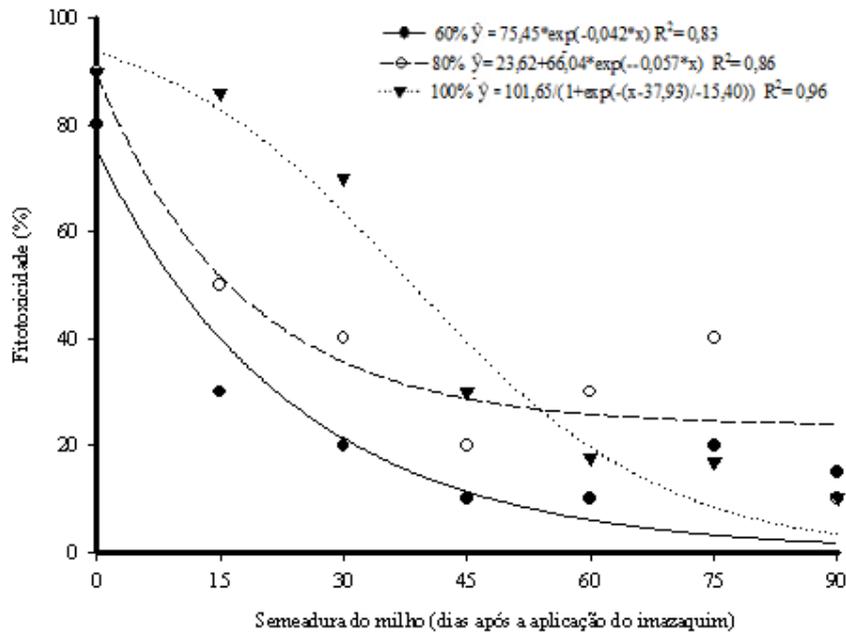


Figura 2 - Fitotoxicidade em plantas de milho semeadas nos diferentes dias após a aplicação do imazaquim, e avaliadas aos 21 dias após a emergência das plântulas.

Tabela 4 - Porcentagem de redução, em relação às respectivas testemunhas, da área foliar, altura e massa seca da parte aérea do milho, semeado nos diferentes dias após a aplicação do imazaquim, cultivado em solo com diferentes capacidades de campo (CC)

Tratamentos Imazaquim (0,15 kg ha ⁻¹)	Épocas de semeadura do milho (DAA)						
	0	15	30	45	60	75	90
(% CC)	Redução da área foliar (%)						
60	64,97 c	47,57 a	42,99 b	20,81 b	13,14 b	5,77 a	2,70 b
80	70,35 b	58,60 a	60,91 a	25,04 b	21,03 b	17,44 a	7,78 ab
100	99,86 a	51,32 a	57,30 a	75,75 a	36,66 a	35,29 a	25,47 a
C.V.%	3,70	18,10	3,78	11,78	10,14	22,34	26,16
D.M.S. 5%	4,67	20,53	4,46	10,25	8,80	30,13	18,25
(% CC)	Redução da altura (%)						
60	48,00 b	50,62 b	42,60 b	45,33 a	7,77 b	14,10 ab	12,60 a
80	67,47 a	48,82 b	60,60 a	48,01 a	18,76 a	5,00 b	14,10 a
100	68,20 a	58,20 a	56,80 a	30,00 b	25,00 a	24,87 a	20,31 a
C.V.%	3,70	5,94	11,74	16,59	49,39	24,79	21,25
D.M.S. 5%	4,09	6,59	12,57	11,16	14,37	15,97	10,14
(% CC)	Redução da massa seca da parte aérea (%)						
60	63,75 b	29,16 b	17,28 c	25,02 b	31,50 b	10,01 a	10,21 a
80	72,72 a	65,71 a	63,95 a	61,00 a	32,20 b	15,01 a	21,00 a
100	74,58 a	66,31 a	58,73 b	67,75 a	46,10 a	20,01 a	30,00 a
C.V.%	1,23	3,11	1,02	13,11	6,78	18,41	23,41
D.M.S. 5%	1,77	3,60	1,02	16,78	8,90	25,80	20,89

DAA - Dias após aplicação do imazaquim; C.V. – coeficiente de variação; D.M.S. – diferença mínima significativa a 5%; Médias seguidas da mesma letra na coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Conclusões

A umidade do solo interfere na persistência dos herbicidas diclosulam e imazaquim; sendo que a menor capacidade de campo avaliada (60%) refletiu em menor fitotoxicidade dos herbicidas sobre as plantas bioindicadoras ao longo do tempo.

Aos 90 dias após a aplicação, ainda, havia resíduo dos herbicidas diclosulam e imazaquim, independente da umidade do solo.

Literatura científica citada

AHRENS, W. H. **Herbicide Handbook**. 7. ed. Champaign: Weed Science Society of America, 1994. 352p.

ANDERSON, T. A.; COATS, J. R. Screening rhizosphere soil samples for the ability to mineralize elevated concentrations of atrazine and metolachlor. **Journal of Environmental Science and Health**, v. 30, n.3, p.473-484, 1995.

ASOCIACION LATINOAMERICANA DE MALEZAS. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación em ensayos de control de malezas. **ALAM**, v.1, n.1, p. 35-38, 1974.

BRIGHENTI, A. M.; MORAES, V. J.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; GAZZIEIRO, D. L. P.; BARROSO, A. L. L.; GOMES, J. A. Persistência e fitotoxicidade de herbicidas aplicados na soja sobre o girassol em sucessão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 4, p. 559-565, 2002.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 306p

DAN, H. A.; DAN, L. G. M.; BARROSO, A. L. L.; PROCÓPIO, S. O.; OLIVEIRA JR., R. S.; SILVA, A. G.; LIMA, M. D. B.; FELDKIRCHER, C. Residual activity of herbicides used in soybean on grain sorghum crop succession. **Planta Daninha**, v. 28, n. spe., p. 1087-1095, 2010.

DAN, H. A.; DAN, L. G. M.; BARROSO, A. L. L.; PROCÓPIO, S. O.; OLIVEIRA JR., R.; BRAZ, G. B. P.; ALONSO, D. G. Atividade residual de herbicidas usados na soja sobre o girassol, cultivado em sucessão. **Ciência Rural**, v.42, n.11, p.1929-1935, 2012.

DAMS, R. I. Pesticidas: Usos e perigos à saúde e ao meio ambiente. **Revista Saúde e Ambiente**, v.7, n.1, p. 37-44, 2006.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil 1999/2000**. Londrina, 1999. 226 p. (Documentos, 132).

INOUE, M. H.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA, M. F. Persistência da atividade biológica de imazaquim e imazethapyr aplicados em duas épocas do ano. **Acta Scientiarum**, v. 22, n. 4, p. 993-997, 2000.

KRAUSZ, R. F.; KAPUSTA, G.; MATTHEWS, J. L. Soybean and rotational crop response to PPI chlorimuron, clomazone, imazaquim, and imazethapyr. **Weed Technology**, v.8, n.2, p.224-230, 1994.

LAVORENTI, A.; ROCHA, A. A.; PRATA, F.; REGITANO, J. B.; TORNISIELO, V. L.; PINTO, O. B. Comportamento do diclosulam em amostras de um latossolo vermelho distroférrico sob plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n.2, p.183-190, 2003.

MANCUSO, A. C. M.; NEGRISOLI, E.; PERIN, L. Efeito residual de herbicida no solo ("Carryover"). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 2, p. 151-164, 2011.

NOVO, M. C. S. S.; CRUZ, L. S. P.; PEREIRA, J. C. V. N.; TREMOCOLDI, W. A.; IGUE, T. Persistência de imazaquim em latossolo roxo cultivado com soja. **Planta Daninha**, v.15, n.1, p. 30-38, 1997.

OLIVEIRA JR, R. S. Atividade residual de imazaquim e alachlor+atrazine para plantio seqüencial de canola. **Ciência Rural**, v.31, n.2, p.219-224, 2001.

OLIVEIRA, M. F.; BRIGHENTI, A. M. Comportamento dos herbicidas no ambiente In: OLIVEIRA JR.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. 1 ed. Curitiba-PR: Omnipax, 2011. Cap. 11, p. 263-304.

PROCÓPIO, S. O.; PIRES, F. R.; WERLANG, R. C.; SILVA, A. A.; QUEIROZ, M. E. L. R.; NEVES, A. A.; MENDONÇA, E. S.; SANTOS, J. B.; EGREJA FILHO, F. B. Sorção do herbicida atrazine em complexos organominerais. **Planta Daninha**, v.19, n.3, p. 391-400, 2001.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. 1. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 6. ed. Londrina: [s.n.], 2011. 697 p.

SILVA, A. A.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CASTRO FILHO, J. E. Avaliação da atividade residual no solo de imazaquim e trifluralin através de bioensaios com milho. **Acta Scientiarum**, v.20, n.3, p.291-295, 1998.

SILVA, F. A.; LOURENCETTI, C.; DORES, E. F. G. C. Influência da temperatura, umidade e profundidade do solo na persistência do diuron e sulfato de endossulfam em um solo tropical. **Química Nova**, v.33, n.7, p.1457-1463, 2010.

WANG, H. L.; LI, Y.Y.; WEI, G. H.; WANG, X. D. Imazaquim degradation and metabolism in a sandy loam soil amended with farm litters. **Journal Environmental Science**, v.19, n.9, p.1108-1113, 2007.

YODER, R. N.; HUNSKIN, M. A.; KENARD, L. M. Aerobic metabolism of diclosulan in U.S and South American Soils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, n.3, p. 4335 - 4340, 2000.