

EFEITO DO PROTETOR DIETHOLATE NA SELETIVIDADE DE CLOMAZONE EM CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO¹

The Effect of Crop Safener Dietholate on Clomazone Selectivity in Irrigated Rice Cultivars

SANCHOTENE, D.M.², KRUSE, N.D.³, AVILA, L.A.⁴, MACHADO, S.L.O.⁵, NICOLODI, G.A.² e DORNELLES, S.H.B.⁶

RESUMO - No arroz irrigado, o herbicida clomazone tem sua seletividade variável de acordo com o cultivar, o tipo de solo e a dose aplicada. O uso do protetor dietholate permite seletividade em diferentes ambientes, sendo necessário o estudo da relação entre esses fatores. Em vista do exposto, objetivou-se com este experimento quantificar a seletividade do herbicida clomazone em função de cultivares de arroz irrigado, tipos de solos, doses de clomazone e tratamento de sementes com dietholate. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial com quatro repetições. O fator A foi composto por tipos de solo (arenoso e argiloso); o fator B, por cultivares de arroz irrigado (IRGA 409 e IRGA 417); o fator C, pela ausência do protetor dietholate; e o fator D, por doses de clomazone (0, 156, 312, 625, 1.250, 2.500, 5.000 e 10.000 g ha⁻¹) aplicadas em pré-emergência do arroz irrigado. Dezoito dias após a semeadura do arroz, foram avaliados a fitotoxicidade e o percentual de redução de massa fresca e seca da parte aérea das plantas de arroz. Os cultivares de arroz toleram maiores doses de clomazone quando tratados com dietholate e semeados em solos com maior teor de argila e matéria orgânica. Em solo arenoso, a toxicidade do herbicida nas plantas de arroz foi maior, na ordem de 50%, quando se comparou com a mesma dose em solo argiloso.

Palavras-chave: IRGA 409, IRGA 417, *Oryza sativa*, protetor de plantas, tipos de solo.

ABSTRACT - The selectivity of the herbicide Clomazone varies according to cultivar, soil type and rate applied, while the crop safener dietholate allows selectivity to occur under different conditions, making it necessary to study the relation between these factors. Thus, an experiment was conducted aiming to quantify Clomazone selectivity to rice cultivar, in two types of soil and with seeds treated and untreated with dietholate. The experiment was conducted under greenhouse conditions, and arranged in a randomized block design with four replications in a factorial scheme. Factor A included two rice cultivars, Factor B included seeds treated and untreated with dietholate, Factor C included two types of soil, and Factor D, eight rates of Clomazone (0, 156, 312, 625, 1,250, 2,500, 5,000 and 10,000 g ha⁻¹). Plant injury and reduction percentage of fresh and dry mass weight of the aerial part of the rice plants were evaluated 18 days after sowing. The data were submitted to variance analysis. A difference (P < 0.05) was observed between the two types of soil and between the seeds treated with and without dietholate. The rice cultivars tolerate higher clomazone rates when treated with dietholate and sown in soil with higher clay and organic matter contents. In sandy soil, herbicide injury to the rice plants was 50% higher than in the clayey soil, when the same doses were compared.

Keywords: IRGA 409, IRGA 417, *Oryza sativa*, crop safener, types of soil.

¹ Recebido para publicação em 28.3.2009 e na forma revisada em 15.6.2010.

² Eng^o-Agr^o, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, bolsista CAPES; ³ Eng^o-Agr^o, Dr., Professor Adjunto do Dep. de Defesa Fitossanitária, UFSM, 97105-900 Santa Maria-RS, <nruse@terra.com.br>; ⁴ Eng^o-Agr^o, Ph.D., Prof. Adjunto do Dep. de Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas – UFPEL, Bolsista do CNPq; ⁵ Eng^o-Agr^o, Dr., Professor Titular do Dep. de Defesa Fitossanitária, UFSM; ⁶ Eng^o-Agr^o, Dr., Professor Adjunto do Dep. de Biologia, UFSM.



INTRODUÇÃO

O herbicida clomazone pertence ao grupo químico das isoxazolidinonas, o qual atua no processo da fotossíntese, inibindo uma enzima da rota de síntese dos carotenoides, protetora da clorofila. Com sua ação, as folhas das plantas sensíveis tornam-se brancas, sendo sintoma característico desse grupo de herbicidas (Senseman, 2007). Sua ação específica envolve a inibição da enzima deoxixilulose fosfato sintase (DXP sintase), responsável pela síntese de isoterpenoides, precursores básicos dos carotenoides, numa rota alternativa, denominada rota metileritritol 4-fosfato (MEP), que ocorre no cloroplasto (Ferhatoglu et al., 2006). Devido às suas características físico-químicas, sua seletividade ao arroz irrigado é limitada em função da dose aplicada, do cultivar semeado (Sherder et al., 2004), do tipo de solo e do potencial de água no solo (Lee et al., 2004).

Para melhorar a seletividade desse herbicida à cultura do arroz, tem-se utilizado o protetor de sementes dietholate, pois inibe a enzima citocromo P-450 mono-oxigenase, responsável pela ativação do clomazone (Ferhatoglu et al., 2005). O herbicida clomazone, como tal, não tem atividade herbicida, sendo considerado um pré-herbicida, pois precisa ser ativado para a forma 5-ceto clomazone, que é o metabólito do clomazone com atividade herbicida (Tenbrook et al., 2006). A enzima citocromo P-450 mono-oxigenase possui nas plantas a função de detoxificação, mas, no caso do clomazone, é a responsável pela sua oxidação, tornando-o tóxico às plantas que possuem maior capacidade de oxidação (Ferhatoglu et al., 2005; Yun et al., 2005). Com a inibição dessa enzima, não há transformação do clomazone, não havendo assim formação do herbicida ativo e, conseqüentemente, dano à planta.

No Estado do Rio Grande do Sul (RS), nas áreas orizícolas, há uma diversidade de solos com características físico-químicas diferentes. As diferenças entre os tipos de solo são explicadas pela diversidade no material de origem do solo do RS, associada à influência do relevo e do clima de cada região (Streck et al., 2008). Nesse contexto, a tecnologia

clomazone/dietholate, que possibilita o uso de doses de clomazone acima das recomendadas para o arroz irrigado, já foi pesquisada com outras culturas e diferentes tipos de solo, tendo-se concluído que o dietholate diminuiu os efeitos fitotóxicos do clomazone nas plantas, bem como apresentou maior tolerância a doses usuais em solos mais leves (Karam et al., 2003).

A concentração do herbicida no solo depende primeiramente da solubilidade na fase líquida deste, da adsorção aos componentes do solo, da lixiviação e da degradação (Gaillardon et al., 1991; Willingham et al., 2008). Analisando quatro tipos de solo com diferentes texturas e porcentagem de matéria orgânica, observou-se que a concentração total de herbicida na solução do solo é inversamente proporcional à quantidade de matéria orgânica deste, pois ocorre adsorção do clomazone à matéria orgânica (Lee et al., 2004), resultando em redução da concentração do herbicida na solução do solo.

A seletividade herbicida à cultura pode ser relacionada a uma série de fatores, entre os quais se destacam as características do produto e das plantas, sendo determinada pela tolerância diferenciada que as plantas apresentam à ação do composto (Oliveira Jr., 2001). Embora a seletividade a herbicidas possa ser associada à absorção, translocação ou metabolismo, esses mecanismos podem não explicar as diferenças e respostas observadas entre espécies. A diferença de seletividade do clomazone entre cultivares de arroz irrigado foi atribuída a características genéticas dos cultivares, que possuem menor atuação da enzima citocromo P-450 e, conseqüentemente, não tornam o herbicida ativo (Zhang et al., 2004).

Em vista dessa variabilidade, infere-se que, para cada tipo de textura e quantidade de matéria orgânica do solo, o clomazone apresentará um comportamento diferenciado, relacionado à sua disponibilidade para as plantas de arroz. Em vista do exposto, objetivou-se neste experimento quantificar a seletividade do herbicida clomazone em função de cultivares de arroz irrigado, tipos de solo, doses do herbicida e tratamento de sementes com dietholate.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal de Santa Maria, durante o ano de 2008. O ensaio foi conduzido em vasos de polietileno com 1,4 dm³ de capacidade, revestidos internamente com sacos plásticos, a fim de evitar perdas da água e do herbicida no momento da irrigação. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo os tratamentos arranjados em esquema fatorial 2 x 2 x 2 x 8, em que o fator A foi constituído de tipos de solo (arenoso e argiloso); o fator B, de cultivares (IRGA 409 e IRGA 417); o fator C, de tratamentos de sementes (sem e com dietholate); e o fator D, de doses de clomazone (0, 156, 312, 625, 1.250, 2.500, 5.000 e 10.000 g ha⁻¹).

As amostras de solo foram coletadas da superfície (0 - 10 cm) de um Planossolo Hidromórfico Eutrófico arênico (Embrapa, 2006), pertencente à unidade de mapeamento Vacacaí, tendo as seguintes características: pH água (1:1)= 4,7; P= 6,0 mg dm⁻³; K= 112 mg dm⁻³; argila= 16%; MO= 1,6%; Ca= 2,2 cmol_c dm⁻³; Mg= 2,0 cmol_c dm⁻³; Al= 1,7 cmol_c dm⁻³; e índice SMP de 6,6. O segundo solo coletado foi um Vertissolo Ebânico Órtico chernossólico (Embrapa, 2006), pertencente à unidade de mapeamento Aceguá, possuindo as seguintes características: pH água (1:1)= 5,6; P= 6,8 mg dm⁻³; K= 204 mg dm⁻³; argila= 43%; MO= 3,2%; Ca= 24,7 cmol_c dm⁻³; Mg= 5,1 cmol_c dm⁻³; Al= 0,0 cmol_c dm⁻³; e índice SMP de 6,3. Para obter uma uniformidade de irrigação durante o ensaio, determinou-se, através da metodologia de coluna úmida (Forsythe, 1975), a capacidade de campo para cada solo; assim, conhecendo a massa do vaso, a massa de solo seco contida no vaso e a capacidade de campo de cada solo, foi possível realizar a irrigação dos vasos a cada dois dias, por meio da medição da massa de cada vaso, adicionando-se água até atingir a massa total (vaso + solo seco + 80% capacidade de campo).

O tratamento das sementes foi realizado com dietholate (0,0-diethyl 0 phenyl phosphorothioate), pertencente ao grupo químico éster do ácido fosfórico, na dose de 500 g de i.a por 100 kg de semente. A semeadura nos vasos ocorreu no dia 24 de fevereiro de 2008, em profundidade de 1 cm. A aplicação

dos tratamentos herbicidas foi realizada em pré-emergência, um dia após a semeadura, utilizando pulverizador costal pressurizado a CO₂. Foram realizadas avaliações visuais de fitotoxicidade no décimo oitavo dia após a aplicação dos tratamentos – seguindo a escala percentual, em que zero representou ausência de dano e 100%, morte das plantas (Frans et al., 1986) – e contagem do número de plantas por vaso, coletando a parte aérea das plantas para determinação da sua massa fresca da parte aérea (MF); após secagem em estufa a 60 °C até massa constante, determinou-se a massa seca da parte aérea (MS) de plantas.

Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância; para as interações significativas, ajustou-se o modelo de regressão não linear do tipo log-logístico, usando-se o modelo proposto por Seefeldt et al. (1995).

$$Y = C + \left(\frac{D - C}{1 + e^{[b(\log(x) - \log(I_{50}))]}} \right) \quad [1]$$

em que *D* representa o limite superior; *C* representa o limite inferior; o parâmetro *b* descreve a inclinação da curva em torno do *I*₅₀; e os valores de *I*₅₀ correspondem à dose que causa resposta de 50% da assíntota de máxima da variável-resposta.

Como o valor *I*₅₀ é a melhor estimativa do efeito biológico de herbicidas em uma curva de dose-resposta (Seefeldt et al., 1995), eles foram comparados entre si através do cálculo do intervalo de confiança em 95% de probabilidade; quando os intervalos de confiança não se sobrepunham, foram consideradas diferenças significativas entre os *I*₅₀ e as curvas naquele ponto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da variância demonstrou interação significativa entre o fator A (tipos de solo), o fator C (tratamentos de sementes com dietholate) e o fator D (doses de clomazone), não demonstrando efeito de cultivares. Dessa forma, foi feito desdobramento na interação entre os fatores A, C e D.



A toxicidade nas plântulas de arroz irrigado foi observada logo após a emergência das plantas – aproximadamente sete dias depois da aplicação do herbicida. O sintoma observado foi o branqueamento das folhas, seguido de eventual morte da planta, principalmente nas doses mais elevadas de clomazone. Após testar todas as interações possíveis dos fatores analisados no ensaio, verificou-se que não houve efeito de cultivares (IRGA 417 e IRGA 409), para todas as variáveis analisadas; assim, as curvas foram construídas tomando-se a média dos dois cultivares. A semelhança de tolerância entre os cultivares pode estar relacionada com a similar capacidade de metabolizar o produto. Dos cultivares semeados no Estado do RS, apenas seis ancestrais contribuem com 86% dos genes presentes (Rangel et al., 1996), demonstrando alto grau de parentesco e de similaridade de suas características agrônômicas, morfofenológicas e morfofisiológicas. Dentro desse grupo de parentesco estão os cultivares IRGA 409 e IRGA 417, e de um grupo distante deste fazem parte os cultivares com características japônicas (Guidolin, 1993). Assim, espera-se comportamento similar de seletividade entre os cultivares atualmente cultivados no RS. Por outro lado, trabalhando com cultivares de base genética diferente, pesquisas mostram que há diferença na metabolização do clomazone entre cultivares em função da sua base genética (Sherder et al., 2004).

A Figura 1 apresenta o efeito biológico da aplicação do clomazone sobre as variáveis fitotoxicidade aos 18 DAT, massa verde e massa seca da parte aérea de plantas de arroz. Observou-se que em solo com textura arenosa e baixo teor de matéria orgânica a fitotoxicidade foi maior, comparativamente ao solo de textura argilosa e maior teor de matéria orgânica, demonstrando que o efeito biológico do clomazone tem alta correlação com a textura do solo e a matéria orgânica. A partir do modelo log-logístico, podem-se observar os valores de D e C, onde estes apresentam o máximo percentual de fitotoxicidade causado pelo herbicida e o parâmetro C relaciona-se à toxicidade mínima apresentada pelas plantas de arroz quando submetidas a doses de clomazone. Contudo, o valor mais usual para comparação entre os tratamentos em uma curva log-logística é a dose que causou

50% de dano nas plantas de arroz I_{50} ($g\ ha^{-1}$). Avaliando os valores de FT_{50} , MV_{50} e MS_{50} (doses dos herbicidas que causam 50% de fitotoxicidade, 50% de redução de massa seca e massa verde, respectivamente), percebe-se que há diferença no comportamento do clomazone nos solos avaliados, pois as plantas semeadas em solo arenoso apresentaram menor tolerância ao herbicida quando comparadas com as semeadas em solo argiloso (Tabela 1).

A seletividade do clomazone nos diferentes tipos de solo pode ser verificada nos resultados do fator de seletividade (FS) para cada solo. Para causar 50% de redução nos valores de FT_{50} , o valor do fator de seletividade (FS) foi de aproximadamente 3,00 em solo argiloso, ou seja, a dose necessária para causar 50% de fitotoxicidade foi três vezes superior no solo argiloso quando comparado com o arenoso. Os valores do fator de seletividade (FS) para as variáveis MV_{50} e MS_{50} ficaram em torno de 2,80. Dessa forma, para obter o mesmo efeito na planta, em solo argiloso, necessita-se do dobro da dose que no solo arenoso.

Entretanto, deve-se observar que o aumento de dose de clomazone pode proporcionar incremento de fitotoxicidade à cultura, o que impõe cuidados na utilização desse herbicida em solos arenosos, que promoveu menor I_{50} que os solos argilosos, mesmo quando as plantas estavam protegidas pelo dietholate. A fitotoxicidade de um herbicida a uma cultura está relacionada a uma gama de fatores, entre os quais destacam-se a capacidade da planta em metabolizar o seu ingrediente ativo, as condições agroclimáticas no momento da aplicação e a disponibilidade do herbicida na solução do solo (Senseman, 2007).

Esses resultados sugerem que em solo arenoso o herbicida clomazone encontra-se solubilizado na solução do solo, estando conseqüentemente mais disponível para a absorção pelas plantas que em solo argiloso, o qual apresenta maior I_{50} . Isso permite inferir que são necessárias doses superiores de clomazone em solo argiloso que em solo arenoso para obter níveis eficientes de controle da população infestante e causar fitotoxicidade ao arroz. A concentração de herbicida na água do solo é primeiramente dependente da dissolução na fase líquida, da adsorção nos componentes do

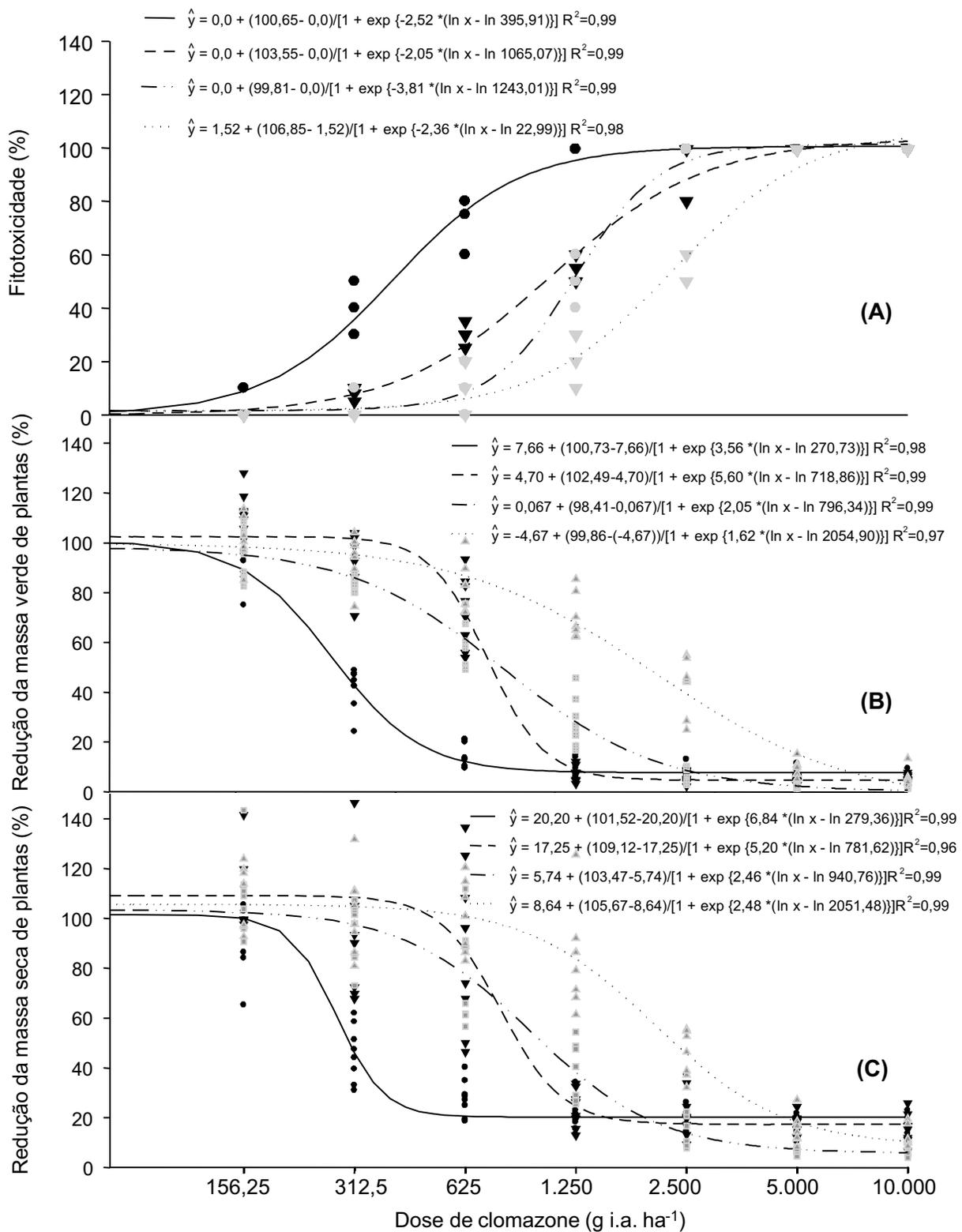


Figura 1 - Curvas de dose-resposta de clomazone e o efeito do tipo de solo: (—) solo arenoso sem dietholate, (---) solo arenoso com dietholate, (-.-.-) solo argiloso sem dietholate e (.....) solo argiloso com dietholate, na fitotoxicidade (A), massa verde da parte aérea (B) e massa seca da parte aérea de plantas (C) de arroz irrigado, na média de dois cultivares. Santa Maria-RS, 2009.



solo, da lixiviação e da degradação (O'Barr et al., 2007). Há trabalhos que relatam que a textura do solo estaria relacionada com a porcentagem de matéria orgânica no solo, ou seja, solo argiloso apresentaria maior porcentagem de material orgânico que solo arenoso (Mervosh et al., 1995).

Os resultados deste experimento corroboram aqueles obtidos por Lee et al. (2004). Eles afirmam que a maior tolerância das plantas de arroz ao clomazone no solo argiloso deve-se à menor disponibilidade do herbicida às plantas, pelo fato de o clomazone estar adsorvido à matéria orgânica do solo. Cumming et al. (2002) verificaram que os níveis de umidade e textura do solo estão relacionados com a fitotoxicidade causada pelo clomazone no arroz irrigado. Nesse sentido, Lee et al. (1998) sugeriram que a quantidade disponível do herbicida na solução do solo pode variar com o volume de água nele presente, devido à solubilidade do clomazone em água. Em outro trabalho, Lee et al. (2004), analisando o efeito do tipo de solo sobre a disponibilidade de clomazone, concluíram que a quantidade total do herbicida

disponível na solução do solo foi maior em solo arenoso, pois este apresentava baixo teor de matéria orgânica.

Analisando as curvas com e sem protetor dietholate para o solo arenoso e argiloso, apresentadas na Figura 1, com seus respectivos valores de I_{50} para cada variável (Tabela 1), constata-se que as plantas de arroz toleraram maiores doses de clomazone quando submetidas ao tratamento de semente com dietholate, independentemente do tipo de solo e da variável analisada, conforme comparação dos valores de I_{50} sem e com tratamento dietholate.

O efeito biológico do herbicida sobre as plantas de arroz irrigado cultivadas em solo argiloso sem a aplicação do dietholate é semelhante ao efeito do herbicida em plantas cultivadas em solo argiloso com a presença do protetor dietholate. Aparentemente, isso leva a crer que em solo argiloso não é necessária a aplicação de protetor de sementes para obter seletividade similar à obtida no solo arenoso. Entretanto, mesmo em solos argilosos, é necessário aumentar ainda mais a dosagem para obter o mesmo nível de controle, necessitando-se, assim, utilizar o protetor dietholate para aumentar a seletividade do clomazone em doses elevadas.

A capacidade do dietholate de proteger o arroz em doses de clomazone foi mais visível no solo arenoso, pois naquele solo as doses necessárias para causar 50% de efeito biológico (FT_{50} , MV_{50} e MS_{50}) foram duas vezes maiores em solo tratado quando comparado com o não tratado. Assim, sabendo que a disponibilidade do clomazone em solo arenoso é maior, torna-se indispensável o uso do protetor (*safener*) nesse tipo de solo para aplicar com segurança as doses necessárias ao controle das plantas daninhas.

Sugere, quando houver a necessidade do uso de doses elevadas de clomazone, independentemente do solo e do cultivar, recorrer ao tratamento de semente com dietholate, uma vez que este irá proporcionar maior tolerância do arroz a esse herbicida. Essa seletividade é alcançada pela inibição de uma enzima específica da citocromo P-450 mono-oxigenase, enzima esta responsável pela oxidação do clomazone, e não ocorre conversão do clomazone em 5-cetoclomazone, o qual confere

Tabela 1 - Doses de clomazone, em g i.a. ha⁻¹, que causam 50% de fitotoxicidade (FT_{50}), 50% de redução de massa verde da parte aérea (MV_{50}) e 50% de redução de massa seca da parte aérea (MS_{50}) de plantas de arroz irrigado, e respectivos intervalos de confiança a 95% de probabilidade, em função do tipo de solo e do uso do protetor dietholate. Santa Maria-RS, 2009

	Protetor	Tipo de solo		FS ^{3/}
		Arenoso ^{1/}	Argiloso ^{2/}	
FT ₅₀	Sem dietholate	395,91 ± 10,11	1243,01 ± 25,72	3,45
	Com dietholate	1065,07 ± 40,36	2299,2 ± 101,68	5,05
	FP ^{4/}	2,06	3,02	
MV ₅₀	Sem dietholate	270,73 ± 6,91	796,34 ± 36,50	2,94
	Com dietholate	718,86 ± 27,49	2054,90 ± 195,11	2,86
	FP	2,65	2,58	
MS ₅₀	Sem dietholate	279,36 ± 27,78	940,76 ± 65,23	3,37
	Com dietholate	781,62 ± 85,46	2051,48 ± 193,42	2,62
	FP	2,80	2,18	

^{1/} Solo pertencente à unidade de mapeamento Vacacaí, com 16% de argila e 1,6% de matéria orgânica. ^{2/} Solo pertencente à unidade de mapeamento Aceguá, com 43% de argila e 3,2% de matéria orgânica. ^{3/} FS - Fator de seletividade em solo argiloso comparado com o solo arenoso. ^{4/} FP- fator de proteção do dietholate calculado a partir da razão dos I_{50} dos tratamentos com protetores pelo tratamento sem protetor, em relação a FT_{50} , EST_{50} , MF_{50} e MS_{50} em plantas de arroz.

ação herbicida às plantas suscetíveis (Ferhatoglu et al., 2006).

Observa-se que há na literatura uma gama de trabalhos que relatam o uso e o mecanismo de ação do dietholate nas culturas de milho e algodão, porém existe a deficiência de informação desse produto para o arroz irrigado. Assim, destaca-se a importância dos resultados obtidos neste trabalho para aprimorar o conhecimento da aplicação de doses superiores de clomazone e do uso do protetor dietholate para aumentar a seletividade no arroz.

Conclui-se que os cultivares IRGA 409 e IRGA 417 são igualmente sensíveis ao clomazone. O herbicida causa maior fitotoxicidade ao arroz cultivado em solo com textura arenosa. A aplicação de dietholate em sementes de arroz, quando semeadas em solo arenoso com baixo teor de matéria orgânica e solo argiloso com alto teor de matéria orgânica, permite aumentar em até 2,5 vezes a dose de clomazone, sem causar danos à cultura.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pelas condições e pela oportunidade de desenvolver este trabalho; à CAPES, pela concessão de bolsa de mestrado ao primeiro autor; e ao CNPq, pela bolsa de produtividade em pesquisa do terceiro autor.

LITERATURA CITADA

- CUMMING, J. P.; DOYLE, R. B.; BROWN, P. H. Clomazone dissipation in four Tasmanian topsoils. **Weed Sci.**, v. 50, n. 3, p. 405-409, 2002.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- FERHATOGLU, Y.; AVDIUSHKO, S.; BARRET, M. The basic for safening of clomazone by phorate insecticide in cotton and inhibitors of cytochrome P450s. **Pestic. Biochem. Physiol.**, v. 81, n. 1, p. 59-70, 2005.
- FERHATOGLU, Y.; BARRET, M. Studies of clomazone mode of action. **Pestic. Biochem. Physiol.**, v. 85, n. 1, p. 7-14, 2006.
- FORSYTHE, W. **Física de solos**: manual de laboratório. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciência Agrícola, 1975. 212 p.
- FRANS, R.; CROWLEY, H. Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. In: SOUTHERN WEED SCIENCE SOCIETY. **Research methods in weed science**. 3.ed. Clemson: 1986. p. 29-45.
- GAILLARDON, P. et al. Study of diuron in soil solution by means of a novel simple technique using glass microfibre filters. **Weed Res.**, v. 31, n. 6, p. 357-366, 1991.
- GUIDOLIN, A. F. **Caracterização de genótipos de arroz irrigado por técnicas eletroforéticas**. 1993. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1993.
- KARAM, D. et al. Seletividade da cultura do milho ao herbicida clomazone por meio do uso de dietholate. **R. Bras. Milho Sorgo**, v. 2, n. 1, p. 72-79, 2003.
- LEE, D. J.; KOBAYASHI, K.; ISHIZUKA, K. Effect of soil moisture condition on the activity of soil-applied herbicides. **Weed Res.**, v. 43, n. 1, p. 162-163, 1998.
- LEE, D. J. et al. Soil characteristics and water potential effects on plant-available clomazone in rice. **Weed Sci.**, v. 52, n. 2, p. 310-318, 2004.
- MERVOSH, T. L. et al. Clomazone sorption in soil: Incubation time, temperature, and soil moisture effects. **J. Agric. Food Chem.**, v. 43, n. 8, p. 2295-2300, 1995.
- O'BARR, J. H. et al. Rice response to clomazone as influenced by application rate, soil type, and planting date. **Weed Technol.**, v. 21, n. 1, p. 199-205, 2007.
- OLIVEIRA Jr., R. S. Seletividade de herbicidas e plantas daninhas. In: OLIVEIRA Jr., R. S.; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 291-313.
- RANGEL, P. H. N. et al. Base genética das cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado do Brasil. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 31, n. 5, p. 349-357, 1996.
- SENSEMAN, S. A. **Herbicide handbook**. 9.ed. Champaign: Weed Science Society of America, 2007. 458 p.
- SEEFELDT, S. S.; JENSEN, J. E. E.; FUERST, E. P. Log-Logistic analysis of herbicide dose-response relationships. **Weed Technol.**, v. 9, n. 2, p. 218-227, 1995.



SHERDER, E. F.; TALBERT, R. E.; CLARK, S. D. Rice (*Oryza sativa*) cultivar tolerance to clomazone. **Weed Technol.**, v. 18, n. 1, p. 140-144, 2004.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. Porto Alegre: Emater/RS, 2008. 222 p.

TENBROOK, P. L.; TJEERDEMA, R. S. Biotransformation of clomazone in rice (*Oryza sativa*) and early watergrass (*Echinochloa oryzoides*). **Pestic. Biochem. Physiol.**, v. 85, n. 1, p. 38-45, 2006.

WILLINGHAM, S. et al. Early postemergence clomazone tank mixes on coarse-textured soils in rice. **Weed Technol.**, v. 22, n. 4, p. 565-570, 2008.

YUN, M. S. et al. Cytochrome P-450 monooxygenase activity in herbicide-resistant and susceptible late watergrass (*Echinochloa phyllopogon*). **Pestic. Biochem. Physiol.**, v. 83, n. 2, p. 107-114, 2005.

ZHANG, W. et al. Differential tolerance of rice (*Oryza sativa*) varieties to clomazone. **Weed Technol.**, v. 18, n. 1, p. 73-76, 2004.

