

EFEITO DO GLIFOSATE SOBRE A NODULAÇÃO DA SOJA cv. BRS-Valiosa RR*

EFFECT OF GLYPHOSATE ON GLYPHOSATE-RESISTENT SOYBEAN NODULATION

FRANCO, D.A.S.¹; ALMEIDA, S.D.B.¹; MOURA, M.A.M.¹; GAZZIERO, D.L.P.²; SOARES, R.M.²; CERDEIRA, A.L.³; MATALLO, M.B.¹.

¹Instituto Biológico, CEP 13092-543, Campinas, SP; ²Embrapa Soja, Caixa Postal 231, CEP 86001-970 Londrina-PR; ³Embrapa Meio Ambiente, Caixa Postal 69 CEP 13820-000, Jaguariúna, SP; e-mail: franco@biologico.sp.gov.br

Resumo

A soja resistente ao glifosate (RR) é uma tecnologia que vem acrescentar mais uma ferramenta ao manejo de plantas daninhas para essa cultura, que possui a maior área plantada no país. Estudos buscando informações para o uso correto da soja transgênica na região de Campinas/SP são importantes devido ao uso cada vez mais freqüente desta prática agrícola em todo o Estado e no Brasil. O objetivo deste trabalho foi avaliar esta tecnologia na nodulação da soja cv. Valiosa RR em condições de casa de vegetação. Os tratamentos utilizados foram aplicações isoladas de Roundup Ready a 1,5, 2,0 e 3,0 L.ha⁻¹; aplicações seqüenciais de Roundup Ready a 1,5/1,5; 2,0/1,5 e 2,0/1,5/1,5 L.ha⁻¹, além de uma testemunha absoluta. O número e as biomassas fresca e seca dos nódulos foram determinados nos estádios R₃ e R₅. Apesar de terem sido observadas reduções em alguns dos parâmetros avaliados, estas foram não significativas.

Palavras-chave: *Glycine max*, planta geneticamente modificada, glifosate, nodulação.

Introdução

A fixação biológica do nitrogênio atmosférico na soja é realizada pela simbiose com bactérias da espécie *Bradyrhizobium japonicum*, *Bradyrhizobium elkanii* ou ambas (Hungria et al., 1999). Os nódulos radiculares, centros de fixação, assimilação e exportação do nitrogênio fixado, são formados após as bactérias entrarem em contato e penetrarem nas raízes da planta hospedeira, via células radiculares pilosas ou outras células epidérmicas. Avanços na biotecnologia resultaram na criação de variedades de soja resistentes ao glifosate (RR), proporcionando o uso na cultura do herbicida glifosate com reconhecida eficácia e amplo espectro de controle de plantas daninhas. Essa tecnologia rapidamente ganhou espaço entre os sojicultores, necessitando de estudos voltados aos efeitos de fitotoxicidade nas plantas de soja, bem como do impacto dessa técnica sobre a fixação simbiótica de nitrogênio na soja, que pode ser prejudicada como já observado em outras culturas (Royuela et al., 1998; Santos et al., 2004). A sensibilidade do *Bradyrhizobium* spp. ao glifosate é influenciada pela concentração do herbicida e pela estirpe da bactéria (King et al., 2001; Santos et al., 2004). Há indicações de que o glifosate pode provocar intoxicação em estirpes de rizóbios e prejuízo à nodulação da soja (King et al., 2001). No entanto, a maioria dessas evidências tem sido descrita a partir de ensaios em que as estirpes são colocadas diretamente em contato com o herbicida. Oliveira Jr et al. (2008) demonstraram que em 20 cultivares de soja RR os efeitos do glifosate são dependentes de fatores como variedade, grupo de maturação, época de aplicação e dose. Também, observaram que o número de nódulos e a matéria seca dos nódulos tiveram efeito evidente do material genético, sendo que o grupo de cultivares BRS apresentou melhor desempenho de nodulação em relação aos demais após a aplicação de glifosate. Deste modo, a presente pesquisa visa avaliar o impacto do glifosate na nodulação da soja em condições de casa de vegetação.

Material e Métodos

O ensaio foi instalado em casa de vegetação do Laboratório da Ciência das Plantas Daninhas, do Centro Experimental Central do Instituto Biológico, Campinas/SP, no ano de 2008. O solo utilizado foi corrigido com calcário dolomítico de acordo com a análise química (pH: 5,5; P: 4,6 mg.dm⁻³; K: 0,12; Ca: 1,1; Mg: 0,2; Al: 0,4; H: 3,8; CTC: 5,6 mmolc.dm⁻³; V%: 25,2). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com sete tratamentos e oito repetições. Cada unidade experimental foi composta por um vaso de cinco



MERCOSOJA 2009

litros de capacidade, semeado com cinco sementes e, 12 dias após a semeadura foi realizado desbaste deixando uma planta por vaso. A cultivar de soja geneticamente modificada utilizada foi a BRS-Valiosa RR, recomendada para o Estado de São Paulo. As sementes foram previamente inoculadas com o inoculante Biomax® Premium Turfa Soja (*Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii*) de acordo com as recomendações do fabricante. Os tratamentos utilizados foram os recomendados por Lacerda et al. (2007), com modificações, constituídos por Roundup Ready aplicado uma única vez e isoladamente (1,5; 2,0 e 3,0 L.ha⁻¹) e seqüencialmente (1,5/1,5; 2,0/1,5; 2,0/1,5/1,5 L.ha⁻¹), além da testemunha absoluta (Tabela 1). Nas seqüenciais o intervalo entre as aplicações foi de 15 dias. As aplicações iniciais dos tratamentos foram realizadas no estágio fenológico V₂ de desenvolvimento da soja (Fehr & Caviness, 1971) aos 15 dias após a emergência (DAE) e 21 dias após a semeadura. Nas aplicações utilizou-se pulverizador costal de pressão constante (CO₂), com barra equipada com um bico com ponta tipo leque (110° - SF- 02), posicionada na altura de 50 cm da superfície do solo e com volume relativo de calda de 200 L.ha⁻¹. As avaliações foram realizadas nos estádios fenológicos R₃ (55 dias após o tratamento - DAT) e R₅ (85 DAT). Os parâmetros avaliados foram o número de nódulos por planta (NN), massa fresca (MF) e seca (MS) dos nódulos. Os dados foram analisados estatisticamente por meio da análise da variância ao nível de 5% de probabilidade utilizando-se o programa Statgraph®.

Resultados e Discussão

O número médio de nódulos por planta nos estádios R₃ e R₅ no tratamento testemunha apresentou um comportamento crescente com 55,7 e 67,2 nódulos/planta, respectivamente. O NN no estágio fenológico R₃ foi afetado negativamente pelos tratamentos com dose única de glifosate de 1,5 e 2,0 L.ha⁻¹, com redução de 25,1 e 4,9%, respectivamente (Tabela 2). Também houve redução de 20,2% no NN na aplicação seqüencial de 2,0/1,5 L.ha⁻¹ de Roundup Ready. Por outro lado, as aplicações seqüenciais de 1,5/1,5 e 2,0/1,5/1,5 L.ha⁻¹ desse herbicida além da dose única de 3,0 L.ha⁻¹, apresentaram um ligeiro aumento no NN de 16,1; 22,4 e 6,7%, respectivamente. Apesar das diferenças observadas, todos os valores de F foram não significativos (Tabela 1), logo nenhum tratamento com glifosate afetou estatisticamente os parâmetros avaliados, com 95% de confiança.

Estes efeitos inconsistentes do glifosate no NN, no estágio R₃, podem estar relacionados à época de aplicação do produto, sua dose e ao estágio mais avançado de crescimento das plantas nas aplicações seqüenciais. O glifosate, por apresentar ação sistêmica nas plantas, pode translocar-se até as raízes e provocar efeitos deletérios à simbiose, sem, contudo, apresentar fitotoxicidade na parte aérea das plantas. Esse herbicida e seus metabólitos podem, portanto, entrar em contato direto com os simbiotes da raiz (Dvoranen et al., 2008).

O número de nódulos por planta no estágio fenológico R₅, teve aumento em relação à testemunha em todos os tratamentos, exceto, na aplicação da dose única de 3,0 L.ha⁻¹ (Tabela 2). O aumento no NN variou de 4,5 a 18,6% naquelas aplicações, o que pode ser atribuído a uma recuperação da nodulação das plantas ao longo do tempo, efeito este não observado para a aplicação única de 3,0 L.ha⁻¹, observando-se um decréscimo de 5,6%. Este tratamento foi o único em que se observou diminuição do NN entre a primeira e a segunda avaliação (Tabela 1). Assim como no caso anterior nenhum tratamento afetou significativamente NN, MF e MS. A redução não significativa de 2,7 nódulos/planta neste tratamento pode estar relacionada à maior dose empregada (efeito direto), bem como aos efeitos tardios de metabólitos do glifosate devido a sua degradação no interior das plantas neste período. As matérias fresca e seca dos nódulos, em ambos os estádios fenológicos avaliados (Tabela 1) apresentaram tendências normais esperadas conforme redução ou aumento no NN. Verifica-se na Tabela 2 que no estágio R₅ ocorreu redução não significativa na MS apenas na aplicação seqüencial de 2,0/1,5 L.ha⁻¹ de glyphosate. Os demais tratamentos apresentaram aumento da MS de 16,6 a 50,4%.

De acordo com os resultados obtidos pode-se concluir que na aplicação de glifosate na cultura da soja RR apesar de afetar inicialmente a simbiose, ocorre uma recuperação das plantas 100 dias após a emergência, sem serem observadas diferenças significativas nos parâmetros NN, MS e MF. Em condições de casa de vegetação, o uso do herbicida glifosate não produziu efeitos deletérios no resultado da simbiose para a fixação do nitrogênio nas plantas de soja RR.

Tabela 1. Efeito de Roundup Ready na nodulação da soja BRS-Valiosa RR cultivada em casa de vegetação. Campinas, 2008.

Tratamento	Dose (p.c. L.ha ⁻¹)	Estádio R ₃			Estádio R ₅		
		NN	MF (g)	MS (g)	NN	MF (g)	MS (g)
1. Roundup Ready	1,5	41,8	0,08	0,07	72,3	0,44	0,19
2. Roundup Ready	2,0	53,0	0,10	0,09	71,0	0,28	0,15
3. Roundup Ready	1,5/1,5	64,8	0,12	0,11	79,8	0,29	0,17
4. Roundup Ready	2,0/1,5	44,5	0,09	0,08	70,3	0,12	0,11
5. Roundup Ready	2,0/1,5/1,5	68,3	0,18	0,12	79,8	0,20	0,18
6. Roundup Ready	3,0	59,5	0,13	0,10	56,8	0,19	0,15
7. Testemunha	---	55,8	0,11	0,10	67,3	0,15	0,13
		ANOVA (resumo)					
F		1,83	0,82	0,54	0,25	0,82	0,51
CV (%)		29,03	59,60	44,83	38,91	86,05	53,14

Tabela 2. Variação porcentual dos parâmetros NN, MF e MS na soja BRS-Valiosa RR em casa de vegetação. Campinas, 2008.

Tratamento	Dose (p.c. L.ha ⁻¹)	Estádio R ₃			Estádio R ₅		
		NN %	MF %	MS %	NN %	MF %	MS %
1. Roundup Ready	1,5	- 25,1	- 25,6	- 26,9	7,4	200,5	50,4
2. Roundup Ready	2,0	- 4,9	- 6,8	- 12,6	5,6	93,1	16,6
3. Roundup Ready	1,5/1,5	16,1	14,3	9,1	18,6	100,0	29,0
4. Roundup Ready	2,0/1,5	- 20,2	- 18,7	- 20,6	4,5	- 16,3	- 17,8
5. Roundup Ready	2,0/1,5/1,5	22,4	66,4	20,5	18,6	40,4	41,8
6. Roundup Ready	3,0	6,7	19,0	- 0,1	- 5,6	34,2	20,1
7. Testemunha	---	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Referências

- DVORANEN, E.C.; OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; CAVALIERI, S.D.; BLAINSKI, E. Nodulação e crescimento de variedades de soja RR sob aplicação de glifosate, fluazifop-p-butyl e fomesafen. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 3, p. 619-625, 2008.
- FEHR, W. R., CAVINESS, C. E. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Sci.**, v. 11, n. 6, p. 929-931, 1971.
- 2920-2925, 1999.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; VARGAS, M.A.T.; CATTELAN, A.J.; MENDES, I.C. Microbiologia do solo e produtividade da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1., 1999, Londrina. Anais... Londrina: Embrapa, 1999. p. 126-137.
- KING, C. A.; PURCELL, L. C.; VORIES, E. D. Plant growth and nitrogenase activity of glifosate-tolerant soybean in response to foliar glifosate applications. **Agron. J.**, v. 93, n. 1, p. 176-186, 2001.
- LACERDA, A. L. S.; FRANCO, D. A. S.; MATALLO, M. B.; HONMA, L. O. Estratégias de manejo químico de *Bidens pilosa* (L.) e *Euphorbia heterophylla* (L.) em soja geneticamente modificada. In: I SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLIFOSATE, 2007, Botucatu. Trabalhos Científicos do I Simpósio Internacional sobre Glifosate. Botucatu: Gráfica e Editora Diagrama, 2007. p. 227-229.
- OLIVEIRA JR., R.S.; DVORANEN, E.C.; CONSTANTIN, J.; CAVALIERI, S.D.; FRANCHINI, L.H.M.; RIOS, F.A.; BLAINSKI, E. Influência do glifosate sobre a nodulação e o crescimento de cultivares de soja resistente ao glifosate. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 4, p. 831-843, 2008.
- ROYUELA, M.; GONZALEZ, A.; ARESSE-IGOR, C.; APARICIO-TEJO, P.M.; GONZALEZ-MURUA, C. Imazethapyr inhibition of acetolactate synthase in *Rhizobium* and its symbiosis with pea. **Pestic. Sci.**, v. 52, n. 4, p. 372-380, 1998.
- SANTOS, J. B.; JACQUES, R.J.S.; PROCÓPIO, S.O.; KASUYA, M.C.M.; SILVA, A.A.; SANTOS, E.A. Efeitos de diferentes formulações comerciais de glyphosate sobre estirpes de *Bradyrhizobium*. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 293-299, 2004.

* Projeto desenvolvido com recursos da FAPESP. Processo nº 2007/00899-2.