

TRANSLOCAÇÃO DE GLYPHOSATE EM ESPÉCIES DE PLANTAS DANINHAS TOLERANTES. Evander Alves Ferreira¹; Germani Concenço¹; Antonio Alberto da Silva¹; Juraci Alves de Oliveira²; Leandro Vargas³; Alexandre Ferreira da Silva¹; Ignacio Aspiazu¹; Lendro Galon¹. ¹UFV-DFT, Campus Universitário, 36570-000, Viçosa, MG. ²UFV-DBG. ³EMBRAPA TRIGO - Passo Fundo-RS.

RESUMO - Objetivou-se com este trabalho avaliar a capacidade de translocação do herbicida glyphosate em diferentes espécies de plantas daninhas tolerantes e suscetíveis a esse produto. Para isso, foram cultivadas espécies tolerantes (*Ipomoea nil*, *Tridax procumbens* e *Spermacoce latifolia*) e suscetível (*Bidens pilosa*) ao glyphosate. Aos 45 dias após a emergência das plantas daninhas, o ¹⁴C-glyphosate foi aplicado em mistura com glyphosate comercial (800 g ha⁻¹). As avaliações da absorção e translocação do ¹⁴C-glyphosate nas espécies *I. nil* e *B. pilosa* foram feitas em diferentes intervalos de tempo (6, 12, 36 e 72 horas após tratamento com o produto) e, nas espécies *T. procumbens* e *S. Latifolia*, somente 72 horas após aplicação dos tratamentos. No fim de cada período de exposição, as plantas foram coletadas e fracionadas em folha de aplicação, caule, folhas e raízes; em *S. latifolia* foi avaliado também a presença do produto no botão floral. Na espécie erva-quente, observou-se que aproximadamente 88% do glyphosate permaneceu na folha de aplicação às 72 horas após a aplicação dos tratamentos (HAT), e que pequena quantidade de herbicida translocou para as raízes nesta espécie. Já em erva-touro esse valor foi de aproximadamente 75%, com maior translocação do produto para o botão floral e pouco herbicida presente nas raízes às 72 HAT. Corda-de-viola apresentou alta eficiência na translocação do glyphosate, com maior translocação que o picão-preto, espécie suscetível ao herbicida. A menor translocação do produto observado em erva-quente pode ser um dos fatores responsáveis pela maior tolerância desta espécie ao glyphosate. Corda-de-viola apresentou eficiente translocação do produto, e o mecanismo de resistência, neste caso, pode estar relacionado a outro fator, como metabolização, exsudação radicular ou compartimentalização, visto que grande quantidade do herbicida atinge as raízes da espécie. Erva-de-touro apresentou concentração de glyphosate semelhante à observada em picão-preto na folha de aplicação.

Palavras-chave: herbicida, suscetibilidade, radiomarcado.

GLYPHOSATE TRANSLOCATION IN TOLERANT WEED SPECIES

ABSTRACT - The objective of this work was to evaluate translocation capacity of the herbicide glyphosate in different species of tolerant and susceptible to that product weeds. For that, tolerant (*Ipomoea nil*, *Tridax procumbens* and *Spermacoce latifolia*) and

susceptible (*Bidens pilosa*) to the glyphosate species were cultivated. At 45 days after weeds emergency, the ^{14}C -glyphosate was applied in mixture with commercial glyphosate (800 g ha^{-1}). The evaluations of absorption and translocation of ^{14}C -glyphosate in the species *I. nil* and *B. pilosa* were made in different time intervals (6, 12, 36 and 72 hours after treatment with the product), and in species *T. procumbens* and *S. latifolia* it was accomplished only 72 hours after treatments application. At the end of each exposition period, plants were collected and fractioned in application leaf, stem, leaves and roots; in *S. latifolia* it was also evaluated the presence of the product in the floral button. In the *S. latifolia* species, it was observed that approximately 88% of the glyphosate stayed in the application leaf 72 hours after treatments application (HTA), and that small amount of herbicide translocated to the roots in this species. On the other hand, in *T. procumbens* that value was approximately 75%, with larger translocation of the product to the floral button and little herbicide present in the roots 72 (HTA). *I. nil* presented high efficiency in translocating the glyphosate, with larger translocation than *B. pilosa*, which is susceptible to the herbicide. The smallest translocation of the product observed in *S. latifolia* can be one of the responsible factors for the largest tolerance of this species to the glyphosate. *I. nil* presented efficient translocation of the product, and the resistance mechanism, in this case, can be related to other factor, such as metabolization, root exudation or compartmentalization, because great amount of the herbicide reaches the roots of the species. *T. procumbens* presented glyphosate concentration similar to the observed in *B. pilosa* in the application leaf.

Keywords: herbicide, susceptibility, radiomarked.

INTRODUÇÃO

O herbicida glyphosate pertence ao grupo químico dos inibidores da síntese de aminoácidos e tem o N-(phosphonomethyl) glycina como ingrediente ativo (Shaner & Bridges, 2003). Após sua absorção pelas plantas, é prontamente translocado, junto com fotossintatos, dos pontos de aplicação situados nas folhas até drenos distantes. Em plantas sensíveis, o glyphosate atua inibindo a atividade da enzima plastídica 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs), responsável pela reação que condensa shiquimato-3-fosfato e fosfoenolpiruvato em 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato (EPSP) e fosfato inorgânico (Pi), na etapa pré-corismato da rota do shiquimato (Shaner & Bridges, 2003). A rota do shiquimato é ausente em animais, mas apresenta fundamental importância no metabolismo de plantas, fungos e bactérias para biossíntese dos aminoácidos aromáticos essenciais fenilalanina, tirosina e triptofano (Hinchee et al., 1993).

Os herbicidas absorvidos precisam ser translocado, pelos tecidos vasculares ou via plasmodesmos, para os sítios-alvo, onde o produto atua (Satichivi et al., 2000). A translocação representa um processo essencial para a eficácia do herbicida (Wanamarta & Penner, 1989).

O herbicida glyphosate, de ação sistêmica, não-seletivo é muito utilizado na atualidade como dessecante de plantas daninhas anuais ou perenes em lavouras destinadas ao sistema de plantio direto ou em pós-emergência em culturas geneticamente Modificadas, como a soja transgênica, milho ou algodão; ele se movimenta no floema, seguindo a rota dos produtos da fotossíntese, das folhas fotossinteticamente ativas (fonte) em direção às partes das plantas em crescimento (dreno), para manutenção do metabolismo e/ou formação de produto de reserva, das raízes, dos tubérculos, das folhas jovens e de zonas meristemáticas (Hetherington et al., 1998). Dessa forma, mudanças na absorção, translocação e metabolismo do herbicida podem afetar a sensibilidade de uma planta, pois este precisa atingir o sítio de ação numa concentração adequada.

Objetivou-se com este trabalho avaliar a capacidade de translocação do herbicida glyphosate em plantas daninhas *Ipomoea nil*, *Tridax procumbens*, *Spermacoce latifolia* e *Bidens pilosa*.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realização deste trabalho, foram cultivadas espécies de plantas daninhas tolerantes (*Ipomoea nil*, *Tridax procumbens* e *Spermacoce latifolia*) e suscetível (*Bidens pilosa*) ao glyphosate em vasos contendo 200 mL de substrato, composto de solo e areia lavada na proporção de 3:1 e adubado. O experimento foi montado no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, em câmara de crescimento com temperatura dia/noite de 25/21 °C, respectivamente, e fotoperíodo de 12 horas. Aos 45 dias após emergência das plantas daninhas, o ¹⁴C-glyphosate foi aplicado em mistura com glyphosate comercial (800 g ha⁻¹) sobre o centro da face adaxial da folha do terceiro nó, com uma microseringa, adicionando-se 10 µL da calda com atividade específica de, aproximadamente 1.400 Bq.

A avaliação da translocação do ¹⁴C-glyphosate nas espécies *I. nil* e *B. pilosa* foi feita em diferentes intervalos de tempo (6, 12, 36, 72 horas após tratamento com o produto) e, nas espécies *T. procumbens* e *S. Latifolia*, foi realizada apenas 72 horas após aplicação dos tratamentos. Ao final de cada período de exposição, as plantas foram coletadas e fracionadas em folha de aplicação, caule, folhas e raízes; em *S. latifolia* foi avaliada também a presença do produto no botão floral. A folha de aplicação foi lavada com 9,0 mL de metanol, para extração do produto não absorvido. Todo o material vegetal foi seco em

estufa a 50°C por 48 horas, para obtenção da massa seca de cada componente. Em seguida, procedeu-se à moagem em "moinho de IG", até uma textura equivalente a 200 mesh. Depois disso, amostras de 100 mg de massa seca de cada componente da planta (folha de aplicação, caule, folhas e raízes) foram adicionadas em frascos de 20 mL, para contagem. Estas foram homogeneizadas com 1 mL de Triton-X-100 por 14 segundos em vortex, adicionando, em seguida, 5 mL de coquetel de cintilação, sendo novamente submetidas à homogeneização. Os frascos assim preparados foram colocados em espectrômetro de cintilação líquida Beckman 6500, com correção automática do "quenching". Os valores da radiação do ^{14}C -glyphosate nas plantas foram convertidos em porcentagem em relação ao total, distribuídos na folha tratada, caule, folhas e raízes. Os resultados foram apresentados em gráficos, utilizando-se médias observadas e desvios-padrão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na espécie corda-de-viola seis horas após aplicação do herbicida (HAT), aproximadamente 66% do produto se encontrava na folha de aplicação e cerca de 17,13 e 5% estavam distribuídos no caule, nas raízes e nas folhas, respectivamente (Figura 1 A). Nesta espécie, considerada tolerante ao produto, a movimentação do glyphosate pode ser considerada rápida, uma vez que após seis horas cerca de 17% do produto presente na planta se encontrava nas raízes. Ferreira et. al. (2006) trabalhando com biótipos de azevém observaram que 2 horas após a aplicação dos tratamentos o glyphosate já estava presente nas raízes dos dois biótipos. O movimento do glyphosate está associado às velocidades de transporte de açúcares no floema, que são elevadas e, em geral, podem variar de 0,3 a 1,5 m h⁻¹ (Taiz & Zeiger, 2004).

Às 12 HAT a concentração do produto na folha de aplicação não sofreu variação; nesta mesma avaliação, esses valores foram maiores nas raízes, com pequena redução no caule e nas folhas (Figura 1 B).

Entretanto, às 36 HAT a concentração do glyphosate na folha de aplicação foi reduzida para aproximadamente 53% com incremento da concentração do herbicida, presente no caule (aproximadamente 25%). Nas raízes, esse valor não variou muito quando comparado com a avaliação das 12 HAT, sendo de 16,34%; pouca quantidade de herbicida, cerca de 5%, estava presente na folha nesta avaliação (Figura 1C).

Na última avaliação, às 72 HAT observou-se incremento na concentração do glyphosate nas raízes, atingindo cerca de 24,8%; no caule esse valor decresceu de 25%, às 36 HAT, para aproximadamente 19% as 72 HAT. Essa variação na concentração de produto presente nas folhas e no caule com o passar do tempo pode estar relacionada à

retranslocação do herbicida para outras partes da planta. Nas folhas, tanto de aplicação como nas demais, ocorreu pequena variação na concentração do produto em relação à avaliação das 36 HAT (Figura 1D). Ferreira et al. (2006), trabalhando com biótipos resistente e suscetível de *Lolium multiflorum*, verificaram que após 64 HAT, aproximadamente 81,64% do total absorvido se encontravam retido na folha onde foi realizada a aplicação do ^{14}C -glyphosate, enquanto no biótipo sensível a retenção foi de 54,66%. Maior retenção de glyphosate na folha de *Lolium rigidum* também foi relatada por Lorraine-Colwill et al. (2003).

Em todos os intervalos de tempo avaliados observou-se grande retenção do produto na folha de aplicação. O glyphosate é um dos poucos herbicidas que transpõem a membrana plasmática por meio de um carregador proteico. Os carregadores de fosfato, contidos na plasmalema, são capazes de se ligar às moléculas desse herbicida e transportá-las para o citoplasma (Dennis & Deltorot, 1993). De modo geral, ocorre grande retenção do glyphosate nas folhas que receberam o tratamento; provavelmente, esse fato se deve à ação do produto, que interrompe o ciclo do carbono no cloroplasto, causando redução na síntese de carboidratos, diminuindo o transporte destes para os drenos e, conseqüentemente, diminuindo o transporte de glyphosate (McAllister & Haberlie, 1985; Satchivi et al., 2000). O movimento do glyphosate está associado aos carboidratos que governam a distribuição do herbicida na planta, pois ocorre maior acúmulo desse herbicida nos ápices e em raízes (McAllister e Haberlie, 1985).

De modo geral, a corda-de-viola (*I. nil*) parece ser bastante eficiente na translocação e distribuição do produto para todas as partes da planta, ocorrendo variação na distribuição durante os intervalos de tempos avaliados. Pode-se constatar que a maior concentração de produto translocado da folha de aplicação se acumula preferencialmente nas raízes e, em segundo lugar, no caule às 72 HAT (Figura 1A, B, C e D). A maior translocação do produto nesta espécie descarta a translocação diferencial^J como um dos mecanismos de tolerância da espécie ao glyphosate; possivelmente o mecanismo de tolerância em *I. nil* esteja relacionado a mecanismos como metabolização, exsudação radicular ou compartimentalização do herbicida. Entretanto, Monquero et al., (2004) trabalhando com tolerância de *Ipomoea grandifolia* ao glyphosate, observaram menor translocação do produto na planta, concluindo que este fato está relacionada à maior tolerância desta espécie ao herbicida. Em erva-quente (*Spermacoce latifolia*), na avaliação realizada às 72 HAT, observou-se também grande concentração do produto na folha de aplicação: aproximadamente 75% (Figura 2A). Aos 45 dias após a emergência, época em que foi realizada a aplicação dos tratamentos, esta espécie

estava em pleno estágio de reprodução, apresentando diversos botões florais, que também foram avaliados. Observou-se grande translocação para os botões florais, cerca de 24% do produto estava presente nestes órgãos às 72 HAT. Nesta espécie pouco produto foi detectado nas folhas, caule e raízes (cerca de 1,1; 0,8 e 2,7% respectivamente). A translocação do produto para todas as partes da planta é requisito essencial para que esta mesma seja controlada, evitando que ocorra rebrota.

Quanto a Erva-touro (*Tridax procumbens*), aproximadamente 90% do produto aplicado permaneceu na folha de aplicação às 72 HAT, neste período, apenas 2% do produto chegou às raízes (Figura 2B). A movimentação bastante reduzida do glyphosate nesta espécie está associada à sua maior tolerância ao produto.

Neste trabalho, picão-preto (*Bidens pilosa*) foi utilizado como padrão suscetível ao glyphosate. Verificou-se que, às 6 HAT, cerca de 85% do produto aplicado permaneceu na folha de aplicação e aproximadamente 5, 6 e 3% translocaram até as raízes, caule e folhas, respectivamente, neste período (Figura 3A, B, C e D). Às 12, 36 e 72 HAT, observou-se movimentação do produto da folha de aplicação para outras partes da planta, nestas avaliações a concentração de produto na folha de aplicação variou de 72 a 75%. O glyphosate foi preferencialmente translocado para as raízes, onde cerca de 20 a 26% do produto foi encontrado; pouca concentração do glyphosate foi observada no caule e nas folhas às 12 HAT (Figura 3A, B, C e D). Esses resultados sugerem que concentrações muito abaixo daquela aplicada em campo são suficientes para promover a morte das espécies sensíveis ao glyphosate, considerando que a ocorrência de chuvas, mesmo quatro horas após a aplicação, não impede a eficiência de controle observada para esse produto (Rodrigues & Almeida, 2005).

Conclui-se que a espécie erva-quente apresentou menor translocação do glyphosate, podendo ser este um dos mecanismos que proporcionam maior tolerância dessa espécie ao herbicida. Convém salientar que na espécie erva-de-touro a grande quantidade do produto encontrado no botão floral deve-se ao fato de as estruturas reprodutivas ser um dreno fortíssimo de fotossintatos. Corda-de-viola apresentou eficiente translocação do produto, até mesmo superior à do picão-preto, espécie sensível ao glyphosate. O mecanismo de resistência, neste caso, pode estar relacionado à metabolização ou exsudação do produto, visto que grande quantidade do produto atinge as raízes nesta espécie.

LITERATURA CITADA

DENIS, M. H.; DELROT, S. Carrier-mediated uptake of glyphosate in broad bean (*Vicia faba*) via a phosphate transporter. **Physiol. Plant**, v. 87, n. 4, p. 569-575, 1993.

FERREIRA, E.A. et ai. Translocação do glyphosate em biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*). **Planta daninha**, v.24, n.2, pp. 365-370, 2006.

HETHERINGTON.P. et ai. The absorption, translocation and distribution of the herbicide glyphosate in maize expressing the CP-4 transgene. J. Exp. **Bot.**, v50, p. 1567-1576, 1998. '

HINCHEE, M.A.W. et ai. Herbicide-tolerant crops. In: KUNG, S.; WU, R. (Eds.). **Transgenic plants**. San Diego: Academic Press, p.243-263,1993.

HOAGLAND, R. E. Effects of glyphosate on metabolism phenolic compounds. **Weed Sei.**, v. 28, p. 393-400, 1980.

LORRAINE-COLWILL, D. F. et ai. Investigations into the mechanism of glyphosate resistance in *Lolium rigidum*. **Pest. Biochem. Physiol.**, v. 74, p. 62-72, 2002.

MALLIK, J.; BARRY, G.; KISHORE, G. The herbicide glyphosate. **Biofactors**, v. 1, p. 17-25, 1989.

MCALLISTER, R.; HABERLIE, LL. Translocation of ^{14}C -glyphosate and $^{14}\text{CO}_2$ -Labeled photoassimilates in canada thistle (*Cirsium arvense*). **Weed Sei.**, v.33, p. 153-159,1985.

MONQUERO, P.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; OSUNA, M.D.; DE PRADO, R.A. et ai. Absorção, translocação e metabolismo do glyphosate por plantas tolerantes e suscetíveis a este herbicida. **Planta Daninha**, v.22, p.445-451, 2004.

RIZZARDI, M. A. et ai. Perdas de rendimento de grãos de soja causadas por interferência de picão-preto e guanxuma. **Ci. Rural**, v. 33, n. 4, p. 621-627, 2003.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 5. ed. Londrina: Grafmarke, 2005. 591 p.

SATICHIVI, N. et ai. Absorption and translocation of glyphosate isopropylamine and trimethylsulfonium salts in *Abutilon theophrasti* and *Setaria faberi*. **Weed Sei.**, v. 48, p. 675-679, 2000.

SHANER, D.; BRIDGES, D. Inhibitors of aromatic amino acid biosynthesis (glyphosate). In: SHANER, D.; BRIDGES, D. **Herbicide action course** West Lafayette: Purdue University, p. 514-529, 2003.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Editores) **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2007. 367p. .

MALLIK, J.; BARRY, G.; KISHORE, G. The herbicide glyphosate. **Biofactors**, v. 1, p. 17-25, 1989.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Artmed, SP: 719p. 2002.

WANAMARTA, G. D.; PENNER, D. Foliar absorption of herbicides. **Weed Sei.**, v. 4, p. 215-231, 1989.

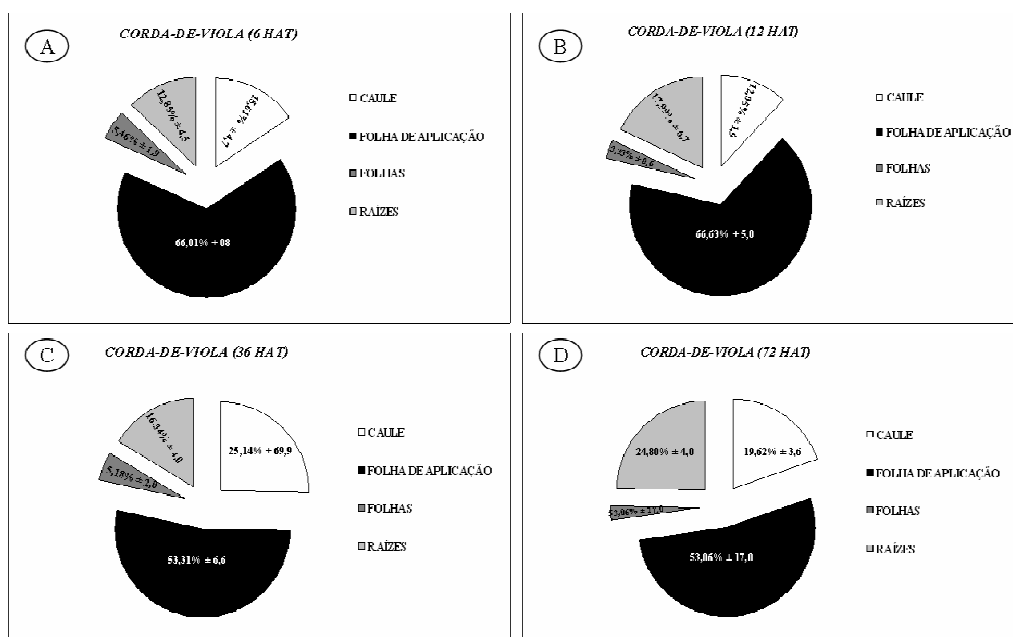


Figura 1. Porcentagem de ^{14}C -glyphosate em corda-de-viola às 6, 12, 36 e 72 HAT.



Figura 2. Porcentagem de ^{14}C -glyphosate presente em erva-de-touro e erva-quente às 72 HAT.

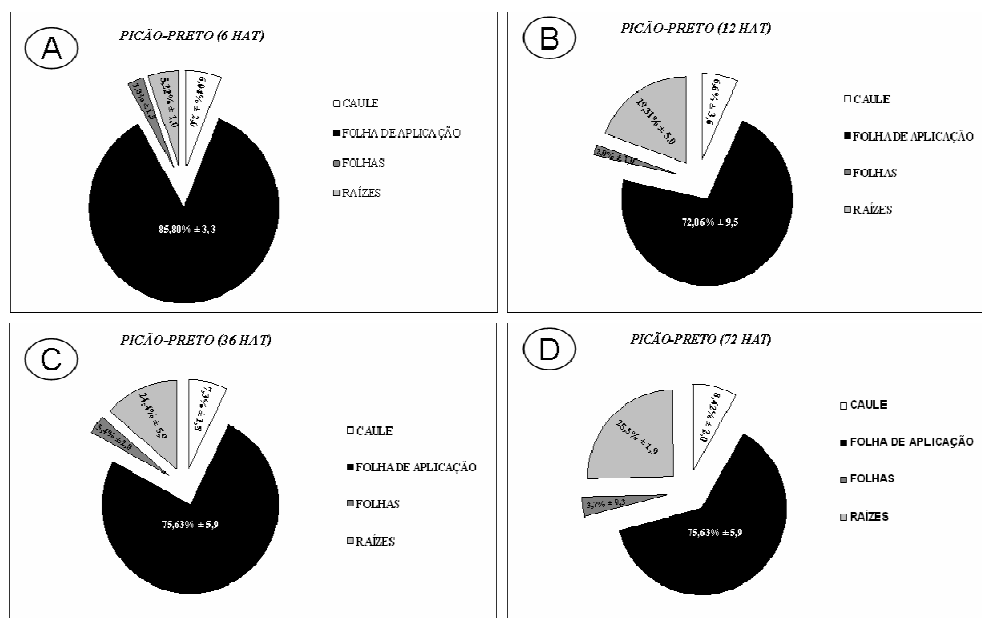


Figura 3. Porcentagem de ^{14}C -glyphosate presente em picão-preto às 6, 12, 36 e 72 HAT.