

Desempenho de Formulações e Doses de Glyphosate em Soja Transgênica

Dirceu Agostinetto¹, Siumar Pedro Tironi², Leandro Galon², Taísa Dal Magro¹

Resumo – A soja é considerada a mais importante oleaginosa do mundo e no Brasil é a principal cultura em área e produção de grãos. Com o objetivo de fornecer subsídios para o manejo de plantas daninhas em soja transgênica, avaliaram-se a seletividade de formulações e doses de glyphosate na cultivar de soja BRS-244 RR e no controle das plantas daninhas *Raphanus raphanistrum* (nabo/nabiça) e *Digitaria* sp. (capim-colchão/milhã). O experimento foi conduzido a campo em delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial, comparando-se formulações (Roundup Ready® ou Transorb® - sais de isopropilamina ou, WG® - sal de amônio) e doses (720, 1080, 1440 g ha⁻¹) do herbicida glyphosate e duas testemunhas (capinada e infestada). As variáveis avaliadas foram fitotoxicidade à cultura, aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), controle das plantas daninhas nabo e capim colchão, aos 14, 21 e 28 DAT e produtividade de grãos da cultura. Todas as formulações e doses de glyphosate apresentam seletividade a cultivar de soja, não modificam a produtividade de grãos e demonstram eficácia no controle das plantas daninhas nabo e capim colchão.

Palavras-chave: Controle químico; manejo; soja RR.

Glyphosate Formulations and Doses Performance in Transgenic Soybean

Abstract – Soybean is considered the most important oleaginous in the world and the main crop in terms of area and grain production in Brazil. In order to provide subsidies for weed management in transgenic soybean. We evaluated the selectivity of glyphosate formulations and doses to BRS-244 soybean variety as well as our the control of *Raphanus raphanistrum* (wild radish) and *Digitaria* sp. (crabgrass).. The field trial was conducted in the Agricultural Center of Palma at UFPel (Federal University of Pelotas), in summery of growth season 2005/06. The trial was conducted in a completely randomized block design with four replicates. The treatments were arranged in a factorial design comparing formulations (Roundup Ready® or Transorb® - isopropilamina salts or, WG® - ammonium salt) and dosis (720, 1080, 1440 g a.i. ha⁻¹) of herbicide glyphosate as well as (weeded and infested control). We evaluated crop injury at 7, 14 and 21 days after application of treatments (DAT), wild radish and crabgrass control at 14, 21 and 28 DAT, and crop grain yield. All glyphosate formulations and dosis showed selectivity to the soybean variety causing no changes in yield and showing high efficacy for wild radish and crabgrass control.

Keywords: Chemical control; management; RR soybean.

INTRODUÇÃO

A soja é considerada a mais importante oleaginosa do mundo, empregada para consumo animal e na alimentação humana, com consumo *in natura* ou em produtos derivados. No Brasil, a soja é a principal cultura em área e produção de grãos, situando o país como o segundo maior produtor mundial e primeiro país exportador, constituindo-se em importante fonte de renda para os produtores e de formação divisas para o país. Na última década, a produtividade média de soja no Rio Grande do Sul (RS) foi de 1.728 kg ha⁻¹, valor 29% inferior à média nacional (Conab 2006), o que em parte decorre dos elevados níveis de infestação por plantas daninhas.

Nos últimos anos, impulsionada pelo valor econômico e pela importância na rotação de culturas com espécies poaceas, a cultura da soja tem expandido em áreas cultivadas na Região Sul do Estado do Rio Grande do Sul. Entretanto, para que seja assegurado o espaço que vem conquistando é necessário que a cultura se estabeleça como economicamente viável e auxilie na melhoria das características químicas e conservação do solo e, também no manejo das plantas daninhas infestantes destas culturas. As plantas daninhas podem ocasionar limitações significativas na produtividade da cultura da soja, sendo superiores a 30% na ausência de controle (Fleck 1996; Rizzardi et al. 2003), podendo chegar a 92,5% em áreas de alta infestação (Silva et al., 2009).

Recebido e aceito

¹ Universidade Federal de Pelotas - UFPel, Caixa postal 354, 96010-900, Capão do Leão-RS, E-mail: agostinetto@ig.com.br.

² Universidade Federal de Viçosa - UFV, Av. P. H. Rolfs, s/n, CEP 36571-000, Viçosa-MG. E-mails: siumar.tironi@gmail.com.

O uso de herbicidas para o controle de plantas daninhas constitui-se na atualidade como método mais eficiente e, especialmente em grandes áreas, o mais econômico. No cultivo de soja transgênica não é diferente, embora seja utilizado apenas o glyphosate (Gazziero et al. 2006). O cultivo de soja geneticamente modificada, resistente ao herbicida glyphosate, permite o controle seletivo em pós-emergência das plantas daninhas infestantes da cultura. Porém, existe a possibilidade de ocorrência de mudanças em conceitos e atitudes, mas a essência do manejo integrado deve ser preservada, sob pena de serem colocados em risco os avanços obtidos (Gazziero 2001).

O ingrediente ativo glyphosate é a molécula herbicida de maior participação no mercado mundial na atualidade, com mais de 150 marcas comerciais, vendidas em mais de 119 países (Hartzler, 2008). No entanto, todas elas apresentam o mesmo mecanismo de ação, caracterizado pela inibição da enzima enol-piruvil-shiquimato-fosfato-sintase (EPSPs), independente dos sais utilizados na formulação dos produtos comerciais. No Brasil, o herbicida é formulado como sal potássico, sal de isopropilamina e sal de amônio (Rodrigues & Almeida 2005).

Na última década, os herbicidas formulados a base de glyphosate tem ganhado expressão e importância, em virtude do crescimento na área semeada com culturas resistentes à molécula, e também por ser um herbicida sistêmico e de amplo espectro de controle de plantas daninhas, podendo ser aplicado em baixos volumes de calda se comparado a herbicidas convencionais (Rodrigues & Almeida 2005). Este que apresenta elevada eficiência no controle das plantas daninhas não comprometendo a produtividade da cultura (Petter et al. 2007).

A resposta é variável conforme o cultivar de soja transgênica e a formulação de glyphosate aplicada sobre a cultura, com maiores injúrias observadas nos tratamentos com sal de isopropilamina na formulação comercial Roundup Transorb[®], comparativamente com Roundup Ready[®], porém este último apresentou maior redução da concentração de alguns micronutrientes nos tecidos folhares da soja (Santos et al., 2007a). Pesquisas apontam que os sais de isopropilamina e potássico apresentam comportamento muito similar na absorção e translocação pela cultura da soja resistente (Santos et al., 2007b).

Na soja transgênica o glyphosate pode ser utilizado em aplicações únicas ou sequenciais, em doses e épocas que irão variar conforme as espécies e populações de plantas daninhas presentes na lavoura e também da tecnologia de aplicação do produtor.

Apesar de existirem diversas marcas comerciais de glyphosate registradas no Brasil, somente Roundup Ready[®] - sal de isopropilamina tem registro para aplicação na soja geneticamente modificada. No entanto, há necessidade de estudos relacionados a possíveis efeitos fitotóxicos de outros produtos comercializados a base de glyphosate, já que outras formulações do herbicida poderão ser aplicadas e ocasionar injúrias à cultura e conseqüentemente perdas de produtividade de grãos. O objetivo desse estudo foi avaliar os efeitos de formulações e doses de glyphosate na seletividade à cultura da soja e no controle de plantas daninhas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, no Centro Agropecuário da Palma (CAP/UFPel), localizado no município de Capão do Leão-RS, na estação de crescimento 2005/06, em solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo, pertencente à unidade de mapeamento Pelotas, de textura franco-arenosa (Embrapa 2006). Os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial, onde o fator A testou formulações de glyphosate (Roundup Ready[®] ou Transorb[®] - sais de isopropilamina ou WG[®] - sal de amônio) e o fator B comparou doses dos herbicidas (720, 1080, 1440 g e. a. ha⁻¹).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, onde cada unidade experimental ocupou área de 10 m² (2,0 x 5,0 m). A cultivar de soja utilizada foi a BRS-244 RR, semeada em sistema de semeadura direta, com espaçamento entre linhas de 0,4 m e densidade de 40 sementes viáveis m⁻². Para adubação de base utilizou-se 360 kg ha⁻¹ de adubo NPK, da fórmula 05-20-20. As demais práticas de manejo, como o controle de doenças e de insetos-pragas foram realizadas, respectivamente pela aplicação de fungicida (tebuconazole – 1 L ha⁻¹ do

produto comercial Folicur[®]) e de inseticida (metamidafós – 0,75 L ha⁻¹ do produto comercial Tamaron BR[®]), seguindo-se as indicações técnicas para a cultura (Reunião... 2005).

Para a aplicação dos herbicidas utilizou-se pulverizador costal de precisão, pressurizado a CO₂ com pressão de 254 KPa, equipado com barra contendo quatro pontas de pulverização (XR TeeJet[®]) da série 110.02, possibilitando a aplicação de 150 L ha⁻¹ de calda herbicida. Os tratamentos herbicidas foram aplicados aos 15 dias após a emergência da cultura (DAE), ocasião que esta se encontrava em estágio de dois a quatro trifólios. Já, as plantas daninhas, predominantes na área, *Raphanus raphanistrum* (nabo), em população média de 149 plantas m⁻² e *Digitaria* spp. (capim-colchão), com população de 33 plantas m⁻², encontravam-se em estágio de 4 a 6 folhas e 3 folhas a 2 afilhos, respectivamente.

As variáveis avaliadas foram fitotoxicidade à cultura, aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), controle das plantas daninhas nabo e capim-colchão, aos 14, 21 e 28 DAT e produtividade de grãos da cultura. As avaliações de controle das plantas daninhas e de fitotoxicidade da cultura foram realizadas visualmente, utilizando-se escala percentual, onde zero (0%) correspondeu a nenhum efeito fitotóxico a cultura ou controle de plantas daninhas e cem (100%) referiu-se à morte da cultura ou das plantas daninhas. Para a quantificação da produtividade, colheu-se a área central de cada unidade experimental (3,6 m²). Após pesagem dos grãos, foi determinada sua umidade e posteriormente, os pesos foram uniformizados para teor de 13% de umidade.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e os efeitos dos fatores foram comparados pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade (SAS, 1989).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados demonstram que a fitotoxicidade de glyphosate a cultivar de soja BRS-244 RR foi baixa, já nas primeiras épocas de avaliação, independente de formulações ou doses do herbicida (Tabela 1). Aos 21 DAT, não se verificou quaisquer efeitos fitotóxicos à cultura. A aplicação de glyphosate causou amarelecimento e descoloração das folhas de soja entre o primeiro e segundo dia após a aplicação, sendo que às injúrias diminuíram com o passar do tempo, com total recuperação das plantas aos 14 dias após a segunda aplicação do herbicida. Em função dos efeitos ocasionados pelo glyphosate sobre as plantas tratadas ocorrer de maneira gradual, em que em algumas situações pode ultrapassar a 3 semanas, observou-se nesse trabalho que após os 14 dias da aplicação do produto não houve injúrias a soja, principalmente em variedades transgênicas que tem demonstrado baixa fitotoxicidade ao herbicida. Resultado semelhante ao deste experimento para a variável em estudo foi também encontrado por Reddy & Zablatowing, (2003). Outros estudos, utilizando diferentes formulações de glyphosate, constataram que as plantas afetadas recuperam-se após alguns dias independentemente da formulação usada e que a produtividade de grãos é similar às aquelas com aplicação da formulação sal de isopropilamina, a qual é registrada para a cultura (Grey & Raymer 2002; Correia & Durigan, 2007). Em outro trabalho, o glyphosate causou clorose mais acentuada nas folhas, quando aplicado no estágio reprodutivo R₁ da soja, o que foi intensificado com o aumento das doses utilizadas, todavia, os sintomas permaneceram restritos às folhas que receberam o produto, sendo que as novas não apresentaram injúrias (Krausz & Young, 2001).

A produtividade de grãos da cultura não foi afetada pelo herbicida glyphosate, independente da formulação ou dose, comparativamente a testemunha capinada (Tabela 1). Em média, os tratamentos com aplicação do herbicida glyphosate apresentaram maior produtividade de grãos na ordem de 24%, em relação à testemunha infestada, devido principalmente à diminuição da competição interespecífica. O controle das plantas daninhas em soja é uma prática de manejo obrigatória, pois essas competem com a cultura por água, luz, nutrientes, CO₂ e espaço, ocasionando perdas elevadas da produtividade de grãos, podendo mesmo chegar 100%, caso haja alta infestação, limitados recursos no ambiente e se nenhum método de controle for adotado. Porém muitos trabalhos têm demonstrado que o uso de glyphosate para o controle de plantas daninhas em soja transgênica não interferiram na produtividade de grãos da cultura da soja, independentemente

da formulação do produto utilizada (Krausz & Young, 2001; Reddy & Zablatowing, 2003 e Correia & Durigan, 2007). No entanto, Silva et al. (2007a) observaram menor produtividade de grãos em tratamentos com aplicação de um sal de isopropilamina (Roundup Transorb[®]), resultados atribuído pelas injúrias associadas e maior desequilíbrio da simbiose com rizóbios fixadores de nitrogênio.

Tabela 1. Fitotoxicidade de formulações e doses de glyphosate e produtividade de grãos da cultura da soja RR. CAP/UFPel, Capão do Leão/RS, 2005/06

Tratamentos	Dose (g e.a.ha ⁻¹)	Fitotoxicidade (%)			Produtividade (kg ha ⁻¹)
		7 DAT ¹	14 DAT	21 DAT	
Testemunha infestada	...	0,0 c ²	0,0 b	0,0 ^{ns}	1749 b
Testemunha capinada	...	0,0 c	0,0 b	0,0	1976 ab
Roundup Ready [®]	720	0,8 bc	0,0 b	0,0	2307 a
Roundup Ready [®]	1080	1,8 ab	0,3 b	0,0	2153 ab
Roundup Ready [®]	1440	1,5 abc	0,5 b	0,0	2124 ab
Roundup Transorb [®]	720	0,0 c	0,0 b	0,0	2076 ab
Roundup Transorb [®]	1080	1,5 abc	0,3 b	0,0	2251 a
Roundup Transorb [®]	1440	3,0 a	1,8 a	0,0	2061 ab
Roundup WG [®]	720	0,3 bc	0,0 b	0,0	2101 ab
Roundup WG [®]	1080	0,8 bc	0,0 b	0,0	2195 a
Roundup WG [®]	1440	1,8 ab	0,5 b	0,0	2274 a
CV (%)		9,27	9,9	0,0	11,0

¹ Dias após a aplicação dos tratamentos; ² Médias com letras idênticas na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo.

O controle das plantas daninhas nabo e capim-colchão, em geral, não diferiram da testemunha capinada, em todas as formulações ou doses dos herbicidas testados (Tabelas 2 e 3). O controle observado para ambas as plantas daninhas, em todas as épocas de avaliação, foi superior a 96%, índice considerado eficiente (Reunião... 2005). Essas espécies daninhas são muito suscetíveis ao glyphosate. Deste modo, obtém-se elevados índices de controle das mesmas independentemente da formulação do herbicida aplicada, porém são espécies que se não controladas no período crítico (período compreendido entre os 14 aos 30 dias após a emergência da soja) podem causar perdas na produtividade de grãos da cultura, principalmente na Região Sul do Brasil. Corroborando com os resultados, controles de plantas daninhas na cultura da soja transgênica, superior a 92% utilizando diferentes formulações e doses do herbicida glyphosate, foram observados por outros pesquisadores (Grey & Raymer 2002; Reddy & Zablotowicz 2003; Petter et al. 2007).

Tabela 2. Efeito de formulações e doses de glyphosate no controle de *Raphanus raphanistrum* (nabo) na cultura da soja RR. CAP/UFPeL, Capão do Leão/RS, 2005/06

Tratamentos	Dose (g e.a.ha ⁻¹)	Controle (%)		
		14 DAT ¹	21 DAT	28 DAT
Testemunha infestada	...	0,0 c ²	0,0 b	0,0 c
Testemunha capinada	...	100,0 a	100,0 a	100,0 a
Roundup Ready [®]	720	99,0 b	98,0 a	97,7 ab
Roundup Ready [®]	1080	99,8 ab	99,0 a	97,3 b
Roundup Ready [®]	1440	99,3 ab	98,8 a	96,5 b
Roundup Transorb [®]	720	99,5 ab	98,5 a	97,3 b
Roundup Transorb [®]	1080	99,3 ab	98,3 a	98,0 ab
Roundup Transorb [®]	1440	100,0 a	98,5 a	98,0 ab
Roundup WG [®]	720	99,0 b	99,0 a	98,0 ab
Roundup WG [®]	1080	99,3 ab	99,0 a	98,0 ab
Roundup WG [®]	1440	99,5 ab	98,0 a	98,0 ab
CV (%)		0,64	1,50	1,75

¹ Dias após a aplicação dos tratamentos; ² Médias com letras idênticas na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Efeito de formulações e doses de glyphosate no controle de *Digitaria* spp. (capim-colchão) na cultura da soja RR. CAP/UFPeL, Capão do Leão/RS, 2005/06

Tratamentos	Dose (g e.a.ha ⁻¹)	Controle (%)		
		14 DAT ¹	21 DAT	28 DAT
Testemunha infestada	...	0,0 b ²	0,0 b	0,0 b
Testemunha capinada	...	100,0 a	100,0 a	100,0 a
Roundup Ready [®]	720	99,8 a	99,0 a	99,7 a
Roundup Ready [®]	1080	100,0 a	100,0 a	99,0 a
Roundup Ready [®]	1440	100,0 a	99,8 a	98,5 a
Roundup Transorb [®]	720	100,0 a	99,5 a	98,3 a
Roundup Transorb [®]	1080	99,8 a	99,0 a	98,8 a
Roundup Transorb [®]	1440	100,0 a	100,0 a	100,0 a
Roundup WG [®]	720	99,5 a	99,5 a	99,0 a
Roundup WG [®]	1080	99,8 a	99,8 a	99,0 a
Roundup WG [®]	1440	100,0 a	99,5 a	98,3 a
CV (%)		0,42	0,98	1,38

¹ Dias após a aplicação dos tratamentos; ² Médias com letras idênticas na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

CONCLUSÃO

Nas condições edafoclimáticas em que foi realizada a pesquisa o herbicida glyphosate nas diferentes formulações e doses testadas é seletivo a cultivar de soja BRS-244 RR, não interferindo na produtividade de grãos da cultura. O herbicida glyphosate controlou eficientemente as plantas daninhas nabo e capim-colchão.

REFERÊNCIAS

- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Levantamento: área, produção e produtividade da cultura da soja**. 2006. Disponível na Internet. <http://www.conab.gov.br>. Acesso em 28 nov. 2007.
- CORREIA, N.M.; DURIGAN, J.C. Seletividade de diferentes herbicidas à base de glyphosate a soja RR. **Planta Daninha**, v.25, p.375-379, 2007.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.
- FLECK, N.G. Interferência de papuã (*Brachiaria plantaginea*) com soja e ganho de produtividade obtido através de seu controle. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.2, p.63-68, 1996.
- GAZZIERO, D.L.P. MACIEL, C.D.G.; SOUZA, R.T.; VELINI, E.D.; PRETE, C.E.C.; OLIVEIRA NETO, W. Deposição de glyphosate aplicado para controle de plantas daninhas em soja transgênica. **Planta Daninha**, v.24, p.173-181, 2006.
- GAZZIERO, D.L.P. **As plantas daninhas e a semeadura direta**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 59 p. (Circular Técnica 33).
- GREY, T.L.; RAYMER, P. Sicklegod (*Senna obtusifolia*) and red Morningglory (*Ipomoea cocinea*) control in glyphosate-resistant soybean with narrow rows and postemergence herbicide mixtures. **Weed Technology**, v.16, p.669-674, 2002.
- HARTZLER, B. *Which glyphosate product is best?*. 2008. Disponível em: <<http://www.weeds.iastate.edu/glyphosateformulations>>. Acesso em 05 set. 2008.
- KRAUSZ, R.F.; YOUNG, B.G. Response of glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*) to trimethylsulfonium and isopropylamine salts of glyphosate. **Weed Technology**, v.15, p.745-749, 2001.
- PETTER, F.A. PROCÓPIO, S.O.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BARROSO, A.L.L.; PACHECO, L.P. Manejo de herbicidas na cultura da soja Roundup Ready. **Planta Daninha**, v.25, p.557-566, 2007.
- REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL (33:2005: Passo Fundo). **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2005/2006**. Passo Fundo; Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2005. 157p.
- RIZZARDI, M. A. FLECK, N.G.; MUNDSTOCK, C.M.; BIANCHI, M.A. Perdas de rendimento de grãos de soja causadas por interferência de picão-preto e guanxuma. **Ciência Rural**, v.33, p.621-627, 2003.
- REDDY, N.K.; ZABLOTOWICZ, R.M. Glyphosate-resistant soybean response to various salts of glyphosate and glyphosate accumulation in soybean nodules. **Weed Science**, v.51, p.496-502, 2003.
- RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 5.ed., Londrina, 2005, 592p.
- SANTOS, J.B.; FERREIRA, E.A.; OLIVEIRA, J.A.; SILVA, A.A.; FIALHO, C.M.T. Feito de formulações na absorção e translocação do glyphosate em soja transgênica. **Planta Daninha**, v.25, p.381-388, 2007a.

SANTOS, J.B.; FERREIRA, E.A.; REIS, M.R.; SILVA, A.A.; FIALHO, C.M.T.; FREITA, M.A.M. Avaliação de formulações de glyphosate sobre soja roundup ready. **Planta Daninha**, v.25, p.165-171, 2007b.

SILVA, A.F. et al. Período anterior à interferência na cultura da soja-RR em condições de baixa, média e alta infestação. **Planta daninha**, v.27, p.57-66, 2009.