

# ABSORÇÃO E TRANSLOCAÇÃO DO HERBICIDA DIURON POR ESPÉCIES SUSCETÍVEL E TOLERANTE DE CAPIM-COLCHÃO (*Digitaria spp.*)<sup>1</sup>

*Absorption and Translocation of the Herbicide Diuron By Susceptible and Tolerant Species of Crabgrass (*Digitaria spp.*)*

DIAS, N.M.P.<sup>2</sup>, REGITANO, J.B.<sup>3</sup>, CHRISTOFFOLETI, P.J.<sup>4</sup> e TORNISIELO, V.L.<sup>5</sup>

RESUMO - Esta pesquisa teve o objetivo de comparar a tolerância de duas espécies de capim-colchão (*Digitaria ciliaris* e *D. nuda*) ao diuron e avaliar se os processos de absorção e/ou translocação do herbicida estão envolvidos no mecanismo de tolerância. Para determinar o nível de tolerância das duas espécies de capim-colchão, plantas em estágio vegetativo de três folhas verdadeiras foram pulverizadas com diferentes doses do diuron. A partir dos resultados de massa seca das plantas coletadas aos 21 dias após aplicação (DAA), foi feito o ajuste das curvas de dose-resposta log-logístico. Os estudos de absorção e translocação do herbicida foram feitos utilizando <sup>14</sup>C-diuron, medindo-se a radioatividade em diferentes partes das plantas a 0, 3, 6, 12, 24 e 48 horas após tratamento (HAT). Os resultados foram expressos em porcentagens obtidas em relação à radioatividade recuperada. A relação (T/S) entre a dose necessária para redução do acúmulo de massa seca da planta (GR<sub>50</sub>) aos 21 DAA da espécie *D. nuda* e o GR<sub>50</sub> da *D. ciliaris* foi de 2,7, comprovando a diferença de sensibilidade entre as espécies. Não houve diferenças nos resultados de absorção entre as espécies. A translocação foi mínima em ambas as espécies. No presente trabalho, concluiu-se que a absorção e/ou a translocação não foram os mecanismos de tolerância ao diuron presente na espécie de capim-colchão *Digitaria nuda*.

**Palavras-chave:** *Digitaria nuda*, *Digitaria ciliaris*, tolerância, radioatividade, radioimagem.

**ABSTRACT** - The objective of this research was to compare the tolerance of two crabgrass species (*Digitaria nuda* and *D. ciliaris*) to diuron and to evaluate whether absorption and/or translocation are involved in the mechanism of tolerance to the herbicide. In order to determine the tolerance of the crabgrass species, plants at the vegetative growth stage of three true leaves were sprayed with different rates of diuron. Dose-response curves were adjusted to plant dry biomatter at 21 days after application. The absorption and translocation studies were conducted using <sup>14</sup>C-diuron, measuring radioactivity in different plant parts at 0, 3, 6, 12, 24 and 48 hours after application. The results were expressed as percentage related to the total radioactivity recovered. The relation (T/S) between the rate required to reduce plant dry matter (GR<sub>50</sub>) at 21 DAA of the species *D. nuda* and the GR<sub>50</sub> of *D. ciliaris* was 2.7, showing differential susceptibility of the species. There was no difference in the absorption by the species. Translocation was minimum in both species. It was concluded that differential absorption and/or translocation were not involved in the mechanism of tolerance to diuron present in *Digitaria nuda* crabgrass species.

**Key words:** *Digitaria nuda*, *Digitaria ciliaris*, tolerance, radioactivity, radioimage.

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 9.12.2002 e na forma revisada em 11.8.2003.

<sup>2</sup> Pós-graduanda Dra., Lab. de Ecotoxicologia da CENA/USP, Caixa Postal 19, 13418-900 Piracicaba-SP; <sup>3</sup> Eng.-Agr. Dra., Lab. de Ecotoxicologia – CENA/USP. <sup>4</sup> Prof. Associado, Dep. de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz” – ESALQ/USP, Caixa Postal 9, 13418-900 Piracicaba-SP; <sup>5</sup> Prof. Dr., Lab. de Ecotoxicologia – CENA/USP.



## INTRODUÇÃO

As espécies *Digitaria nuda* e *Digitaria ciliaris*, também conhecidas pelo nome popular de capim-colchão, são plantas daninhas infestantes de lavouras de cana-de-açúcar no Brasil. O gênero *Digitaria* inclui cerca de 300 espécies, distribuídas em regiões tropicais e subtropicais de ambos os hemisférios (Dorow, 2001). No Estado de São Paulo, este gênero apresenta 13 espécies descritas, e a diferenciação visual dessas espécies torna-se difícil de ser feita no campo devido à grande semelhança morfológica entre elas.

O herbicida diuron [3-(3,4-diclorofenil)-1,1-dimetiluréia], do grupo das uréias substituídas, tem sido utilizado para controlar o capim-colchão na cultura da cana-de-açúcar. Recentemente, no entanto, têm-se observado falhas no controle do capim-colchão (*Digitaria* spp.) com o herbicida diuron em diversos campos de produção da cana-de-açúcar, onde os herbicidas dos grupos químicos das triazinas e uréias substituídas vinham sendo utilizados de forma repetitiva há vários anos. Essa aplicação repetitiva tem imposto uma pressão de seleção específica no gênero *Digitaria*, ou seja, a *Digitaria ciliaris*, espécie predominante nas áreas de cana-de-açúcar, de alta suscetibilidade às uréias substituídas, foi sendo substituída pela *Digitaria nuda*, de maior tolerância a estes herbicidas. Suspeita-se, assim, que as populações que foram selecionadas por estes herbicidas são constituídas por diferentes espécies de capim-colchão que apresentam níveis maiores de tolerância.

A comprovação científica dos níveis de tolerância de espécies de plantas daninhas aos herbicidas pode ser feita através da construção de curva de dose-resposta, a partir de ensaios conduzidos em casa de vegetação. Rayan (1970) desenvolveu metodologia de experimentação em condições de casa de vegetação, para comprovação científica da resistência de biótipos de plantas daninhas aos herbicidas pertencentes ao grupo químico das triazinas. Nesta metodologia foram utilizadas diversas doses do herbicida em teste, geralmente em escala logarítmica, incluindo a dose comercial recomendada do herbicida. Seefeldt et al. (1995) sugeriram o modelo log-logístico como método mais adequado para análise da curva de

dose-resposta, sendo  $GR_{50}$  um dos parâmetros da equação. O índice  $GR_{50}$  representa a dose do herbicida necessária para reduzir 50% do crescimento de uma população de planta (*growth rate*), normalmente calculado a partir do acúmulo de biomassa ou da porcentagem de controle. Este índice permite comparar o grau diferencial de suscetibilidade a herbicidas entre biótipos resistentes e suscetíveis (Christoffoleti, 2002; Monqueiro et al., 2000; Cortez, 2000) e também a determinação da seletividade de variedades resistentes de cultivo, comparadas com cultivares não-melhorados para esta característica (Pornprom & Yong, 1997). O  $GR_{50}$  pode também ser usado para comparar a suscetibilidade diferencial entre espécies.

Existem pelo menos quatro mecanismos gerais que podem explicar a resistência e/ou tolerância de uma planta a herbicidas: redução da concentração do herbicida no local de ação; absorção foliar e/ou translocação reduzida do herbicida; metabolização e/ou destoxificação intensa do herbicida a substâncias menos fitotóxicas; e perda de afinidade do herbicida pelo local de ação devido a uma alteração deste local, resultante de variabilidade genética (Sherman et al., 1996).

Para uma boa atuação de um herbicida no controle de plantas, é necessário que o ingrediente ativo alcance o local de ação na planta em concentração suficiente para que ocorra o controle. Baixas concentrações de um herbicida no local de ação podem ocorrer em virtude da redução no tempo de retenção do herbicida pela superfície da folha e redução da absorção e/ou translocação do herbicida pela planta, ou por causa da ocorrência de fenômenos de sequestração em organelas celulares onde o herbicida permanece metabolicamente inativo (Powles & Holtum, 1994). A deficiência de movimentação do herbicida na planta, em razão da absorção e/ou translocação reduzidas, pode ser a causa da tolerância ou seletividade em inúmeras culturas e plantas daninhas (Hess, 1985; Ladlie, 1991).

Com base no exposto, o presente trabalho teve por objetivos determinar o nível de tolerância, por meio de curva de dose-resposta, das espécies de capim-colchão *Digitaria nuda* e *Digitaria ciliaris* ao herbicida diuron e verificar se o mecanismo de tolerância da espécie

*Digitaria nuda* ocorre devido aos fenômenos de absorção e/ou translocação reduzidos na planta.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para estabelecer as curvas de dose-resposta e a absorção e translocação do diuron, os experimentos foram conduzidos, respectivamente, em casa de vegetação e em câmara de crescimento do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP, Piracicaba-SP. As análises quantitativas do  $^{14}\text{C}$ -diuron foram realizadas no Laboratório de Ecotoxicologia do CENA/USP, Piracicaba-SP. As sementes de capim-colchão foram obtidas na Estação Experimental da Shokucho (Arthur Nogueira-SP), provenientes de populações de *D. ciliaris* e *D. nuda*.

**Curvas de dose-resposta:** Cerca de 10 sementes das espécies *D. ciliaris* e *D. nuda* foram semeadas a 10 mm de profundidade, em vasos de 120 mm de diâmetro, com capacidade de  $3 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$ , contendo uma mistura de solo e terra vegetal. Os vasos foram colocados em casa de vegetação; quatorze dias após a semeadura, as plantas que emergiram foram desbastadas para quatro plantas por vaso, sendo o diuron aplicado quando as plantas estavam no estágio de três folhas definitivas. A aplicação foi feita com pulverizador pressurizado com ar comprimido na pressão de 207 kPa, instalado em laboratório, utilizando uma ponta de pulverização tipo leque (Teejet 80.015E) e volume de calda de  $300 \text{ L ha}^{-1}$ . Após a pulverização, as plantas foram mantidas em casa de vegetação.

As doses de diuron utilizadas seguiram uma escala logarítmica, calculada a partir da dose recomendada, ou seja, 0,0; 0,01; 0,1; 1,0; e 10 vezes a dose recomendada. Assim, para o herbicida diuron, cuja dose recomendada é de  $240 \text{ mg m}^{-2}$ , as doses utilizadas foram de 0; 2,4; 24; 240; e  $2.400 \text{ mg m}^{-2}$ , adicionando-se espalhante adesivo da marca comercial Agral na concentração de 0,1% v/v.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $2 \times 5$  – duas espécies de capim-colchão (*D. nuda* e *D. ciliaris*) e cinco doses de diuron, num total de 10 tratamentos - e quatro repetições. O experimento foi repetido duas vezes.

Aos 21 dias após a aplicação do herbicida (DAA), a parte aérea total das plantas foi coletada, sendo posteriormente seca em estufa a  $45 \text{ }^\circ\text{C}$  durante três dias, até se obter massa seca constante, usando balança de precisão. Os resultados de massa seca foram inicialmente submetidos à análise de variância, na qual as doses foram consideradas variáveis independentes, com o objetivo de observar se o aumento da dose de herbicida resultou em efeito significativo na resposta das plantas, servindo de base para o teste de precisão no ajuste do modelo não-linear. Em seguida, os dados foram ajustados ao modelo log-logístico proposto por Seefeldt et al. (1995), visando estimar o valor de  $\text{GR}_{50}$ . A equação matemática (Seefeldt et al., 1995) que relaciona a resposta da planta (y) com a dose do herbicida (x) é a seguinte:

$$y = f(x) = C + \frac{D - C}{1 + \left(\frac{x}{\text{GR}_{50}}\right)^b} = C + \frac{D - C}{1 + \exp(b(\log(x) - \log(\text{GR}_{50})))}$$

sendo D o limite superior da curva; C, o limite inferior da curva; b, a declividade da curva; e  $\text{GR}_{50}$ , a dose correspondente a 50% de resposta. O valor D corresponde à resposta média da testemunha, e o valor C, à resposta média com doses altas de herbicida. O parâmetro b descreve a declividade da curva em torno do  $\text{GR}_{50}$ .

Para ajuste da equação e obtenção dos parâmetros estatísticos, os dados foram submetidos à análise de regressão não-linear. Valores iniciais de D, C e  $\text{GR}_{50}$  foram utilizados - modelo proposto por Seefeldt et al. (1995) - para que as iterações fossem executadas e, assim, obter as melhores estimativas através da combinação destes valores. Para estimativa dos valores iniciais foi observada a tendência dos valores originais em gráfico; dessa forma, foi possível visualizar os valores iniciais de C, D e  $\text{GR}_{50}$ . Para os valores de b foram feitas diversas tentativas, com valores variando entre 1 e 6.

A partir das equações foram construídos gráficos, usando a escala logarítmica para as doses do herbicida (variável independente x). Para a massa seca (variável dependente y) foi empregada escala linear. No ajuste da equação e na obtenção dos parâmetros estatísticos foi utilizado o procedimento PROC NLIN do SAS.



**Absorção e translocação:** Várias sementes das espécies de *D. ciliaris* e *D. nuda* foram semeadas em vasos plásticos ( $3.10^5 \text{ mm}^3$ ), contendo a mesma mistura de solo e terra vegetal utilizada no experimento anterior. O desbaste foi realizado 10 dias após a emergência, sendo deixada uma planta por vaso. As plantas foram mantidas em câmara de crescimento com temperatura de 32/18 °C, fotoperíodo de 18h de luz ( $650 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e umidade relativa constante de 80%.

O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $6 \times 2$ , com quatro repetições. Foi utilizada a dose recomendada do herbicida diuron no campo ( $240 \text{ mg m}^{-2}$ ), seis épocas de avaliações e duas espécies de capim-colchão: *D. ciliaris* e *D. nuda*. Acrescido a estes, foi utilizado um tratamento sem aplicação do herbicida (testemunha). O experimento foi repetido três vezes.

A aplicação do herbicida foi feita com microseringa, na forma de microgotas de aproximadamente  $0,3 \text{ mm}^3$ , na face adaxial da terceira folha definitiva da planta, aplicando-se  $3,0 \text{ mm}^3$  da suspensão por folha. Esta suspensão continha o diuron na formulação comercial (Karmex), o produto radioativo ( $^{14}\text{C}$ -diuron,  $0,7 \text{ kBq mm}^{-3}$ ) e o surfatante (Agral, 0,1%), totalizando a dose recomendada de  $240 \text{ mg m}^{-2}$ .

A absorção e a translocação foram avaliadas 0, 3, 6, 12, 24 e 48 horas após a aplicação do herbicida. Depois de cada período de incubação, as plantas foram retiradas dos vasos e divididas em três partes (raízes, parte aérea e folha tratada). As análises dos tecidos das raízes, da parte aérea e da folha tratada foram realizadas através da oxidação em oxidador biológico (OX 500, Harvey Instruments). Posteriormente, a radioatividade foi quantificada por espectrometria de cintilação líquida (Packard TR-1600). A folha tratada de cada planta foi lavada com  $5.10^3 \text{ mm}^3$  de metanol 80%, para determinar a quantidade de herbicida não absorvida. A absorção do herbicida pela folha foi determinada como sendo a porcentagem da radioatividade presente no interior da planta (raízes + folha tratada + parte aérea) em relação à radioatividade total recuperada (líquido de lavagem + radioatividade no interior da planta). A translocação foi calculada como

sendo a porcentagem de radioatividade presente em cada parte da planta em relação à radioatividade total recuperada. Os resultados foram submetidos à análise de variância e posterior aplicação do teste de comparação múltipla (teste de Tukey) em nível de 5%.

Estudos qualitativos de absorção e translocação foram realizados por meio de autoradiografia. As plantas utilizadas neste estudo foram tratadas da mesma forma descrita anteriormente nos estudos de absorção e translocação. As plantas foram lavadas, prensadas, secas e a auto-radiografia foi feita em Radioimagem (Packard – Cyclone).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das equações log-logísticas foram elaboradas as curvas de dose-resposta (Figura 1); os parâmetros C, D,  $\text{GR}_{50}$  e b encontram-se na Tabela 1. As equações ajustaram-se de forma bastante precisa, com valores de  $R^2$  de 0,91 para *D. ciliaris* e de 0,89 para *D. nuda* (Figura 1). Houve redução significativa ( $P \leq 0,05$ ) da massa seca das duas espécies com o aumento da dose de diuron aplicada, ocorrendo diferença de sensibilidade entre as espécies - *D. nuda* necessitou de doses maiores para apresentar a mesma redução no crescimento. A dose de campo ( $240 \text{ mg m}^{-2}$ ) proporcionou redução da massa seca em torno de 70 e 90% para *D. nuda* e *D. ciliaris*, respectivamente.

Para a quantificação da tolerância das espécies *D. ciliaris* (suscetível) e *D. horizontalis* (tolerante) ao herbicida diuron, foi determinada a relação entre o  $\text{GR}_{50}$  da espécie tolerante (T)

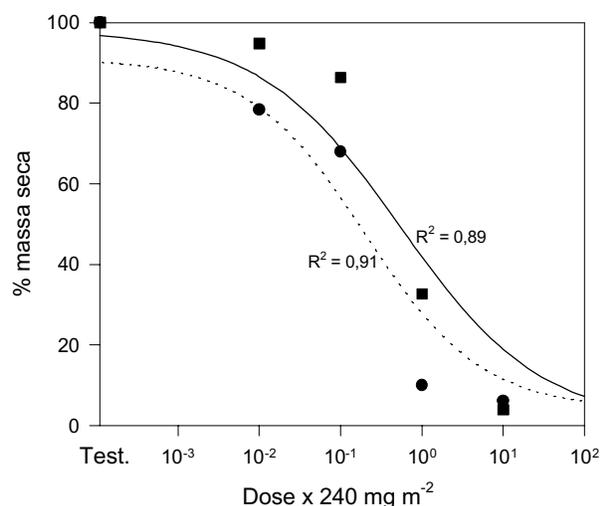
**Tabela 1** - Parâmetros do modelo log-logístico (Seefeldt et al., 1995) obtidos para as curvas de dose-resposta das espécies *Digitaria ciliaris* e *D. nuda* ao herbicida diuron

Espécie	D	C	$\text{GR}_{50}$	B	T/S
<i>D. ciliaris</i>	90,55	4,06	0,48	1,40	2,7
<i>D. nuda</i>	98,04	0,72	1,30	1,16	

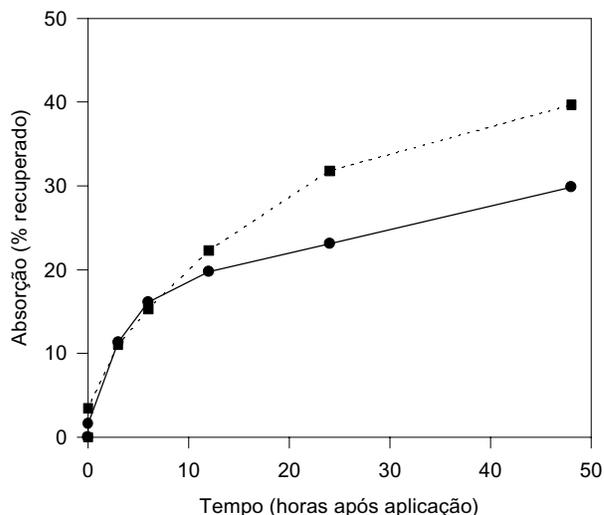
D = limite superior da curva (resposta média da testemunha); C = limite inferior da curva (resposta média com doses altas de herbicida);  $\text{GR}_{50}$  = dose correspondente a 50% da resposta; b = declividade da curva em torno do  $\text{GR}_{50}$ ; T/S = divisão do  $\text{GR}_{50}$  da espécie tolerante pelo  $\text{GR}_{50}$  da espécie suscetível.

dividido pelo  $GR_{50}$  da espécie suscetível (S), como proposto por Christoffoleti (2002), Cortez (2000) e Hall et al. (1998). A relação T/S (Tabela 1) foi de 2,7, comprovando a tolerância de *D. nuda* ao herbicida diuron. Os valores T/S representam índices comparativos da espécie tolerante, em relação à espécie suscetível, para um controle de 50%, nunca devendo ser interpretado que a espécie tolerante é menos sensível ao herbicida do que a espécie suscetível.

Os resultados de absorção e translocação foram expressos em porcentagens obtidas em relação à radioatividade recuperada. Ambas as espécies apresentaram valores comparáveis de absorção nas avaliações de 0, 3, 6 e 12 horas após aplicação (HAT). Apesar de as diferenças não terem sido significativas estatisticamente, verificou-se que *D. nuda* teve uma tendência a apresentar maior absorção em relação a *D. ciliaris* nas avaliações de 24 e 48 HAT (Figura 2). Com o passar do tempo, a quantidade de diuron absorvida pelas plantas aumentou de forma considerável, principalmente nas primeiras 24 horas (Figura 2). No final do experimento (48 horas), cerca de 29 e 39% do diuron aplicado foi absorvido pelas espécies *D. ciliaris* e *D. nuda*, respectivamente.



**Figura 1** - Curva de dose-resposta pelo modelo log-logístico das espécies *Digitaria ciliaris* (●) e *D. nuda* (■) ao herbicida diuron. Os símbolos representam os valores observados e as curvas foram obtidas a partir do modelo. Valores médios dos dois experimentos.



**Figura 2** - Absorção do herbicida diuron às espécies *Digitaria ciliaris* (—●—) e *D. nuda* (···■···). Valores médios dos três experimentos.

A radioatividade não foi distribuída em toda a planta, concentrando-se na folha tratada; menos de 1% da radioatividade aplicada foi translocada para a parte aérea e raiz (Tabela 2). Os estudos de auto-radiografia das plantas ilustraram esses resultados em ambas as espécies (Figura 3). No tempo zero, imediatamente após a aplicação, a radioatividade encontrava-se distribuída na planta na forma de gotas aplicadas – ela foi sendo redistribuída pela folha tratada com o passar do tempo.

Esses resultados de baixa translocação do diuron a partir da folha tratada era esperado, pois este herbicida pertence ao grupo químico das uréias substituídas, que apresentam translocação apoplástica através do xilema; assim, sua translocação é preferencial via raiz-parte aérea. O local de ação do herbicida diuron é nas folhas, nas quais os sintomas de fitotoxicidade da planta aparecem inicialmente; elas ficam com tonalidade verde-clara, tornando-se finalmente necróticas. Este herbicida tem como mecanismo de ação a inibição do fotossistema II (PSII), que inibe a fotossíntese; essa inibição acontece pela ligação dos herbicidas desse grupo ao sítio de ligação da  $Q_B$ , na proteína D1 do fotossistema II, o qual se localiza nas membranas dos tilacóides dos cloroplastos, causando, por consequência, o bloqueio do transporte de elétrons de  $Q_A$  para  $Q_B$ . Isso interrompe a fixação de  $CO_2$  e a produção de ATP e

NADPH<sub>2</sub>, os quais são essenciais para o crescimento das plantas (Menendez, 1997).

A redução da concentração do diuron no local de ação não foi responsável pela tolerância de *D. nuda*, pois não houve diferenças na absorção e retenção do herbicida entre esta espécie e *D. ciliaris*.

Em outras espécies, o mecanismo de tolerância da planta *Torilis arvensis* ao diuron é maior do que o de *Lolium rigidum*, sendo essa diferença devida à translocação diferencial do <sup>14</sup>C-diuron entre as espécies (Prado et al., 1990). Neste estudo, entretanto, a translocação não foi responsável pela tolerância diferencial encontrada entre *D. ciliaris* e *D. nuda*, pois ambas as espécies apresentaram valores semelhantes e muito baixos de translocação. Para Lii-Chyuan et al. (1978), a absorção e a translocação também não são os mecanismos

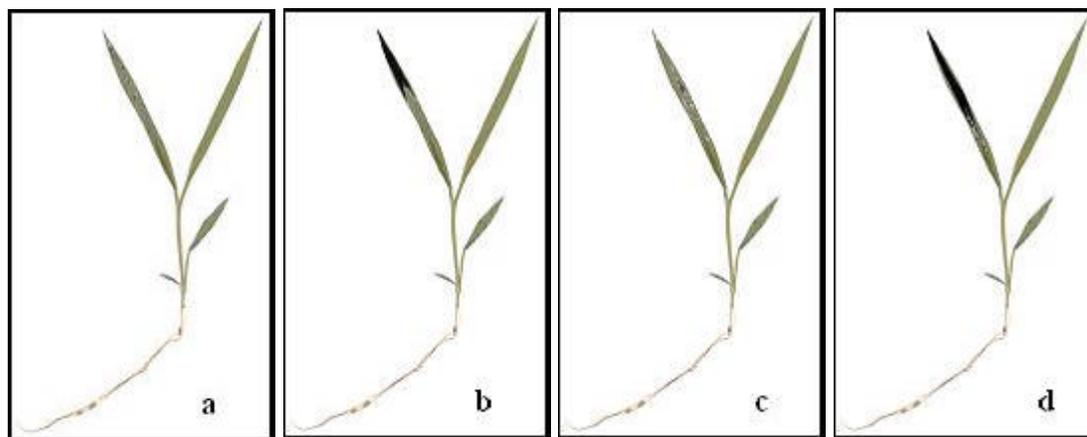
responsáveis pela diferença de tolerância entre dois cultivares de cana-de-açúcar ao diuron, sendo o cultivar PR980 mais tolerante que PR1048, por metabolizar esse herbicida.

Existem outros mecanismos que podem ter causado maior tolerância de *D. nuda* ao diuron, dentre os quais pode-se destacar o metabolismo do herbicida. A metabolização é um importante mecanismo de resistência e/ou tolerância de plantas daninhas a herbicidas, sendo caracterizada pela capacidade que alguns biótipos ou espécies têm de degradar o herbicida em componentes menos tóxicos, antes que o produto alcance o seu sítio de ação. A população de *Digitaria sanguinalis* resistente ao herbicida fluazifop-p-butil no sul da Austrália se deve ao aumento do metabolismo do fluazifop-p-butil, sendo mecanismo responsável pela resistência desta população (Hidayat & Preston, 1997).

**Tabela 2** - Translocação do herbicida diuron nas espécies *Digitaria ciliaris* (suscetível) e *D. nuda* (tolerante). Valores médios dos três experimentos

Tempo após aplicação (h)	Translocação Total (%)		Translocação Parte aérea (%)		Translocação Raiz (%)	
	D.C.	D.N.	D.C.	D.N.	D.C.	D.N.
0	0,49	0,20	0,45	0,13	0,05	0,07
3	0,18	0,13	0,14	0,08	0,05	0,04
6	0,19	0,12	0,12	0,06	0,06	0,05
12	0,18	0,19	0,14	0,15	0,04	0,04
24	0,18	0,13	0,13	0,10	0,05	0,03
48	0,19	0,13	0,14	0,10	0,05	0,03

\* Médias não diferiram significativamente pelo teste de Tukey a 5%. D.C. = *D. ciliaris* D.N. = *D. nuda*.



**Figura 3** - Auto-radiografia após aplicação de <sup>14</sup>C-diuron nas espécies *Digitaria ciliaris* nos tempos de 0 (a) e 48h (b) e em *D. nuda* nos tempos de 0 (c) e 48h (d).

A mudança no sítio de ação dos herbicidas é outro mecanismo de tolerância; essa alteração é baseada na mutação ou alteração da proteína-alvo. Essas mutações ocorrem naturalmente nas populações de plantas daninhas e não são provocadas pelo herbicida, ocorrendo, geralmente em frequências muito baixas e variáveis (Warwick, 1991).

No caso das triazinas, também inibidor do fotossistema II, a resistência e/ou tolerância ocorrem devido a mutações que alteram o sítio de ação destes herbicidas, na proteína D<sub>1</sub>, localizada na membrana tilacóide do cloroplasto. A resistência aos herbicidas do grupo químico das triazinas em *Amaranthus hybridus* (Hirschberg & McIntosh, 1983) e *Chenopodium album* (Bettini et al., 1987) é decorrente da alteração no sítio de ação dos herbicidas do grupo químico das triazinas. O gene *psbA* no genoma do cloroplasto codifica a proteína D<sub>1</sub> no PSII; a seqüência de aminoácidos no gene *psbA* das plantas suscetíveis e das plantas resistentes às triazinas são idênticas, com exceção da posição 264 (Bettini et al., 1987; Hirschberg & McIntosh, 1983). Uma simples substituição da glicina pela serina reduz a afinidade das triazinas com o sítio de ligação da Q<sub>B</sub>. Assim, os herbicidas desse grupo não conseguem se ligar ao sítio de ligação da Q<sub>B</sub> da proteína D<sub>1</sub> do fotossistema II (PSII), não conseguindo, dessa forma, bloquear o transporte de elétrons (Kelly et al., 1999).

Em plantas daninhas resistentes ao grupo químico das uréias substituídas, somente dois mecanismos têm sido identificados: redução da absorção e/ou translocação e metabolismo do herbicida (destoxificação) (Menendez & Prado, 1997).

O conhecimento sobre o mecanismo de resistência e/ou tolerância das plantas daninhas aos herbicidas derivados do grupo químico das triazinas e das uréias substituídas é restrito. Portanto, o passo seguinte será verificar se o metabolismo ou a alteração no sítio de ação do herbicida são os mecanismos responsáveis pela maior tolerância apresentada por *D. nuda*, pois neste trabalho a tolerância diferencial encontrada entre *D. ciliaris* e *D. nuda* não se deveu à absorção e translocação diferencial.



## LITERATURA CITADA

BETTINI, P. et al. Atrazine resistance in *Chenopodium album*: low and high levels of resistance to the herbicide are related to the same chloroplast *psbA* gene mutation. **Plant Physiol.**, v. 84, p. 1442-1446, 1987.

CHRISTOFFOLETI, P. J. Curvas de dose-resposta de biótipos resistentes *Bidens pilosa* L. aos herbicidas inibidores da ALS. **Sci. Agric.**, v. 59, n. 3, p. 513-519, 2002.

CORTEZ, M. G. **Resistência de biótipos de *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc. a herbicidas inibidores da acetil coenzima a carboxilase.** 2000. 214 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Piracicaba, 2000.

DOROW, T. C. ***Digitaria Heister ex Haller.*** In: WANDERLEY, M. G. L.; SHEPHERD, G. J.; GIULIETTI, A. M. Flora fanerogâmica do Estado de São Paulo. São Paulo: HUCITEC, 2001. p. 292.

HALL, L. M.; STROME, K. M.; HORSMAN, G. P. Resistance to acetolactate synthase inhibitors and quinclorac in a biotype of false clover (*Gallium spurium*). **Weed Sci.**, v. 46, p. 390-396, 1998.

HESS, F. D. Herbicide absorption and translocation and their relationship to plant tolerance and susceptibility. In: DUKE, S. O. (Ed.) **Weed Physiology.** Boca Raton: Herbicide Physiology CRC Press, 1985. p.192-214.

HIDAYAT, I.; PRESTON, C. Enhanced metabolism of fluazifop acid in a biotype of *Digitaria sanguinalis* resistant to the herbicide fluazifop-p-butyl. **Pestic. Biochem. Physiol.**, v. 57, p. 137-146, 1997.

HIRSCHBERG, J.; MCINTOSH, L. Molecular basis of atrazine resistance in *Amaranthus hybridus*. **Science**, v. 222, p. 1346-1349, 1983.

KELLY, S. T.; COATS, G. E.; LUTHE, D. S. Mode of resistance of triazine-resistant annual bluegrass (*Poa annua*). **Weed Technol.**, v. 13, n. 4, p. 747-752, 1999.

LADLIE, J. S. **Guide to herbicide injury symptoms in soybean with “look-alike” symptoms.** Hollamdale: Agri-Growth Research, 1991. 86 p.

LII-CHYUAN LIU; SHIMABUKURO, R. H.; NALEWAJA, J. D. Diuron metabolism to sugarcane (*Saccharum officinarum*) cultivars. **Weed Sci.**, v. 26, n. 6 p. 642-646, 1978.

MENENDEZ, J. **Mecanismos de resistencia a herbicidas en biotipos de *Alopecurus myosuroides* Huds.** 1997. 246 f. Tesis (Doctoral en Bioquímica y Biología Molecular) – Universidad de Córdoba, Córdoba, 1997.

- MENENDEZ, J.; PRADO, R. Metabolism of chlorotoluron in resistant and susceptible *Alopecurus myosuroides* cell suspension cultures and whole plants. **Plant Physiol.**, v. 99, n. 1, p. 97-94, 1997.
- MONQUEIRO, P. A.; CHRISTOFOLLETI, P. J.; DIAS, C. T. S. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas inibidores da ALS na cultura da soja (*Glycine Max*). **Planta Daninha**, v. 18, n. 3, p. 419-423, 2000.
- PORNPROM, T.; YONG, P. J. Assessment of ALS-inhibiting herbicide tolerance in pepper cultivars. **Weed Sci.**, v. 17, p. 325-333, 1997.
- POWLES, C.; HOLTUM, J. A. M. **Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry**. Boca Raton: Lewis, 1994. 353 p.
- PRADO, P.; SCALLA, R.; GAILLARDON, P. Differential toxicity of simazine and diuron to *Torilis arvensis* and *Lolium rigidum*. **Weed Res.**, v. 30, p. 213-221, 1990.
- RAYAN, G. F. Resistance of common groundsel to simazine and atrazine. **Weed Sci.**, v. 18, p. 614-620, 1970.
- SEEFELDT, S. S.; JENSEN, J. E.; FUERST, E. P. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationships. **Weed Technol.**, v. 9, n. 2, p. 218-227, 1995.
- SHERMAN, T. D.; VAUGHN, K. C.; DUKE, S. O. Mechanism of action and resistance to herbicides. In: DUKE, S. O. (Ed.). **Herbicides Resistant Crops**. Boca Raton: CRC Press, 1996. p. 14-28.
- WARWICK, S. I. Herbicide resistance in weed plants: physiology and population biology. **Ann. Rev. Ecol. System.**, v. 22, p. 95-144, 1991.