



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

ESTUDO DA TOXICIDADE CRÔNICA DO HERBICIDA GLIFOSATO EM SEMENTES DE MILHO, DE QUIABO E RUCÚLA

Ana Cláudia Rebessi¹, Ângela Fracon Medina¹, Bruna Pereira¹, Débora França¹, Douglas F. Santos¹, Flávia Mendes¹, Gabriela Rodrigues¹, João Henrique Nascimento e Silva², Larissa F. Greve¹, Luana Ciribello¹, Lucas F. Lima¹, Lucas Marchini¹, Marina Felix¹, Manoela Navarro¹, Monique R. Chinelatto¹, Tiago Tomazela Ovídio¹ e Núbia Natália de Brito³

RESUMO

O glifosato é um agroquímico do grupo dos fosfonatos, ele é amplamente usado como herbicida. Embora cause a morte de quase todas as plantas pode ser usado para eliminar as ervas daninhas durante o crescimento das plantações que são resistentes ao glifosato. Nesta pesquisa objetivou-se verificar os efeitos toxicológicos do herbicida em estudo utilizando como organismo teste sementes de milho (*Zea mays*), quiabo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) e rúcula (*Eruca sativa*). O ensaio toxicológico consistiu em utilizar papel toalha umedecido com a amostra de glifosato, e vinte sementes distribuídas uniformemente em vasilhames com tampas, deixados em local seco e arejado, sendo regadas uma vez ao dia durante 5 dias. Foi possível verificar o efeito tóxico do glifosato para sementes de milho nas concentrações acima de 90 mg.L⁻¹, para sementes de quiabo nas concentrações acima de 75 mg.L⁻¹ e para sementes de rúcula nas concentrações acima de 2 mg.L⁻¹. Desta forma foi possível concluir que as sementes em estudo apresentaram uma elevada sensibilidade com possibilidade de ser aplicadas em ensaios de toxicidade, representando uma metodologia simples e de baixo custo.

Palavras-chave: glifosato; toxidade; sementes.

ABSTRACT

STUDY OF CHRONIC TOXICITY OF THE GLYPHOSATE HERBICIDE IN SEEDS OF CORN, OKRA AND ARUGULA

Glyphosate is an agrochemical from the group of phosphonates, which is widely used as a herbicide. Although it kills almost any plant, it can be used to eliminate weeds during the growth of crops that are resistant to glyphosate. This research aimed to evaluate the toxicological effects of the herbicide in a study using as test organism seeds of maize (*Zea mays*), okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) and arugula (*Eruca sativa*). The toxicological testing was to use a paper towel dampened with a sample of glyphosate and twenty seeds evenly distributed in containers with lids, left in a dry and airy place, and watered once a day for 5 days. It was possible to check the toxic effect of glyphosate for corn seeds at concentrations above 90 mg.L⁻¹, for okra seeds at concentrations above 75 mg L⁻¹ and arugula seeds in concentrations above 2 mg L⁻¹. Thus it was concluded that the seeds studied showed a high sensitivity with the possibility to be applied in toxicity testing, representing a simple and low cost.

Keywords: Glyphosate; toxicity; seeds.

Trabalho recebido em 09/08/2010 e aceito para publicação em 28/05/2011.

¹ Graduandos do curso de Licenciatura em Química- Centro de Ciências Agrárias- CCA. Universidade Federal de São Carlos- UFSCAR: larissa_geoquimica@yahoo.com.br

² Mestrando em Agroecologia e Desenvolvimento Rural- Centro de Ciências Agrárias- CCA. Universidade Federal de São Carlos- UFSCAR: joao_henrique@hotmail.com

³ Professora Doutora do Instituto de Química- Universidade Federal de Goiás- UFG: nubiabrito@quimica.ufg.br

1. INTRODUÇÃO

Em determinadas circunstâncias, algumas plantas são consideradas nocivas ao desenvolvimento agrícola, como as ervas daninhas. Deste modo, estas espécies perniciosas são denominadas pragas. Os herbicidas podem afetar a população de plantas daninhas nos anos seguintes, influenciando a formação de sementes e sua dormência afetando a germinação e o crescimento das plântulas e diminuindo a produção das sementes de ervas daninhas (VIDAL *et al.*, 1999).

A cada ano cresce o comércio mundial de herbicidas, atualmente o herbicida glifosato representa 60 % do mercado mundial. O glifosato (N-fosfometil glicina) foi originalmente sintetizado em 1964, como potencial quelante industrial e seu uso como herbicida foi descrito apenas em 1971 (JUNIOR *et al.*, 2002).

Uma das mais importantes características do glifosato é sua rápida translocação das folhas da planta tratada para as raízes, rizomas e meristemas apicais. Esta propriedade sistêmica resulta na destruição total de plantas, não tendo ação somente sobre as plantas, mas também sobre sementes no solo, revelando deste modo o grau de toxicidade que o herbicida possui (YAMADA & CAMARGO, 2007).

A elevada toxicidade do herbicida glifosato pode ser comprovada neste estudo através das sementes de milho, quiabo e rúcula. O milho (*Zea mays*) é uma planta pertencente à família Graminae e possui uma semente com aproximadamente 0.3g que ao se desenvolver, a planta, pode chegar aos 2 metros de altura. Tem uma grande importância econômica de produção já que representa um dos principais cereais cultivados em todo o mundo, fornecendo produtos largamente utilizados para a alimentação humana, animal e matérias-primas para a indústria, principalmente em função da quantidade e da natureza das reservas acumuladas nos grãos (FERREIRA, 2009).

O quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) é uma planta hortícola, cujo fruto verde, que contém vitaminas A, B1 e C, cálcio e ferro é consumido no Brasil. Suas folhas podem ser utilizadas como salada e as sementes fornecem um óleo aromático, que pode ser utilizado na alimentação humana e na fabricação de margarinas (EICHELBERGER & MORAES, 2001).

A rúcula (*Eruca sativa*) hortaliça da família Brassicaceae, originou-se no sul da Europa e na parte ocidental da Ásia. Na culinária, o uso da rúcula é um pouco restrito devido a seu sabor, tão forte que elimina o dos outros alimentos. No

entanto, é um excelente complemento de refeições mais pesadas, como carne de porco. Pode ser preparada crua, em saladas, ou refogada, preparo excelente para recheio de pizzas (GOULART & TILLMAN, 2007).

Desta forma este trabalho teve como objetivo principal estudar os efeitos tóxicos provocados pelo herbicida glifosato em sementes de milho, quiabo e rúcula. Segundo PELEGRINI e colaboradores (2006), os testes de toxicidade utilizando sementes constituem recurso prático de baixo custo, de sensibilidade razoável na indicação qualitativa da presença de substâncias tóxicas ou inibidores biológicos como os pesticidas e herbicidas empregados nas lavouras.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Laboratório Didático, Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias, Araras SP.

Para o ensaio toxicológico com as sementes em estudo utilizou-se o método proposto por INAZAKI & colaboradores (2001), utilizando os seguintes materiais: Papel toalha, tesoura, frascos

polipropileno, vasilhames com tampas, e diversas concentrações da amostra do herbicida Glifosato.

Os ensaios consistem na disposição de 20 sementes sobre papel toalha dentro de um vasilhame de polipropileno descartável com tampa. Adicionou-se sobre as sementes 1.5 mL da amostra de maneira bem homogênea e após 24 horas tornou-se a adicionar mais 1.0 mL mantendo o vasilhame sempre tampado para evitar evaporação.

Ao completar 120 horas (5 dias) do início dos testes fez-se a leitura a fim de verificar os efeitos tóxicos causados pelas diferentes concentrações da amostra. Os testes são realizados sempre em duplicata para cada concentração de glifosato e é empregada uma água de diluição como controle com a finalidade de manter o pH neutro e apresentar concentração de alguns nutrientes importantes para estimular a germinação das sementes, com o principal objetivo de se verificar apenas a inibição causada pelo herbicida (agente estressor).

A Tabela 1 apresenta concentrações otimizadas de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, zinco e cobre para as sementes em estudo (DOS SANTOS *et al.*, 2007).

Tabela 1. Concentração dos nutrientes em mg.L⁻¹ para as espécies de sementes.

Espécies de sementes	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu
Milho (<i>Zea mays</i>)	7.0	25.9	35.9	10.0	3.3	1.5	6.0
Quiabo (<i>Abelmoschus esculentus</i> (L.) Moench)	28.0	71.0	74.5	30.0	0.033	0.015	0.02
Rúcula (<i>Eruca sativa</i>).	21.0	43.5	61.0	30.0	0.033	0.015	0.04

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Estudo toxicológico com sementes de milho

Iniciou-se os estudos toxicológicos utilizando concentrações do herbicida glifosato de 10 a 500 mg.L⁻¹, foi possível constatar que nas concentrações de 10 e 100 mg.L⁻¹ não houve efeito tóxico

observável, nas concentrações de 250 e 500 mg.L⁻¹ observou-se alguns efeitos inibitórios quando comparados ao controle tais como: diminuição da sustentação e do tamanho das raízes e pouca germinação das sementes (Tabela 2).

Tabela 2. Concentração do herbicida Glifosato (10 -500 mg.L⁻¹) e efeito tóxico.

Concentrações (mg.L ⁻¹ de Glifosato)	Presença de efeitos do agroquímico
10	Efeito não observado
100	Efeito não observado
250	Efeito observado
500	Efeito observado

Mediante os dados obtidos, fez-se uma abertura da ultima concentração com efeito tóxico não observado e o primeiro efeito tóxico observado, utilizando para

isto o tamanho da raiz como principal efeito inibitório (Tabela 3).

Tabela 3. Concentração do herbicida Glifosato (100 -250 mg.L⁻¹) e efeito tóxico

Concentrações (mg.L ⁻¹ de Glifosato)	Presença de efeitos do agroquímico
100	Efeito não observado
120	Efeito observado
130	Efeito observado
150	Efeito observado
200	Efeito observado
250	Efeito observado

Novamente efetivou-se o mesmo procedimento com uma abertura de concentrações na faixa de 100 mg.L⁻¹ a

120 mg.L⁻¹ do herbicida glifosato (Tabela 4).

Tabela 4. Concentração do herbicida Glifosato (100 -120 mg.L⁻¹) e efeito tóxico

Concentrações (mg.L ⁻¹ de Glifosato)	Presença de efeitos do agroquímico
100	Efeito observado
105	Efeito observado
110	Efeito observado
115	Efeito observado
120	Efeito observado

Após observações mais detalhadas pode se verificar que já havia efeitos toxicológicos nas raízes através da ausência de “pelugem” quando comparadas ao controle. Através disso fez-se mais uma abertura (Tabela 5). Uma foto dos ensaios pode ser visualizada na Figura 1.

Tabela 5. Concentração do herbicida Glifosato (90 -105 mg.L⁻¹) e efeito tóxico

Concentrações (mg.L ⁻¹ de Glifosato)	Presença de efeitos do agroquímico
90	Efeito observado
95	Efeito observado
100	Efeito observado
102	Efeito observado
105	Efeito observado

**Figura 1.** (continua).

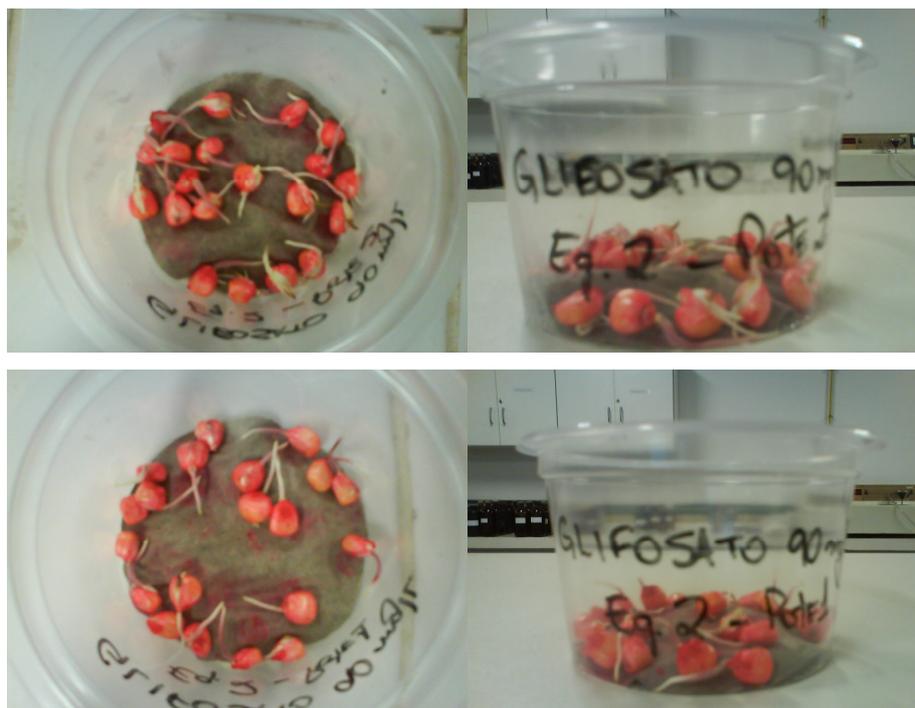


Figura 1 (continuação). Imagens obtidas no 5º dia da 4ª Abertura.

Os resultados obtidos mostraram que houve uma abertura inicial, onde obteve-se uma visualização em função do tamanho apresentado pelas raízes em algumas concentrações, onde fez-se o mesmo procedimento por mais três aberturas, porém, algo que não havia sido observado era a presença ou não de “pelos” nas raízes, onde pode-se notar que desde a concentração mais baixa que estava sendo estudada (100 mg.L^{-1}), já havia sinais de toxicidade nas sementes. Portanto pode-se concluir que com 90 mg.L^{-1} do herbicida glifosato foi possível observar algum tipo de efeito inibitório no crescimento das sementes de milho quando comparadas ao controle.

Estudo toxicológico com sementes de quiabo

Dentre as concentrações que foram estudadas para as sementes de quiabo observou-se que na concentração de 10 mg.L^{-1} não houve efeito tóxico causado pelo herbicida glifosato e, na concentração de 75 mg.L^{-1} começou a apresentar efeito tóxico. O estudo foi realizado visando à toxicidade crônica que é uma manifestação prolongada e pode ser observada durante todo o ciclo do organismo.

Posteriormente realizou-se uma abertura das amostras entre 75 mg.L^{-1} e 90 mg.L^{-1} do herbicida glifosato e foi detectado o efeito tóxico pelo crescimento não contínuo, queima e não aparecimento de pêlos das raízes (Figura 2).



Figura 2. Foto da Germinação do quiabo frente a concentrações de Glifosato comparada com controle (desenvolvimento em água de diluição).

A maior concentração de um determinado composto que não se observa efeitos deletérios significativos, ou seja, concentração de efeito não observável (CENO) complementado com a concentração de efeito observável (CEO)

que significa a menor concentração em que se observam efeitos deletérios estatisticamente significativos fica nesta faixa de concentração que varia entre 10 mg.L⁻¹ a 75 mg.L⁻¹. (Figura 3)



Figura 3. Comparação dos comprimentos das raízes e observação da toxicidade.

Estudo toxicológico com sementes de rúcula

Iniciou-se os estudos toxicológicos utilizando concentrações do herbicida glifosato de 10 a 500 mg.L⁻¹, foi possível constatar que na concentração de 10 mg.L⁻¹ de glifosato obteve-se o mesmo número de germinação das sementes comparando com a solução controle, mas o crescimento da

planta foi menor. Na concentração de 100 mg.L⁻¹ as sementes desenvolveram-se, porém não com a mesma sustentação; além disso, os números de sementes germinadas foram menores. Nas concentrações de 250 e 500 mg.L⁻¹ houve um resultado baixo do desenvolvimento/ germinação das sementes (Tabela 6).

Tabela 6. Concentração do herbicida Glifosato (10 -500 mg.L⁻¹) e efeito tóxico

Concentrações (mg.L ⁻¹ de Glifosato)	Presença de efeitos do agroquímico
10	Efeito observado
100	Efeito observado
250	Efeito observado
500	Efeito observado

Mediante os dados obtidos, fez-se uma abertura entre 10 e 100 mg.L⁻¹ de glifosato foi possível observar que em todas as concentrações houve efeito

inibitório tais como: estrutura da planta menor e ausência de pêlos nas raízes quando comparados ao controle (Tabela 7).

Tabela 7. Concentração do herbicida Glifosato (10 -250 mg.L⁻¹) e efeito tóxico

Concentrações (mg.L ⁻¹ de Glifosato)	Presença de efeitos do agroquímico
10	Efeito observado
20	Efeito observado
30	Efeito observado
50	Efeito observado
100	Efeito observado
250	Efeito observado

Novamente efetivou-se o mesmo procedimento com uma abertura de concentrações na faixa de 10 mg.L⁻¹ a 20 mg.L⁻¹ do herbicida glifosato (Tabela 8). Em todas as concentrações estudadas foi

possível verificar que as raízes na presença do agente estressor cresciam somente 50 % do tamanho quando comparadas às raízes do controle.

Tabela 8. Concentração do herbicida Glifosato (10 -20mg.L⁻¹) e efeito tóxico

Concentrações (mg.L ⁻¹ de Glifosato)	Presença de efeitos do agroquímico
10	Efeito observado
12	Efeito observado
14	Efeito observado
16	Efeito observado
18	Efeito observado
20	Efeito observado

Mediante isso resolveu-se diminuir as concentrações do herbicida glifosato nas sementes de rúcula. Iniciou-se uma abertura entre 2 e 10 mg.L⁻¹. Na concentração de 2 mg.L⁻¹ foi possível observar o mesmo número de germinação das sementes comparando com a solução controle, mas foi menor o crescimento dos caules e das raízes, houve a perda da sustentação do caule e a ausência de pêlos nas raízes. Na concentração de 4 mg.L⁻¹ foi possível também observar que as plantas não apresentavam folhas, a sustentação do

caule era menor e não havia presença de pêlos nas raízes. Na concentração de 6 mg.L⁻¹ as sementes desenvolveram-se, porém não com a mesma sustentação; além disso, o número de sementes germinadas foi menor. Nas concentrações de 8 mg.L⁻¹ e 10 mg.L⁻¹ houve um resultado baixo do desenvolvimento/ germinação das sementes. A partir destas concentrações ficou comprovada uma sensibilidade maior da semente ao herbicida glifosato (Tabela 9).

Tabela 9. Concentração do herbicida Glifosato (2 -10 mg.L⁻¹) e efeito tóxico

Concentrações (mg.L ⁻¹ de Glifosato)	Presença de efeitos do agroquímico
2	Efeito observado
4	Efeito observado
6	Efeito observado
8	Efeito observado
10	Efeito observado

4. CONCLUSÃO

Os agroquímicos são de fundamental importância para a agronomia quando se trata de lavouras, onde estes exterminam ervas daninhas, porém, seu uso excessivo causa a degradação do meio ambiente e, portanto analisar sua

toxicidade é de suma importância, pois somente assim pode-se obter que a degradação ao meio em que vivemos seja mínima.

Na pesquisa realizada conclui-se que nos intervalos de 90 mg.L⁻¹ a 500 mg.L⁻¹ de glifosato pode-se observar efeito

tóxico nas sementes de milho tais como no comprimento e espessura das raízes e em até mesmo em concentrações muito altas a não germinação das sementes em estudo.

Para sementes de quiabo foi possível concluir que o CENO e CEO encontra-se na faixa de concentração de 10 mg.L⁻¹ a 75 mg.L⁻¹. Onde na concentração de 10 mg.L⁻¹ não houve efeito inibitório para sementes de quiabo e na concentração de 75 mg.L⁻¹ de glifosato começou a apresentar efeito tóxico nas sementes em estudo.

Para sementes de rúcula concentrações superiores a 2 mg.L⁻¹ de Glifosato em contato direto com as sementes causam deformações na planta tais como perda da sustentabilidade do caule, ausência de pêlos nas raízes e a diminuição do tamanho da raiz e caule. Não é possível ainda avaliar o efeito desse contato nas sementes em campo. Acredita-se que esse efeito seria minimizado, uma vez que a solução de glifosato tem fácil dissolução nos diferentes tipos de solo. O ensaio realizado não permite classificar o glifosato como danoso às sementes de rúcula (*Eruca sativa*). No entanto, outros efeitos danosos podem influenciar o desenvolvimento da planta e não estão presentes neste estudo. Acredita-se ser de extrema importância à seqüência dos estudos do contato do glifosato com as sementes no desenvolver posterior da

planta até o seu efeito no organismo consumidor da rúcula possivelmente contaminado com glifosato.

5. REFERÊNCIAS

- DOS SANTOS, E.M.R.; BOCHI-SILVA, N.; DE BRITO-PELEGRINI, N.N.; PELEGRINI, R.T.; PATERNIANI, J.E.S. Avaliação da toxicidade crônica do percolado de aterro sanitário e de substâncias químicas fenol e cobre em sementes de: *Lactuca sativa* L.; *Lycopersicon esculentum* Mill. e *Abelmoschus esculentus* L. visando o uso na agricultura de hortaliças. **Conferência Internacional em Saneamento Sustentável: Segurança alimentar e hídrica para a América Latina.** ECOSAN- Fortaleza – Brasil, 2007.
- EICHELBERGER, L.; MORAES, D.M.. Preparo de sementes de quiabo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) para o teste de Terazólio. **Revista Brasileira de Sementes**, v.23, n.1, p.18-26, 2001.
- FERREIRA, VF. Fisiologia da planta de milho. 2009. Disponível em: <http://www.consciencia.net/2003/10/19/glifosato.html>. Acesso em: 21 jan 2010.
- GOULART, L.S.; TILLMAN, M.A.A. Vigor de sementes de rúcula (*Eruca sativa* L.) pelo teste de deterioração controlada. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n2, p. 179-186, 2007.
- INAZAKI, T.H.; PIÃO, A.C.S.; BIDOIA, E.D.; RÉGIS, G.; ANGELIS, D.F. Testes de toxicidade utilizando *Eruca sativa*. In: 14ª Reunião anual do instituto biológico (arquivos do instituto biológico), v. 68 (supl.), 2001.

- JUNIOR, O.P.A.; SANTOS, T.C.R.; BRITO, N. M. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Química Nova**, v. 25, n. 4, p. 17-25, 2002.
- PELEGRINI, N.N.B.; PATERNIANI, J.E.S.; CARNIATO, J.G.; SILVA, N.B.; PELEGRINI, R.T. Estudo da sensibilidade de sementes de Euruca Sativa (Rúcula) utilizando substâncias tóxicas para agricultura. In: XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola (CONBEA) João Pessoa – PB, 2006.
- VIDAL, R.A.; THEISEN, G.; FLECK, N.G. Herbicidas inibidores de ALS aplicados na fase de florescimento da soja. **Revista Brasileira de Agrociência**. v.5, n.2, p.142-146, 1999.
- YAMADA T.; CAMARGO P.R. Efeitos do glifosato nas plantas: Implicações fisiológicas e agronômicas. **Informações agronômicas** n° 119 – setembro, 2007