

EFEITO RESIDUAL DO GLYPHOSATE EM SOLOS DE DIFERENTES TEXTURAS AVALIADO PELO MÉTODO DE BIOENSAIO

SAYONARA ANDRADE DO COUTO MORENO ARANTES¹, GILVAN DE QUADRA ZIMPEL², KELTE RESENDE ARANTES¹, FLÁVIA BARBOSA SILVA BOTELHO¹, JERY ADRIANO CASSOL²

Recebido em 13.08.2013 e aceito em 23.09.2014.

¹Doutores, Professores da Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Av. Alexandre Ferronato, 1200, Distrito Industrial, CEP 78550-000, Sinop-MT, Brasil. E-mails: sayocm@ufmt.br; kelte@ufmt.br; flaviabs28@hotmail.com. ²Graduandos, Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Av. Alexandre Ferronato, 1200, Distrito Industrial, CEP: 78550-000, Sinop-MT, Brasil. E-mails: gil_zimpel@hotmail.com; jery_ac@hotmail.com

RESUMO: O glyphosate é intensivamente aplicado em lavouras, no entanto, não se conhece as implicações de seu efeito residual em solos. Objetivou-se com este trabalho avaliar a biodisponibilidade do glyphosate para plantas de milho (método de bioensaio), em solos de diferentes texturas. Para isso foram utilizadas amostras de um Latossolo Vermelho Amarelo (LVA), textura argilosa e um Neossolo Quartzarênico (RQ), textura franco arenosa. Nesses solos foram aplicadas diferentes doses do glyphosate (0, 1, 2, 10, 50 e 100 vezes a dose recomendada média de 2 L ha⁻¹) e realizada a semeadura de três sementes de milho, em casa de vegetação. Foram avaliadas a fitotoxicidade, altura de plantas, clorofila total, massa verde e seca da parte aérea das plantas de milho aos 7, 14 e 20 dias após a emergência (DAE). Doses crescentes do glyphosate reduziram a altura de plantas, independentemente dos solos e no RQ reduziu o teor de clorofila total e a massa verde. A partir do segundo dia de avaliação, em ambos os solos, foram observados sintomas de fitotoxicidade. Concluiu-se que houve efeito residual do glyphosate em ambos os solos, no entanto, com maior intensidade no RQ.

Palavras-chave: clorofila, fitotoxicidade, milho

RESIDUAL EFFECT OF GLYPHOSATE IN SOILS OF DIFFERENT TEXTURES BIOASSAY METHOD

ABSTRACT: The glyphosate is intensively applied in the crops, however, does not know the implications of its residual effect on soils. The objective of this study was to evaluate the bioavailability of glyphosate in corn plants (bioassay method) in different soil textures. For this was used samples of a Yellow Red Latosol (clayey texture) and Quartzarenic Neosol (sandy texture). In these soils were applied different glyphosate doses (0, 1, 2, 10, 50 and 100 times the recommended average dose of 2 L ha⁻¹) and performed the sowing of three seeds of corn, in the greenhouse. It was evaluated the phytotoxicity, plant height, chlorophyll content, fresh and dry matter shoot of corn plants at 7, 14 and 20 days after emergence (DAE). Increasing rates of glyphosate reduced plant height, regardless of the soil and in the sandy soil reduced the total chlorophyll content and fresh matter. From the second day of evaluation, in both soils, phytotoxicity symptoms were observed. There was residual effect of glyphosate in both soils, however, with greater intensity in RQ.

Key words: chlorophyll, phytotoxicity, corn

INTRODUÇÃO

Os agrotóxicos são utilizados rotineiramente nas lavouras com o objetivo de reduzir os danos causados por pragas, doenças e plantas daninhas. Mais recentemente, outra questão importante a ser considerada é o processo de manejo químico de plantas daninhas antes da semeadura. Entre os herbicidas utilizados com essa finalidade, destaca-se o glyphosate (Nunes et al., 2010).

Com a expansão do plantio direto e a introdução de variedades de soja transgênicas, mais especificamente, aquelas que possuem o gene de tolerância ao glyphosate houve um aumento do uso desse herbicida nos agrossistemas (Pereira et al., 2011), elevando assim, a presença dessa molécula no ambiente, especialmente no solo (Paula et al., 2011).

A sucessão de culturas vem sendo muito utilizada no Brasil, porém pouco tem

sido feito a fim de se avaliar o efeito residual dos herbicidas utilizados na cultura da soja sobre culturas cultivadas em sequência (Dan et al., 2011), como o milho.

Normalmente, realizam-se de duas a três aplicações desse herbicida por ciclo da cultura (Vargas et al., 2007). Sendo assim, ao longo do tempo pode ocorrer um efeito acumulativo desta molécula nos solos. Neste aspecto, Bohm et al. (2008) identificaram resíduos do glyphosate em Planossolo, após aplicação do mesmo em soja transgênica e observaram presença do seu principal metabólito, o ácido aminometilfosfônico (AMPA).

O efeito residual do glyphosate e de outros herbicidas está intimamente ligado a dinâmica destes no solo. Entre os processos envolvidos na dinâmica de moléculas no solo está a sorção, transformação, transporte e interação entre todos esses processos (Mancuso et al., 2011).

Em relação ao comportamento do glyphosate no solo é destacado na literatura a elevada capacidade de sorção dessa molécula nas partículas sólidas dos solos (Piccolo et al., 1996; Prata et al., 2005; Cruz et al., 2007). Conforme Mancuso et al. (2011) quanto maior a sorção e maior a persistência do herbicida no solo, maior favorecimento da ocorrência do efeito residual ou "carryover". No entanto, isso é diretamente dependente do tipo de ligação envolvido entre a molécula e os constituintes do solo.

Normalmente, a ligação envolvida entre os óxidos do solo e o glyphosate é a ligação covalente (Cheah et al., 1997) e a ligação de hidrogênio envolvida entre a molécula e a matéria orgânica (Piccolo et al., 1996). Quando ocorre ligação do tipo covalente, possivelmente há formação de resíduo ligado, ou seja, torna-se indisponível para serem absorvidos para as plantas a curto prazo, conforme relatam Prata et al. (2000) e Prata et al. (2003). Já quando ocorre ligação com a matéria orgânica, o glyphosate pode se tornar disponível na solução do solo, podendo apresentar o efeito residual para culturas em sucessão.

São vários os atributos que afetam a sorção e dessorção do glyphosate em solos, entre eles destaca-se a textura do solo. Os solos argilosos possuem, em geral, maior potencial de sorção das moléculas dos herbicidas, influenciando na disponibilidade das moléculas de herbicidas na solução do solo, junto com o seu efeito residual (Silva et al., 2009).

Estudos sobre a biodisponibilidade de resíduos de glyphosate em solos é pouco conhecida no Brasil. Do ponto de vista ambiental, necessita-se saber se estes resíduos tem potencial para serem bioliberados e representar contaminação a longo prazo, para outros compartimentos do ambiente. E do ponto de vista agrícola, precisa-se avaliar a disponibilidade da molécula ao longo do tempo, uma vez que o mesmo pode vir a causar injúrias em plantas não alvos.

Diante desses aspectos, objetivou-se com este trabalho avaliar a biodisponibilidade do glyphosate para plantas de milho (método de bioensaio), em solos de diferentes texturas.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realização do experimento, os dois solos foram limpos superficialmente e coletadas amostras superficiais (0 a 10 cm). Os solos foram classificados conforme Embrapa (2006), como um Latossolo Vermelho Amarelo (LVA), textura argilosa e um Neossolo Quartzarênico (RQ), textura franco arenosa.

Após a coleta dos solos, os mesmos foram destorroados, passados em peneira de 2 mm de malha e deixadas secar ao ambiente, obtendo-se assim a chamada Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) e posteriormente realizada a sua caracterização físico-química (Tabela 1), no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT/ Campus Sinop.

Para a caracterização física foram determinados os teores de argila, silte e areia. Para a caracterização química foram determinados os teores de cátions do complexo sortivo (cálcio, magnésio e potássio), pH em água, fósforo disponível e o teor de matéria orgânica.

Após a caracterização, foi realizada a correção da acidez dos solos e após um período de 60 dias, os mesmos foram colocados nos vasos e adubados, conforme análise química do solo e a necessidade da cultura do milho (*Zea mays* L.), que correspondeu para o solo argiloso a 60 kg ha⁻¹ de K₂O, 420 kg P₂O₅ ha⁻¹ e para o solo franco arenoso a 60 kg ha⁻¹ de K₂O e 270 kg P₂O₅ ha⁻¹.

No mesmo dia em que foi feita a adubação foi realizada a aplicação do glyphosate (Roundup® Original), com auxílio de um pulverizador manual diretamente no

solo, em sacos plásticos, com posterior homogeneização. Após isso, os solos foram colocados em vasos com capacidade aproximada de 8 L, levados para casa de vegetação e foram semeadas 3 sementes de milho por vaso, na profundidade de 3 cm, com a germinação de todas.

Tabela 1. Análise físico-química de amostras de um Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) e de um Neossolo Quartzarênico (RQ) utilizados no experimento.

Solo	pH H ₂ O	P	K	Ca	Mg	Al	H	MO
		-mg dm ⁻³ -		--- cmolc dm ⁻³ ---			g dm ⁻³	
LVA	5,73	4,18	20	1,87	1,01	0	3,93	27,06
RQ	5,13	2,31	142	0,33	0,32	0,25	2,87	21,19

Solo	Areia	Silte	Argila	Classe textural
	----- g kg ⁻¹ -----			
LVA	367,00	157,00	476,00	Argila
RQ	678,00	125,00	197,00	Franco Arenoso

As dosagens utilizadas de glyphosate foram: uma vez a dose média recomendada (2,0 L ha⁻¹), conforme recomendação da Monsanto (2012) para a maioria das plantas daninhas de folha larga, 2, 10, 50 e 100 vezes a dose recomendada e uma condição sem nenhuma aplicação (testemunha). Para cálculo das doses aplicadas no solo foi considerada densidade do solo de 1,2 g cm⁻³ e profundidade dos solos de 10 cm, que corresponderam as doses de 0; 0,22; 0,52; 1,22; 1,92 e 2,22 µl kg⁻¹ de solo.

Na condução do bioensaio, para verificar a existência de efeito residual do glyphosate foram realizadas três avaliações do desenvolvimento do milho, as quais foram realizadas aos 7, 14 e 20 dias após a emergência (DAE). A emergência das plantas de milho ocorreu aos 7 dias após o plantio. Nestas datas foram avaliados os seguintes caracteres: i) fitotoxicidade; ii) altura das plantas e iii) teor de clorofila total. Ao final do experimento, as plantas de milho foram cortadas rente ao solo e foram determinadas a massa da matéria fresca e da matéria seca da parte aérea.

Em cada dia, a fitotoxicidade foi determinada por três avaliadores distintos e foram atribuídas notas, que variaram de 1 a 9, conforme a porcentagem de área foliar atingida pelos sintomas, sendo: nota 0 (sem sintomas), 1(1 a 20 %), 2 (21 a 40 %), 3 (41 a 60 %), 4 (61 a 80 %) e 5 (81 a 100%) conforme metodologia utilizada por Reis et al. (2010) e Martins et al. (2004).

Posteriormente foi realizada a média das três avaliações.

A altura das plantas foi medida no colmo a partir do solo a inserção da última folha completamente expandida, com auxílio de uma trena e, nessa mesma folha, mediu-se o teor de clorofila através do aparelho clorofilômetro (ClorofiLog Falker®).

Após o corte das plantas de milho, a parte aérea foi imediatamente pesada em balança de precisão, obtendo-se a massa verde e, posteriormente, seca em estufa de ventilação forçada a 65° C até peso constante. Após, a parte aérea foi novamente pesada e obteve-se assim, a massa seca.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2 x 6 x 3, correspondendo a 2 classes de solos, 6 doses do glyphosate e 3 dias de avaliação, com quatro repetições, para as variáveis fitotoxicidade, altura de plantas e teor de clorofila. Para a massa verde e seca, o esquema fatorial foi de 2 x 6, correspondendo a 2 classes de solos e 6 doses do herbicida. As médias foram submetidas a análise de variância pelo teste de F e comparadas pelo teste Tukey a 5% e para os dados quantitativos (doses de glyphosate e suas interações) foi realizada análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a altura de plantas, a interação doses de glyphosate x épocas de avaliação foi significativa. As diferentes doses do glyphosate nos solos não influenciaram o crescimento das plantas de milho nos dois primeiros dias de avaliação, isso é, aos 7 e 14 DAE. No entanto, aos 20 DAE as plantas que cresceram em vasos com maiores doses do herbicida no solo tiveram menor crescimento (Figura 1).

Dessa forma, o glyphosate atuou no crescimento das plantas de milho somente aos 20 DAE. Isso pode ser devido ao fato de que o glyphosate após absorvido pela planta demora algum tempo para ser metabolizado, conforme relatado por Yamada & Castro (2010).

Na primeira data de avaliação, aos 7 DAE, tanto no LVA quanto no RQ, não houveram sintomas visuais de fitotoxicidade. No entanto, a partir do segundo dia de avaliação (14 DAE) sintomas de fitotoxicidade começaram a aparecer visualmente nas

plantas, os quais se manifestaram principalmente na forma de clorose nas folhas, em ambos os solos (Figura 2). Conforme Zobiole et al. (2010), plantas de soja tratadas com glyphosate possui menor concentração de clorofila, o que pode ser devido ao menor teor de nutrientes, especialmente ao Mg e Mn, que atuam na produção e funcionalidade da clorofila.

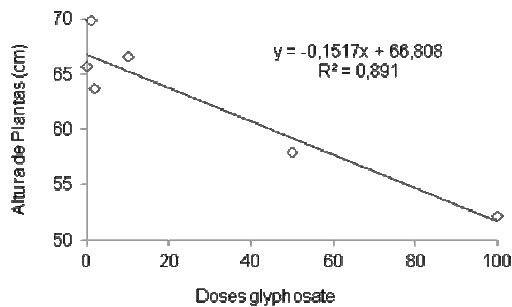


Figura 1. Altura de plantas de milho submetidas a diferentes doses de glyphosate (0, 1, 2, 10 50 e 100 vezes a dose média recomendada de 2 L ha⁻¹), aos 20 dias após a emergência (DAE).

Para os dois solos houve uma tendência de aumento da fitotoxicidade com o aumento das doses do herbicida. Dessa forma, podemos observar que o aumento da dose do glyphosate aplicada acarretou em uma maior quantidade da molécula na solução do solo, prontamente disponível para a absorção pelas raízes das plantas de milho.

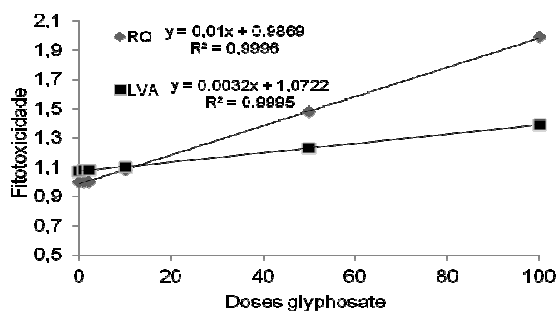


Figura 2. Fitotoxicidade de plantas de milho submetidas a diferentes doses de glyphosate (0, 1, 2, 10 50 e 100 vezes a dose média recomendada de 2 L ha⁻¹), aos 14 dias após a emergência, em um Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) e em um Neossolo Quartzarênico (RQ).

Prata et al. (2005) observaram sintomas de fitotoxicidade do glyphosate em plantas de *Panicum maximum* plantadas em um Latossolo, em concentrações maiores que 42 µg g⁻¹, equivalente a dez vezes a máxima dose recomendada para condições de campo.

Na terceira data de avaliação (20 DAE), os sintomas de fitotoxicidade persistiram e se tornaram mais evidentes (Figura 3).

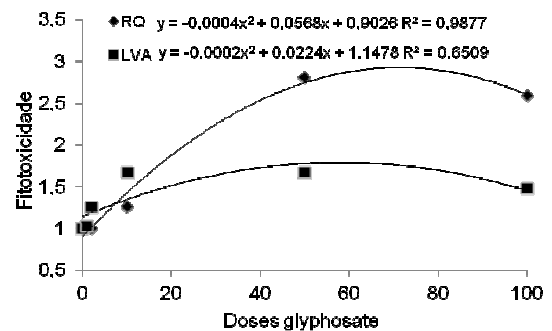


Figura 3. Fitotoxicidade de plantas de milho submetidas a diferentes doses de glyphosate (0, 1, 2, 10 50 e 100 vezes a dose média recomendada de 2 L ha⁻¹), aos 20 dias após a emergência, em um Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) e em um Neossolo Quartzarênico (RQ).

Em ambos os solos, o comportamento da fitotoxicidade foi quadrático, sendo que no RQ houve uma tendência de aumento, enquanto no LVA a tendência foi de estabilização ou decréscimo dos sintomas, à partir de 50 vezes a dose recomendada. Isso pode estar relacionado ao fato de que no RQ há menor quantidade de óxidos, os quais são os principais responsáveis pela adsorção específica do glyphosate (Prata et al., 2003). Neste solo há menor retenção e assim, maior biodisponibilidade da molécula para as raízes, comparado ao LVA, devido a menor quantidade de argila presente nesse solo (Tabela 1). Estes resultados corroboram com Toni et al. (2006), os quais relatam que em solos com maior quantidade de areia o glyphosate fica mais biodisponível para as plantas.

Na condição de aplicação de 10 vezes a dose recomendada (DR) de glyphosate, em ambos os solos, a fitotoxicidade foi maior aos 20 DAE. Na aplicação de 50 e 100 DR, os sintomas de fitotoxicidade já aumentaram a

partir da segunda data de avaliação (Tabela 2).

Tabela 2. Fitotoxicidade nas plantas de milho, em função das doses de glyphosate e dias de avaliação após a emergência (DAE), em um Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) e em um Neossolo Quartzarênico (RQ).

DAE	Dose 10x		Dose 50x		Dose 100x	
	RQ	LVA	RQ	LVA	RQ	LVA
7	1,00 b	1,00 b	1,00 c	1,00 c	1,00 c	1,00 b
14	1,00 b	1,11 b	1,36 b	1,36 b	2,06 b	1,33 a
20	1,26 a	1,67 a	2,81 a	1,67 a	2,59 a	1,48 a

^{††} Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Com base nestes dados, pode-se inferir que os sintomas de fitotoxicidade do glyphosate nas plantas de milho ficam perceptíveis à medida que aumenta o tempo de contato das mesmas com o solo. Possivelmente em função do metabolismo do glyphosate na planta ser lento e somente causar injúrias visuais com o tempo ou porque a absorção do glyphosate pelas raízes se torna mais pronunciado com o crescimento da planta.

Os sintomas de intoxicação das plantas ocorrem muitas vezes porque o herbicida também afeta as raízes (Yamada & Castro, 2010), conseqüentemente prejudicando a absorção de água e nutrientes e assim, causando injúrias mais significativas. Eker et al. (2006) relataram que aplicações de glyphosate na dose de 86,4 g ha⁻¹ em plantas de girassol reduziram a absorção e translocação de Zn. França et al. (2010) observaram reduções nas concentrações foliares de N, P, K, Cu e Zn em plantas de café tratadas com glyphosate aos 120 dias após a aplicação. Cavalieri et al. (2012) identificaram redução no acúmulo de nutrientes e produção de matéria seca na parte aérea de plantas de soja transgênica. É importante ressaltar que os trabalhos citados acima foram realizados com aplicações do glyphosate diretamente na parte aérea das plantas.

Comparando os solos, observou-se que aos 14 DAE, na condição 100 DR, houve maior fitotoxicidade no RQ. Aos 20 DAE, nas aplicações de 2 e 10 DR, os sintomas foram maiores no LVA e nas demais doses (50 e 100 DR) as plantas de milho no RQ apresentaram maior fitotoxicidade (Tabela 3).

Foram observados efeitos significativos no teor de clorofila para o RQ aos 14 e 20 DAE (Figura 4).

Tabela 3. Fitotoxicidade nas plantas de milho, comparando o Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) e o Neossolo Quartzarênico (RQ) em função dos dias de avaliação (DAE) e das doses aplicadas do glyphosate.

Solo	14 DAE		20 DAE		
	Dose 100x	Dose 2x	Dose 10x	Dose 50x	Dose 100x
RQ	2,06 a	1,00 b	1,26 b	2,81 a	2,59 a
LVA	1,33 b	1,26 a	1,67 a	1,67 b	1,48 b

^{††} Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

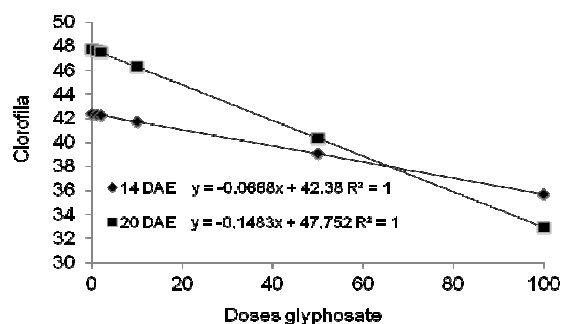


Figura 4. Teor de clorofila de plantas de milho submetidas a diferentes doses de glyphosate (0, 1, 2, 10, 50 e 100 vezes a dose média recomendada de 2 L ha⁻¹), aos 14 e 20 dias após a emergência (DAE).

À medida que aumentaram as doses de glyphosate aplicada, houve redução do teor de clorofila nas plantas de milho de 15,76% e de 31,06%, para os 14 e 20 DAE, respectivamente. Isso possivelmente é devido aos sintomas de fitotoxicidade do glyphosate ter sido principalmente a clorose das folhas.

Vários autores, como Reddy et al. (2008); França et al. (2010) e Zobiolo et al. (2010) relatam o efeito do glyphosate na redução da síntese de clorofila em plantas, através da inibição da porfirina, precursora do ácido aminolevulínico ou pela redução no teor de nutrientes relacionados a síntese da clorofila.

Para o RQ, nas doses avaliadas, a clorofila nas plantas de milho teve um incremento do primeiro para o segundo dia de avaliação, no entanto, foi igual aos 14 e 20 DAE (Tabela 4). Para o LVA, em praticamente todas as doses do glyphosate, houve um aumento na clorofila total aos 14 DAE, com

uma redução aos 20 DAE. Estes resultados estão coerentes com os obtidos para a fitotoxicidade (Figuras 2 e 3), sugerindo que o glyphosate reduziu o teor de clorofila nas plantas de milho, resultando em clorose nas folhas.

Tabela 4. Teor de clorofila nas plantas de milho, em função dos dias de avaliação (DAE) e das doses aplicadas do glyphosate, em um Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) e Neossolo Quartzarênico (RQ).

DAE	Dose 1x		Dose 2x		Dose 10x	
	RQ	LVA	RQ	LVA	RQ	LVA
7	25,84c	34,45b	27,59b	34,40b	28,56b	33,68b
14	40,98b	46,88a	42,70a	46,33a	43,87a	45,28a
20	49,00a	39,59b	47,42a	39,31b	46,8 a	41,23a

DAE	Dose 50x		Dose 100x	
	RQ	LVA	RQ	LVA
7	30,69b	32,40c	30,27b	28,84b
14	36,97a	47,81a	36,53ab	45,28a
20	39,86a	41,87b	33,10a	41,87a

^{1/} Médias seguidas pela mestra letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Santos et al. (1999) estudaram o efeito de diferentes doses de glyphosate (0,005; 0,05; 0,5 e 5 mg L⁻¹ de ingrediente ativo) nos teores de clorofilas *a* e *b* na planta aquática *Spirodela punctata* e observaram que o mesmo reduziu o teor de clorofila *a*.

As doses de glyphosate influenciaram a massa verde aérea das plantas de milho no RQ (Figura 5). À medida que aumentaram as doses de glyphosate aplicado no solo, houve redução de 39,6% da massa verde aérea das plantas.

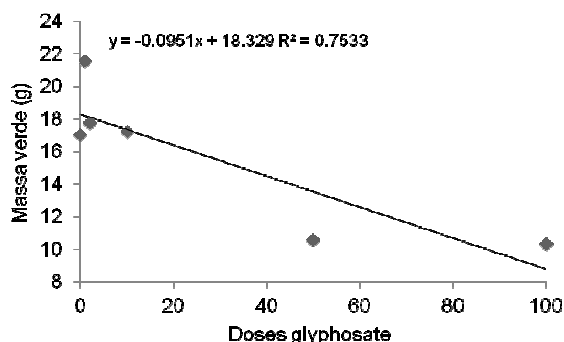


Figura 5. Massa verde aérea de plantas de milho submetidas a diferentes doses de glyphosate (0, 1, 2, 10 50 e 100 vezes a dose média recomendada de 2 L ha⁻¹), em um Neossolo Quartzarênico (RQ).

Comparando os solos dentro de cada dose, obteve-se resultado significativo para as doses 0, 1, 2 e 10 vezes DR de glyphosate (Tabela 5).

Para as doses em que houve resultados significativos, a massa verde da parte aérea foi maior no RQ que no LVA. No entanto, a massa verde igualou-se para os dois solos nas duas maiores doses avaliadas. Isso sugere que as plantas de milho se desenvolveram melhor no RQ até a dose de 10 vezes a dose recomendada de glyphosate e somente a partir dessa dose que o glyphosate iniciou seu efeito no crescimento e desenvolvimento do milho.

Isso pode ser devido a maior porosidade do RQ que proporciona o melhor crescimento e desenvolvimento de plantas. No entanto, quando as dosagens do glyphosate foram maiores (50 e 100 vezes a dose recomendada) pela menor quantidade de argila do RQ (Tabela 1), a molécula do herbicida ficou em mais biodisponível na solução do solo, causando reduções mais acentuadas no crescimento das plantas, o que refletiu diretamente na massa verde da parte aérea.

Tabela 5. Massa verde das plantas de milho, comparando doses de glyphosate aplicado no Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) e no Neossolo Quartzarênico (RQ).

Solo	Dose 0x	Dose 1x	Dose 2x	Dose 10x
RQ	17,06 a	21,57 a	17,75 a	17,22 a
LVA	9,82 b	10,09 b	10,93 b	11,90 b

^{1/} Médias seguidas pela mestra letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Para as avaliações de massa seca não houveram resultados significativos. Assim, quando as plantas foram secadas, os resultados foram iguais, independentemente dos solos e das doses analisadas.

Diante desses aspectos, o glyphosate residual nos solos estudados pode interferir em caracteres do milho que é plantado em sucessão a soja.

CONCLUSÃO

Houve efeito residual do glyphosate no Neossolo Quartzarênico e no Latossolo Vermelho Amarelo, no entanto, de forma mais pronunciada no primeiro solo.

Doses crescentes do glyphosate reduziram a altura de plantas, independentemente da textura do solo, bem como a clorofila e a massa verde no Neossolo Quartzarênico.

A fitotoxicidade nas plantas de milho aumentou ao longo dos dias de avaliação e com as doses de glyphosate.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT), pelo auxílio financeiro concedido para a condução da presente pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOHM, G.M.B.; GENOVESE, M.I.; PIGOSSO, G.; TRICHEZ, D.; ROMBALDI, C.V. Resíduos de glyphosate e ácido aminometilfosfônico e teores de isoflavonas em soja BRS 244 RR e BRS 5154. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n.28, p.192-197, 2008.
- CAVALIERI, S.D.; VELINI, E.D.; SILVA, F.M.L.; SÃO JOSÉ, A.R.; ANDRADE, G.J.M. Acúmulo de nutrientes e matéria seca na parte aérea de dois cultivares de soja RR sob efeito de formulações de glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n.2, p.349-358, 2012.
- CHEAH, U.B.; KIRKWOOD, R.C.; LUM, K.Y. Adsorption, desorption and mobility of four commonly used pesticides in Malasyan agricultural soils. **Pesticide Science**, London, v.50, n.1, p.53- 63, 1997.
- CRUZ, L.H. da; HENRIQUE, S. de; ZAIA, C.T.B.V.; ZAIA, D.A.M. Adsorption of glyphosate on clays and soils from Paraná State: Effect of pH and competitive adsorption of phosphate. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.50, n.3, p.385-394, 2007.
- DAN, H.A.; DAN, L.G.M., BARROSO, A.L.; PROCÓPIO, S.O.; OLIVEIRA JR., R.S.; ASSIS, R.L.; SILVA, A.G.; FELDKIRCHER, C. Atividade residual de herbicidas pré-emergentes aplicados na cultura da soja sobre o milho cultivado em sucessão. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 437-445, 2011.
- EKER, S.; OZTYAZICI, A.; ERENOGLU, B.; ROMHELD, V.; ISMAIL, C. Foliar-applied glyphosate substantially reduced uptake and transport of iron and manganese in sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants. **Journal Agricultural Food Chemistry**, Washington, v. 54, n. 27, p. 10019-10025, 2006.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.
- FRANÇA, A.C.; FREITAS, M.A.M.; D'ANTONINO, L.; FIALHO, C.M.T.; SILVA, A.A.; REIS, M.R.; RONCHI, C.P. Teores de nutrientes em cultivares de café arábica submetidos à deriva de glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 877-885, 2010.
- MANCUSO, M.A.C.; NEGRISOLI, E.; PERIM, L. Efeito residual de herbicidas no solo ("Carryover"). **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v.10, n.2, p.151-164, 2011.
- MARTINS, M.C.; GUERZONI, R.A.; CAMARA, G.M. de S.; MATTIAZI, P.; LOURENÇO, S.A.; AMORIM, L. Escala Diagramática para a Quantificação do Complexo de Doenças Foliares de Final de Ciclo em Soja. **Fitopatologia Brasileira**, Lavras, v.29, n.2, p.119-184, 2004.
- MONSANTO, 2012. Disponível em: WWW.monsanto.com.br/produtos/fichas/roundup_original_bula.pdf. Acesso em: 05 de fevereiro de 2014.
- NUNES, A.S.; TIMOSSI, P.C.; PAVANI, M.C.M.O.D.; COSTA ALVES, A.P.L. Formação de cobertura vegetal e manejo de plantas daninhas na cultura da soja em sistema plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa, v.28, n.4, p.727-733, 2010.
- PAULA, J.M.; VARGAS, L.; AGOSTINETTO, D.; NOHATTO, M.A. Manejo de *Conyza bonariensis* resistente ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v.29, n.1, p.217-227, 2011.

- PEREIRA, R.A.; ALVES, P.L. da C.; CORRÊA, M.P.; DIAS, T.C.de S. Influência da cobertura de aveia-preta e milheto sobre comunidade de plantas daninhas e produção de soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v.6, n.1, p.1-10, 2011.
- PICCOLO, A.; CELANO, G.; CONTE, P. Adsorption of glyphosate by humic substances. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.44, p.2442-2446, 1996.
- PRATA, F.; CARDINALI, V.C.B.; LAVORENTI, A.; TORNISIELO, V.L.; REGITANO, J.B. Glyphosate sorption and desorption in soils with distinct phosphorus levels. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n.1, p.175-180, 2003.
- PRATA, F.; LAVORENTI, A.; REGITANO, J. B.; VEREECKEN, H.; TORNISIELO, V.L.; PELISSARI, A. Glyphosate behavior in a Rhodic Oxisol under no-till and conventional agricultural systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, p.61-69, 2005.
- PRATA, F.; LAVORENTI, A.; REGITANO, J. B.; TORNISIELO, V. L. Influência da matéria orgânica na sorção e dessorção do glyphosate em solos com diferentes atributos mineralógicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 947-951, 2000.
- REDDY, K.N.; RIMANDO, A.M.; DUKE, S.O.; NANDULA, V.K. Aminomethylphosphonic acid accumulation in plant species treated with glyphosate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 56, n. 6, p. 2125-2130, 2008.
- REIS, T.C; NEVES, A.F.; ANDRADE, A.P.; SANTOS, T.S. Efeitos de fitotoxicidade na soja RR tratada com formulações e dosagens de glifosato. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, Campina Grande, v.10, n.1, p.34-43, 2010.
- SANTOS, D.M.M.; PITELLI, R.A.; BANZATTO, D.A. Efeitos de herbicidas nos teores de clorofilas de *Spirodela punctata*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 17, n. 2, p.175-182, 1999.
- SILVA, A.A.; VIVIAN, R.; ANTONINO, L. Dinâmica de herbicidas no solo. Universidade Federal de Viçosa. 2009. Disponível em: www.sbcpd.org/portal/images/stories/downloads/2simposio/dinamica_herbicidas_solo.pdf . Acesso em: 31 julho 2013.
- TONI, L. R. M.; SANTANA, H. de; ZAIA, D. A. M. Adsorção de glyphosate sobre solos e minerais. **Química Nova**, São Paulo, v.29, n.4, p.829-833, 2006.
- VARGAS, L.; BIANCHI, M.A.; RIZZARDI, M.A.; AGOSTINETTO, D.; DAL MAGRO, T. Buva (*Conyza Bonariensis*) resistente ao glyphosate na região sul do Brasil. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n.3, p.573-578, 2007.
- YAMADA, T.; CASTRO, P.R.C. **Glyphosate, herbicida com singular modo de ação: efeitos secundários e implicações fisiológicas e agronômicas**. Piracicaba. 2010. 45 p.
- ZOBIOLE, L.H.S.; OLIVEIRA JUNIOR, R.S.; HUBER, D.M.; CONSTANTIN, J.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A.; OLIVEIRA JUNIOR, A. Glyphosate reduces shoot concentration of mineral nutrients in glyphosate resistant soybeans. **Plant and Soil**, Washington, v.328, n.1, p.57-69, 2010.

