

## RELATOS DE FITOTOXIDADE EM CULTURAS AGRÍCOLAS CAUSADAS PELA UTILIZAÇÃO DE CLOMAZONE<sup>1</sup>

RENAN LOPES SILVESTRE<sup>2</sup>

JULIO CESAR TOCACELLI COLELLA<sup>3</sup>

LUIS FRANCISCO DONIDA<sup>4</sup>

**RESUMO:** O Clomazone é uma molécula que constitui várias formulações de herbicidas atualmente, pertencentes ao grupo químico das isoxazolinonas é registrado, atualmente, no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para as culturas do arroz irrigado, algodão, cana de açúcar, batata, fumo, mandioca e soja. É indicado para aplicações em pré-emergência no controle de gramíneas anuais e algumas folhas largas. Absorvido predominantemente pelo meristema apical das plântulas, pelas raízes e colo das plantas, clomazone é translocado via xilema para as folhas, causando danos no cloroplasto, que resulta na inibição da formação de pigmentos fotossintéticos e reduzindo a síntese de caroteno. E Embora a seletividade a herbicidas esteja associada à absorção, translocação ou metabolismo do produto, estes mecanismos não tem esclarecido de forma adequada a diferença da resposta observada entre as espécies. Na década de 60, Hoffman (1962) introduziu a ideia do aumento da seletividade de plantas a herbicidas através do uso de substâncias químicas chamadas de antídotos (safeners), que podem ser utilizados na forma de tratamento da semente ou em mistura com o herbicida na calda de pulverização.

**Palavras-chave:** Herbicida; Clomazone; Translocado; Fitotoxicidade.

<sup>1</sup> Trabalho apresentado no GT 9 – TECNOLOGIAS E MANEJO NO SISTEMA AGRÁRIO na Semana Acadêmica Fatecie 2017

<sup>2</sup> Aluno do curso de Engenharia Agrônoma, bolsista do PIC – Projeto de Iniciação Científica da FATECIE, Faculdade de Tecnologia e Ciências do Norte do Paraná. E-mail: silvestre\_renan@hotmail.com

<sup>3</sup> Professor de Agronomia da FATECIE, Faculdade de Tecnologia e Ciências do Norte do Paraná. Doutor em Agronomia – UEM.

<sup>4</sup> Professor de Agronomia da FATECIE, Faculdade de Tecnologia e Ciências do Norte do Paraná. Mestre em Agronomia – UEM.

## 1 INTRODUÇÃO

Todos os pesticidas possuem certo grau de toxicidade para o homem e para outras espécies de plantas e animais. Embora a tendência atual seja de que os novos herbicidas lançados no mercado apresentem um menor grau de toxicidade para o homem e o ambiente, ainda existem preocupações com relação aos casos de intoxicação registrados em aplicadores e manipuladores de caldas de pesticidas. (OLIVEIRA JUNIOR, 2011).

Clomazone {2-[(2-chlorofenyl) methyl]-4,4-dimethyl-3-isoxazolidinona}, herbicida pertencente ao grupo químico das isoxazolinonas, sendo o primeiro herbicida importante deste grupo, é registrado atualmente, no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para plantas daninhas das culturas do arroz irrigado, algodão, cana de açúcar, batata, fumo, mandioca e soja, devido a suas características físico-químicas, além de apresentar uma grande pressão de vapor e o seu potencial de volatilização, mas podem danificar culturas vizinhas por esta deriva, sendo o potencial maior de deriva quando não são incorporados ao solo (ANVISA, 2017; SCHREIBER, 2013; OLIVEIRA JUNIOR, 2011; BRASIL, 2002).

O clomazone é considerado um pré-herbicida, não ativo, e necessita ser convertido a metabólitos ativos. Esse processo ocorre através de uma reação de oxidação, sendo transformado para 5-ceto-clomazone promovida pelas hemoproteínas do sistema citocromo P450 monooxigenase, tornando assim a forma ativa do herbicida, pois não causa o acúmulo de fitoeno e não ocorre a inibição da biossíntese geranylgeranyl pirofosfatase (SCHREIBER, 2013; OLIVEIRA JUNIOR, 2011).

O método químico de controle de plantas daninhas por ser eficiente, de baixo custo e de fácil utilização tem sido o mais adotado na agricultura. Todavia, o uso de herbicidas sem conhecimento de suas interações com os atributos do solo pode resultar em falhas no controle das plantas daninhas, intoxicação de culturas, redução da biodiversidade e contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas (SILVA, 2012). Isto se explica porque a disponibilidade do herbicida na solução do solo é governada pelos processos de retenção (sorção) desses

compostos pelos coloides e, por consequência a sua absorção pelas raízes das plantas e os processos de sua dissipação, como a degradação biológica, a volatilização, lixiviação e o transporte por erosão hídrica (HERWIG, 2001; MORILLO, 2004; GAVRILESCU, 2005).

## 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Revisão da literatura é o processo de busca, análise e descrição de um corpo do conhecimento em busca de resposta a uma pergunta específica. “Literatura” cobre todo o material relevante ao que é escrito sobre um tema: livros, artigos de periódicos, artigos de jornais, registros históricos, relatórios governamentais, teses e dissertações e outros tipos (VOSGERAU, 2014). Ou seja, a revisão bibliográfica é a base que sustenta qualquer pesquisa científica.

Segundo Vosgerau (2014) e Cordeiro (2007), seguindo o modo que revisão literária podemos ter de três modos: Narrativa, que não utiliza critérios explícitos e sistemáticos para a busca e análise crítica da literatura. A busca pelos estudos não precisa esgotar as fontes de informações. Não aplica estratégias de busca sofisticadas e exaustivas. A seleção dos estudos e a interpretação das informações podem estar sujeitas à subjetividade dos autores. É adequada para a fundamentação teórica de artigos, dissertações, teses, trabalhos de conclusão de cursos; Sistemática é um tipo de investigação científica.

Essas revisões são consideradas estudos observacionais retrospectivos ou estudos experimentais de recuperação e análise crítica da literatura. Testam hipóteses e têm como objetivo levantar, reunir, avaliar criticamente a metodologia da pesquisa e sintetizar os resultados de diversos estudos primários. Busca responder a uma pergunta de pesquisa claramente formulada. Utiliza métodos sistemáticos e explícitos para recuperar, selecionar e avaliar os resultados de estudos relevantes. Reúne e sistematiza os dados dos estudos primários (unidades de análise).

É considerada a evidência científica de maior grandeza e são indicadas na tomada de decisão na prática clínica ou na gestão pública; Integrativa” surgiu como

alternativa para revisar rigorosamente e combinar estudos com diversas metodologias, por exemplo, delineamento experimental e não experimental, e integrar os resultados. Tem o potencial de promover os estudos de revisão em diversas áreas do conhecimento, mantendo o rigor metodológico das revisões sistemáticas.

O método de revisão integrativa permite a combinação de dados da literatura empírica e teórica que podem ser direcionados à definição de conceitos, identificação de lacunas nas áreas de estudos, revisão de teorias e análise metodológica dos estudos sobre um determinado tópico. A combinação de pesquisas com diferentes métodos combinados na revisão integrativa amplia as possibilidades de análise da literatura.

O tipo de Revisão que será executada será a Revisão Narrativa, sobre a qualidade da informação sobre este trabalho foi dividida em duas etapas: a primeira etapa consistiu na procura dos descritores no vinculados ao tema. Depois foram estabelecidos dois critérios para refinar os resultados: a abrangência temporal dos estudos definida entre os anos de 1941 e 2016 e, o idioma, textos em português, inglês e espanhol. Essa busca foi feita no utilizando o Periódicos da CAPES e o Google Acadêmico.

Os descritores utilizados nos mecanismos de busca foram: Herbicida, Clomazone, Translocado, Fitotoxicidade, qualidade fitossanitária. A busca foi feita por meio das palavras encontradas nos títulos e nos resumos dos artigos.

Todas as buscas foram realizadas no período de março de 2017 a junho de 2017. A seleção de artigos foi feita em conformidade com o assunto proposto, sendo descartados os estudos que, apesar de constarem no resultado da busca, não apresentaram metodologia para o objetivo principal.

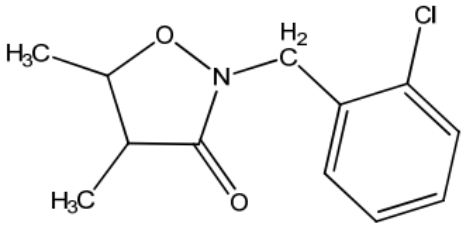
### **3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS**

O primeiro marco do controle químico moderno ocorreu, no entanto, em 1941, com a síntese do ácido 2,4-diclorofenoxiacético, o 2,4-D (POKORNY, 1941). Durante

a segunda guerra mundial foram descobertas as propriedades dos derivados dos ácidos fenoxiacéticos sobre o crescimento de plantas. Apenas após o fim da guerra foi feito o anúncio público da ação do 2,4-D como herbicida que causava morte diferenciada de plantas (HAMMER, 1944; MARTH, 1944). Posteriormente, foi descrito o primeiro herbicida (monuron) que não era derivado dos ácidos fenólicos (BUCHA, 1951). Iniciava-se, então, nas décadas de 50 e 60, as práticas modernas de baixas doses de herbicidas orgânicos sintéticos para o controle seletivo de plantas daninhas.

O clomazone [2-(2-chlorobenzyl)-4,4-dimethyl-1,2-oxazolidin-3-one] pertencente ao grupo químico das isoxazolidinonas possui amplo espectro de controle quando aplicado em pré-emergência ou pós-emergência inicial das espécies mono e eudicotiledôneas de plantas daninhas. Classificado como moderadamente tóxico (Classe III), no Brasil ele está registrado para o uso nas culturas de algodão, arroz, batata, cana-de-açúcar, fumo e mandioca (ANVISA, 2017; BERGMANN, 2011). Em 2009, este herbicida ficou entre os dez herbicidas mais utilizados no Brasil (VASCONCELOS, 2010).

Figura 01. Fórmula estrutural e características do clomazone

Fórmula Estrutural	Características
	<p>Fórmula Molecular: C<sub>12</sub>H<sub>14</sub>ClNO<sub>2</sub></p> <p>Massa Molar (g mol<sup>-1</sup>): 239,70</p> <p>Não iônico</p> <p>Solubilidade em água (mg L<sup>-1</sup>): 1.100,00</p>

Fonte: PEREIRA, 2016

Com sua ação, as folhas das plantas sensíveis tornam-se brancas, devido a inibição de uma ou mais enzimas na via do ácido mevalônico, precursor dos

carotenoides, sendo sintoma característico desse grupo de herbicidas (MARCHI, 2008; SENSEMAN, 2007).

Porém, para que o herbicida exerça a sua ação, não basta simplesmente atingir as folhas e/ou ser aplicado no solo, pois a tolerância da planta a um determinado herbicida ocorre de acordo com a absorção, a translocação, o metabolismo e a sensibilidade da planta a este e/ou a seus metabólitos. Assim, há necessidade de que o produto penetre na planta, transloque e atinja a organela onde irá atuar. Já a metabolização é uma das ferramentas utilizadas pelas plantas para a detoxificação dos herbicidas, embora algumas vezes estes possam ser ativados por esse mecanismo, como no caso do clomazone. Por isso, diferentes espécies de plantas podem ter tolerância diferenciada a cada tipo de formulação do herbicida (SCHREIBER, 2013).

Se a embalagem de um herbicida contendo Clomazone for aberta no meio de um jardim e imediatamente fechá-la, alguns dias depois as plantas no entorno estarão apresentando sintomas de branqueamento, ou seja, o produto é extremamente volátil e com esta característica, por si só, já seria mais que o suficiente para que ele fosse proibido, mas como sabemos não é o que acontece, além de relatos de mortandade de árvores nativas e exóticas, como a canafístula (BERGMANN, 2011).

Segundo Schreiber 2013 e Oliveira Junior 2011, a diferença de seletividade do clomazone entre as culturas pode estar relacionada às características morfológicas e genéticas entre as culturas, proporcionando diferenciadas respostas da enzima citocromo P450 monoxigenase, como a sua inibição, a hidroxilação, rompimento da cadeia -N-CH<sub>2</sub> entre outros.

Por ser um herbicida não iônico, o clomazone permanece em sua forma molecular na solução do solo (JIA, 2013). Todavia, esses compostos podem apresentar alguma polaridade e, por isso, a sua disponibilidade na solução do solo pode ser afetada pelo pH, complexos argilominerais e material orgânico (SILVA, 2007).

Absorvido predominantemente pelo meristema apical das plântulas, pelas raízes e colo das plantas, clomazone é translocado via xilema para as folhas, causando danos no cloroplasto, que resulta na inibição da formação de pigmentos fotossintéticos e reduzindo a síntese de caroteno (DEVINE, 1993; RODRIGUES, 1998).

Embora a seletividade a herbicidas está associada a absorção, translocação ou metabolismo do produto, estes mecanismos não têm esclarecido de forma adequada a diferença da resposta observada entre as espécies (LIEBL, 1991).

A tolerância diferenciada entre as plantas, normalmente pode existir devido a diferenças morfológicas e/ou fisiológicas das espécies, sendo que a planta expõe diferenciados obstáculos para afetar desde a entrada na planta, translocação, tempo e intensidade de exposição de partes da planta ao obstáculo, como diferenças na metabolização do produto (SCHREIBER, 2013; DEUBER, 1992).

Na década de 60, Hoffman (1962) introduziu a ideia do aumento da seletividade de plantas a herbicidas através do uso de substâncias químicas chamadas de antídotos ou protetores de plantas ou “safeners” são substâncias usadas com a finalidade de promover a seletividade de herbicidas evitando injúrias que prejudiquem a emergência e alterem o estande, assim como seu próprio desenvolvimento, sem reduzir a eficiência no controle das plantas daninhas, que podem ser utilizados na forma de tratamento da semente ou em mistura com o herbicida na calda de pulverização. Entretanto a aplicação em mistura com o herbicida, pode ocorrer o favorecimento da planta daninha (HESS, 2000, GALON, 2011).

Gunasekara et al., 2009 e Silva et al., 2012 afirmam que o atributo do solo que mais influencia a sorção de compostos de caráter básico e não-iônicos é a matéria orgânica. No entanto, o grau de influência da sorção desses herbicidas pela matéria orgânica depende, além de sua concentração no solo, da sua composição química a qual pode variar de acordo com o material de origem e grau de decomposição (ĐUROVIĆ, 2009).

Todavia, podem apresentar alguma polaridade e, por isso, a sua disponibilidade na solução do solo pode ser afetada pelo pH, complexos argilominerais e material orgânico (SILVA, 2007)

Segundo Takano (2012), a cultivar de feijão BRS Pontal demonstrou a maior tolerância à utilização de clomazone entre as cultivares avaliadas, mas as cultivares Jalo Precoce e Diamante Negro foram as mais sensíveis ao clomazone aplicado em pré-emergência. A cultivar BRS Pontal apresentou tolerância inicial ao clomazone em doses até 900 g ha<sup>-1</sup>.

Segundo Carborani (2010), de maneira geral, na cana-de-açúcar, tratamentos testados de clomazone + hexazinona proporcionaram bons níveis de controle das espécies de plantas daninhas avaliadas, principalmente no período até 119 DAA.

O uso de dietholate, dietholate com acetato de zinco e acetato de zinco apresentaram potencial de proteção das plantas de algodoeiro dos efeitos fitotóxicos do herbicida clomazone, proporcionando ótimo grau de seletividade, sendo que a produtividade de algodão em caroço foi, respectivamente, 55, 70 e 62% superior ao tratamento que não recebeu estes produtos (testemunha) (INOUE, 2014).

Segundo Karan, 2003, em função dos resultados observados, pode-se inferir que dietholate apresenta potencial para proteger plantas de milho dos efeitos fitotóxicos do herbicida clomazone, diminuindo a sensibilidade das plantas à aplicação do herbicida.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O que podemos notar é que o Clomazone é um herbicida de amplo aspecto, sendo utilizado em varias culturas no mundo todo. No estado do Paraná, mais especifico na região do Noroeste, o Clomazone é muito utilizado na cultura de Mandioca. Sendo um herbicida bem aceito pelos agricultores, tem um custo razoável e tem um efeito residual considerado mediano segundo os produtores. Um dos principais motivos pela sua escolha, é a sua seletividade na cultura da mandioca, sendo aplicado em pré e pós plantio ele não mata a cultura, mas deixa uma certa



fitotoxicidade na plantação onde foi aplicado. Isso ocorre pela lenta metabolização do Clomazone pela planta, o que pode variar por dois fatores, quantidade de Clomazone aplicado por hectare e o tipo de variedade escolhida pelo agricultor. O efeito de fitotoxicidade pode variar de 15 a 30 dias até a metabolização por completo na planta, o que gera um atraso no seu crescimento por ficar estagnada. Sendo que este rápido artigo, servirá para base para estudos mais aprofundados que começam a ser realizados após a sua publicação.

## REFERÊNCIAS

ANVISA. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Disponível em:  
<<http://portal.anvisa.gov.br/agrotoxicos>> Acessado em: 10 set 2017

BERGMANN, D. **Clomazone e o perigo dos agrotóxicos**. Revista EcoDebate, Mangaratiba, RJ, 2011 Disponível em: <  
<https://www.ecodebate.com.br/2011/09/09/clomazone-e-o-perigo-dos-agrotoxicos-entrevista-darci-bergmann/>> Acessado em 10 set 2017

BUCHA, H.C.; TODD, C.W. **3(p-chlorophenyl)-1,1-dimethylurea - a new herbicide**. Science, v.114, p.403-494, 1954.

BRASIL, **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em  
<<http://www.agricultura.gov.br>> Acesso em: 29 maio 2017

CALABRESE, E.J.; BALDWIN, L.A. **Applications of hormesis in toxicology, risk assessment and chemotherapeutics**. Trends in Pharmacological Sciences, v.23, n.7, p.323-331, 2002.

CARBONARI, C. A.; et al **Eficácia da associação entre os herbicidas clomazone e hexazinona no controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar**. Revista Brasileira de Herbicidas, v.9, n.1, p.17-25, jan./abr. 2010

DEVINE, M. D.; DUKE, S. O.; FEDTKE, C. **Safeners for Herbicides**. In: DEVINE, M. D.; DUKE, S. O.; FEDTKE, C (ed.), Physiology of Herbicide Action. Englewood Cliffs, NJ. Prentice Hall, 1993. p. 376-387.

ĐUROVIĆ, R. et al. **Determination of atrazine, acetochlor, clomazone, pendimethalin and oxyfluorfen in soil by solid phase microextraction method**. Pesticides and Phytomedicine, v. 23, n. 2, p.153-166, 2008.

GALON, L.; et al **Seletividade de herbicidas às culturas pelo uso de protetores químicos**. Revista Brasileira de Herbicidas, Umuarama, v. 10, n. 3, p. 291-304, 2011.

GUNASEKARA, A. S. et al. **The behavior of clomazone in the soil environment**. Pest Management Science, v. 65, n. 6, p. 711-716, 2009.

GOELLNER, C.I. **Utilização de defensivos agrícolas no Brasil: análise do seu impacto sobre o ambiente e a saúde humana**. 2 ed. Passo Fundo, RS: Artgraph Editora, 1993. 103 p.

HAMMER, C.L.; TUKEY, H.B. **The herbicidal action of 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid and 2,4,5-Trichlorophenoxyacetic acid on bindweed**. Science, v.100, p.154-155, 1944.

HERWIG, U. et al. **Physicochemical interactions between atrazine and clay minerals**. Applied Clay Science, v. 18, n. 6, p. 201-222, 2001.

HESS, F. D.; WELLER, S. C. **Principles of selective weed control with herbicides**. In: Herbicide Action: an intensive course of the activity, selective, behavior, and fate of herbicides in plants and soils. West Lafayette Purdue University, 2000. p. 112-134.

HOFFMAN, O. L. **Chemical seed treatments as herbicide antidotes**. Weeds. v. 10, 1962. p. 32.

Inoue, M. H. et al. **Seletividade do clomazone em sementes de algodão tratadas com dietholate e acetato de zinco** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 35, n. 6, p. 2905-2918, nov./dez. 2014

JIA, M. Y. et al. **Effects of pH and metal ions on oxytetracycline sorption to maize-strawderived biochar**. Bioresour. Technol. v. 136, p. 87-93, 2013.

KARAN, D. et al **Seletividade da cultura do milho ao herbicida clomazone por meio do uso de dietholate** Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.2, n.1, p.72-79, 2003

LIEBL, R. A.; NORMAN, M. A. **Mechanism of clomazone selectivity in corn (*Zea mays*), soybean (*Glycine max*), smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*), and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*)**. Weed Science. Lawrence, v. 39, 1991. p. 329-332.

MARCHI, GIULIANO; MARCHI, E. C. S.; GUIMARÃES, T. G. **Herbicidas: mecanismos de ação e uso**. Planaltina, DF: EMBRAPA Cerrados, 2008, 36p

MARTH, P.C.; MITCHELL, J.W. **2,4-Dichlorophenoxyacetic acid as a differential herbicide**. Bot. Gaz., v.106, p.224-232, 1944.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S. ; CONSTANTIN, J. ; INOUE, M. H. (Eds.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. 348 p.

PEREIRA, G. A. M. **Comportamento do Clomazone em solos tropicais**. Viçosa, MG: UFV Tese de Doutorado, 2016, 75 p.

POKORNY, R. **Some chlorophenoxyacetic acids**. J. Amer. Chem. Soc., v.63, p.1768, 1941.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Clomazone**. Guia de Herbicidas. 4ed. Londrina, PR, 1998. p. 137-142.

SCHREIBER, Fábio et al . **Plantas indicadoras de clomazone na fase vapor**. Cienc. Rural, Santa Maria , v. 43, n. 10, p. 1817-1823, Oct. 2013 . Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782013001000014&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782013001000014&lng=en&nrm=iso)>. acesso em 11 Set. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782013001000014>.

SENSEMAN, S. A. **Herbicide handbook**. 9ed. Champaign: Weed Science Society of America, 2007. 458 p.

SILVA, L. O. C. et al. **Sorção e dessorção do ametryn em latossolos brasileiros**. Planta Daninha, v. 30, n. 3, p. 633-640, 2012.

SILVA, A. A.; VIVIAN, R.; OLIVEIRA JR., R. S. **Herbicidas: comportamento no solo**. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. Tópicos em manejo de plantas daninhas. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2007. p. 189-248. 367 p.

TAKANO, H. K. et al. **Potencial de utilização do clomazone em cultivares de feijoeiro comum**. Rev. Bras. Herb., v.11, n.2, p.187-195, mai./agos. 2012

VASCONCELOS, R.A.; et al. **Produtos Agrotóxicos e afins comercializados em 2009 no Brasil: uma abordagem ambiental**, Brasília, DF : IBAMA, 2010

VOSGERAU D. S. R.; ROMANOWSKI J. P. **Estudos de revisão: implicações conceituais e metodológicas**. Revista Diálogo Educacional, Curitiba, v.14, n.41, 2014.