

FLUXO GÊNICO EM SOJA NA REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS

SOYBEAN GENE FLOW IN THE SOUTH REGION OF MINAS GERAIS STATE, BRAZIL

Ernani Clarete da SILVA¹; Gabriel Mascarenhas MACIEL²

1. Professor, Doutor, Universidade de Alfenas, Alfenas, MG, Brasil. clarsil@bol.com.br; 2. Doutorando, Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar a taxa de fluxo gênico entre soja GM (RR) e convencional, no município de Alfenas, no Sul de Minas Gerais. O experimento foi instalado no Setor de Olericultura e Experimentação da Universidade José do Rosário Vellano - UNIFENAS, no período de outubro de 2004 a novembro de 2005. Foram utilizadas duas cultivares de soja (*Glycine max*): uma tradicional [MG/BR 46 (Conquista)], não tolerante ao herbicida *glyphosate* e outra (BRS Valiosa) resistentes à molécula de *glyphosate*. A área experimental foi delimitada por plantio em círculos concêntricos com raios de 1, 2, 3, 4 m para a cultivar não - transgênica e 5 m para a cultivar transgênica. Plantas retiradas ao acaso de ambas as populações receberam uma aplicação de *glyphosate*, veiculado pelo produto comercial Roundup, na dose de 1,0 L.ha⁻¹ quando alcançaram o estágio V3, com o objetivo de certificação da resistência ao herbicida. O fluxo gênico em soja RR acontece a taxas baixas (máximo de 0,25%) nas condições de Alfenas - MG. Entretanto, indica um potencial de contaminação em material não - transgênico em plantios muito próximos.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine Max*. Organismo geneticamente modificado. Taxa de fecundação cruzada. Escape gênico.

INTRODUÇÃO

Atualmente, a soja (*Glycine max*) está entre as principais commodities agrícola do Brasil. O País é o segundo maior produtor mundial de soja, e o incremento da área cultivada com essa leguminosa vem crescendo a cada ano, com conseqüente aumento de produção (CISOJA, 2009). Na safra de 2008/2009, foram cultivados 21,65 milhões de hectares, com produção de 57,14 milhões de toneladas e uma produtividade média de 2.639 kg ha⁻¹ (CONAB, 2009). Nos últimos dez anos, observou-se o aumento do cultivo de plantas transgênicas (MIYAMOTO, 2007). A área mundial de plantas geneticamente modificadas é estimada em 80 milhões de hectares, com destaque especial para a soja com resistência ao herbicida *glifosate* (soja RR - *Roundup Ready*), que é a cultura transgênica mais explorada mundialmente, respondendo aproximadamente por 61% da área global. Na seqüência vem o milho Bt (milho transgênico, contendo genes do *Bacillus thuringiensis*), o algodão Bt e a canola resistente a herbicidas (ROESSING; LAZZAROTTO, 2005).

O controle das plantas daninhas na cultura da soja é realizado por métodos de controle químico com herbicidas. Em geral, são utilizados diferentes tipos de herbicidas para se obter um controle efetivo de plantas daninhas em um cultivo comercial da soja (CUNHA et al., 2005).

Um dos produtos com ação herbicida mais utilizado no mundo é o *glyphosate*, princípio ativo do

herbicida Roundup da Monsanto. O *glyphosate* vem sendo extensivamente utilizado em várias culturas desde 1975. O mecanismo de ação do *glyphosate* consiste em inibir a síntese de aminoácidos aromáticos (triptofano, fenilalanina e tirosina) essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas. A inibição ocorre na via metabólica de redução do carbono fotossintético, onde o *glyphosate* liga-se a enzima EPSP-sintase, impedindo a enzima de reagir com seu substrato e, conseqüentemente, bloqueando a síntese dos aminoácidos aromáticos (KRUSE et al., 2000).

Pelo fato dos herbicidas serem um item de alto custo na produção, os produtores de soja têm buscado como alternativa a utilização da soja resistente ao *glyphosate* na tentativa de viabilizar a cultura. Para a obtenção da soja resistente ao *glyphosate* foi isolado da cepa CP4 de uma bactéria comumente encontrada no solo (*Agrobacterium tumefaciens*), o gene que codifica a enzima EPSP-sintase que não é afetada pelo *glyphosate*. A transgenia foi realizada através do processo de biobalística, introduzindo o gene da enzima EPSP-sintase da bactéria CP-4 em uma cultivar comercial de soja, originando a soja Roundup Ready (KRUSE et al., 2000). Esse gene, na soja Roundup Ready, codifica uma forma da mesma enzima ativa, porém tolerante ao *glyphosate* e a expressão desse gene resulta em uma planta tolerante ao herbicida.

A soja é uma espécie autógama e a cleistogamia é responsável pela baixa taxa de alogamia nesta espécie. Todavia, podem ocorrer

alguns cruzamentos naturais, sendo as abelhas e os “trips” os principais agentes (SEDIYAMA et al., 2001). A taxa de cruzamentos naturais em soja é baixa, raramente ultrapassando 1%. Sedyama et al. (2001) encontraram percentagens de hibridação natural de 0,09 e 1,3% para fileiras adjacentes de plantas e para plantas cultivadas em contato uma com a outra, respectivamente, nas condições de Viçosa - MG. Para a localidade de Capinópolis - MG, a taxa foi de 0,9% para fileiras adjacentes de plantas.

Nos Estados Unidos, Ahrent e Caviness (1994) investigaram a taxa de alogamia em diversos genótipos de soja e concluíram que a taxa de fecundação cruzada pode atingir até 2,5 % entre variedades quando cultivada a céu aberto. Um dos receios dos ambientalistas, em relação às cultivares GM, é de que elas possam chegar a áreas protegidas, tais como reservas ecológicas ou parques nacionais, e se tornar invasoras. Resultados de dez anos de observação e monitoramento de cultivares de canola, milho, beterraba e batata, em relação ao seu comportamento invasivo, demonstraram que nenhuma das cultivares, GM ou convencionais, cresceu de forma abundante em nenhum local. Pelo contrário, após o primeiro ano todas declinaram em consequência de algum tipo de competição (CRAWLEY et al., 2001). Embora esses resultados não possam isentar completamente a possibilidade de uma planta GM se tornar invasora, indicam que as plantas cultivadas têm pouca probabilidade de sobreviver fora de seu ambiente de cultivo, especialmente em ambientes de competição. Outro receio, em relação às cultivares GM, é a possibilidade de os transgenes escaparem dessas cultivares e invadirem o genoma de populações silvestres, e assim, desequilibrarem o meio ambiente (BORÉM, 2001). No caso da soja, a possibilidade de fluxo gênico para outras espécies pode ser considerada nula, por não haver parentes silvestres no Brasil (BORÉM; MIRANDA, 2005).

A única possibilidade de fluxo gênico, em soja, seria para outras lavouras de soja cultivada. Agricultores que cultivam soja convencional, destinada ao mercado certificado desse produto, têm manifestado a preocupação de que o aumento da área de cultivo de soja GM possa contaminar suas plantações, através do fluxo de pólen proveniente dessas lavouras. O fluxo gênico entre culturas GM e convencional foi estudado recentemente para diversas culturas, tais como a soja (ABUD et al., 2003), algodão (SHEN et al., 2001) e batata (CONNER; DALE, 1996). No Brasil, o fluxo gênico em soja vem sendo estudado há mais de três décadas (SEDIYAMA et al., 1970; VERNETTI et al., 1972),

porém o fluxo gênico especificamente com cultivares portadoras do gene RR ainda é pouco conhecido. Ressalta-se ainda que a entomofauna regional pode influenciar de forma positiva ou negativa na transferência de pólen entre plantas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a taxa de fluxo gênico entre soja RR e convencional, no Município de Alfenas, no Sul de Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no município de Alfenas - MG (849,2 m de altitude, 21° 25'45" de latitude e longitude de 45°56'50 W) no Setor de Olericultura e Experimentação da Universidade José do Rosário Vellano - UNIFENAS, no período de outubro de 2004 a novembro de 2005.

Foram utilizadas duas cultivares de soja (*Glicine max*): uma cultivar tradicional [MG/BR 46 (Conquista)], não tolerante ao *glyphosate* e outra cultivar (BRS Valiosa), resistente à molécula de *glyphosate*. A área experimental foi delineada com base em Beri et al. (1985) da seguinte maneira: plantio em círculos concêntricos com raios de 1, 2, 3 e 4 m para a cultivar não - transgênica e 5 m para a cultivar transgênica (Figura 1).

Cada experimento, conforme descrito na Figura 1, foi repetido três vezes na área experimental. As sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium* e açúcar a 10%, sendo semeadas logo em seguida na densidade recomendada para a cultura. Os tratos culturais foram feitos de acordo com o indicado para a cultura, tomando-se o cuidado de não aplicar nenhum tipo de fungicida e inseticida durante o ciclo.

Quinze plantas retiradas ao acaso de ambas as populações receberam uma aplicação de *glyphosate*, veiculado pelo produto comercial Roundup na dose de 1,0 L.ha⁽⁻¹⁾ quando alcançaram o estágio V3. Este procedimento teve o objetivo de certificar a resistência do material ao herbicida. Após maturação, as sementes de cada planta de cada círculo interno, ocupado com a variedade de soja Conquista (não - transgênica) foram colhidas separadamente. Em seguida, essas sementes foram pesadas e o número por círculo foi avaliado com base no peso de 100 sementes. Após este procedimento, todas as sementes respectivas a cada círculo foram semeadas em canteiros individualizados, sendo antes avaliadas quanto à percentagem de germinação. Quando as plantas alcançaram o estágio V3 foram novamente pulverizadas com o herbicida Roundup. Inspeções periódicas foram feitas com o objetivo de quantificar as plantas resistentes ao herbicida,

supostamente receptoras do gene RR, o qual confere resistência ao *glyphosate*, herdado por fecundação cruzada natural da soja transgênica RR. As plantas resistentes foram novamente pulverizadas com o herbicida para certificação de sua resistência, sendo

as remanescentes mantidas até a colheita de suas sementes. As sementes destas plantas (híbridas) foram semeadas em canteiros, sendo repetido o mesmo procedimento de aplicação do herbicida.

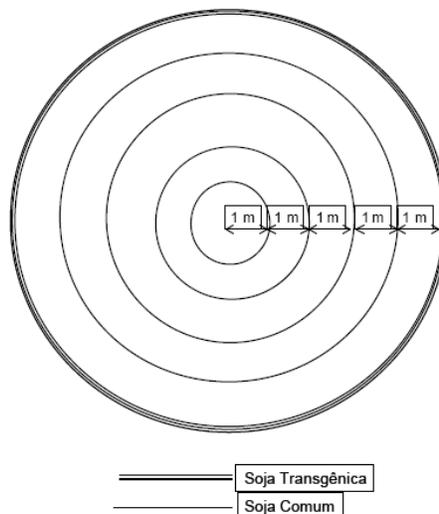


Figura 1. Esquema ilustrativo referente à distribuição das plantas em círculos concêntricos das duas cultivares de soja, espaçadas por 1,0 m de distância entre cada círculo. Alfenas-MG, safra 2004/2005.

A estimativa da taxa de contaminação foi feita calculando-se a porcentagem de plantas resistentes ao *glyphosate* presentes na população de plantas de soja da cultivar Conquista (não – transgênica).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A porcentagem de plantas contaminadas variou de 0,09% a 0,25% (Tabela 1) indicando ser muito baixa a taxa de fecundação cruzada. Entretanto, esta taxa foi verificada apenas nos dois círculos mais próximos à soja transgênica,

indicando uma relação entre distância e alogamia. Estes dados são inferiores aos dados encontrados por Sedyama et al. (1970). Estes autores observaram porcentagens de hibridação natural de 0,09 e 1,3% para fileiras adjacentes de plantas e para plantas cultivadas em contato uma com a outra, respectivamente, nas condições de Viçosa - MG. Para a localidade de Capinópolis - MG, a taxa foi de 0,9% para fileiras adjacentes de plantas. Observa-se na Tabela 1 que, para fileiras adjacentes a 1,0 metro, encontrou - se 0,025% $\pm 0,002$ de hibridação natural com manifestação do gene RR e, a 2,0 metros, com 0,01% $\pm 0,001$.

Tabela 1. Porcentagem de plantas de soja (*Glycine max*) resistentes ao *glyphosate*. Alfenas-MG, safra 2004/2005.

Arranjo das plantas nos círculos concêntricos *	Número de plantas avaliadas nas três repetições		
	Não resistente ao <i>glyphosate</i>	Resistente ao <i>glyphosate</i>	Plantas Resistentes ao <i>glyphosate</i> (%)
Interno (4 m)	12139	0,00	0,00
Intermediário (3 m)	28335	0,00	0,00
Intermediário (2 m)	40100	4	0,01 $\pm 0,001$
Externo (1 m)	55135	14	0,025 $\pm 0,002$

* *Interno (4 m)*: referente à distância do primeiro círculo interno (soja não-transgênica) até o último círculo (soja transgênica); *Intermediário (3 m)*: referente à distância do segundo círculo interno (soja não-transgênica) até o último círculo (soja transgênica); *Intermediário (2 m)*: referente à distância do terceiro círculo interno (soja não-transgênica) até o último círculo (soja transgênica); *Externo (1m)*: referente à distância do círculo mais próximo do último círculo (soja transgênica).

Uma das preocupações com o avanço do cultivo de soja transgênica entre as diversas regiões no Brasil, incluindo recentemente a região do sul de Minas Gerais, é a ocorrência do fluxo gênico em soja. Segundo Nodari e Destro (2009), na maioria dos casos onde houveram contaminações, foi verificado que a cultivar de soja transgênica resistente ao herbicida Roundup estava sendo cultivada lado a lado ou a poucos metros de distância de variedades convencionais. Questões referentes à biossegurança têm sido discutidas, incluindo o fluxo gênico via pólen (ROGERS; PARKES, 1995; LLEWELLYN; FITT, 1996; RAY et al., 2003).

A soja é uma planta de autofecundação (AHRENT; CAVINESS, 1994). A polinização ocorre quando o estigma está receptivo e as anteras deiscentes liberam o pólen, antes da abertura das flores. A polinização cruzada em soja está em torno de 1% (SEDIYAMA et al., 1970; VERNETTI et al., 1972; POEHLMAN, 1987; BORÉM, 1999). Ahrent e Caviness (1994) demonstraram que a frequência de polinização cruzada pode chegar a 2,5% em algumas cultivares. Insetos, especialmente da ordem

Hymenoptera, podem atuar como polinizadores (BEARD; KNOWEES, 1971; ERICKSON et al., 1978).

No presente trabalho, na época do florescimento foi verificado a visita de abelhas de algumas espécies sem, portanto, serem identificadas as espécies. Por outro lado, não foi verificada uma perfeita sincronia entre a floração das duas cultivares. A cultivar de soja transgênica (BRS Valiosa) apresentou -se mais tardia em relação à cultivar de soja não - transgênica (Conquista), não deixando, todavia, de haver um tempo relativamente longo de florescimento sincronizado entre as duas.

CONCLUSÃO

O fluxo gênico em soja acontece a taxas baixas nas condições de Alfenas, localizada no sul de Minas Gerais. Entretanto, indica um potencial de contaminação, em material não - transgênico, em plantios muito próximos de material de soja transgênica RR ou de outros tipos de soja transgênica que vierem a ser liberados no Brasil.

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the rate of gene flow between GM (RR) and conventional soybeans, in the city of Alfenas, in the south region of Minas Gerais State, Brazil. The work was carried out in the Horticultural Section and Experimentation of the University José do Rosário Vellano - UNIFENAS, in the period of October of 2004 through November of 2005. It were been used two cultivars of soybeans (*Glycine max*): one traditional cultivar [MG/BR 46 (Conquista)], not tolerant to the *glyphosate*, and other cultivar (BRS Valiosa) resistant to the molecule from *glyphosate*. The experimental area was delineated by sowing in concentric circles with rays of 1, 2, 3, 4 m for the plant of the cultivar not genetically modified (Conquista) and 5 m for the plants of the cultivar genetically modified. Plants removed of both the populations had received an application from *glyphosate*, by the the applications of the commercial product Roundup, in the dosis of 1.0 L.ha⁻¹ when they had reached the V3 stadium, with the objective of certification of the resistance to the herbicide. The RR gene flow in soybeans occurs at low taxes (maximum of 0.25%) in the conditions of Alfenas - MG, Brazil. However, these fact indicates a potential of contamination in soybeans plants not genetically modified growing near the RR plants.

KEYWORDS: *Glycine max*. Genetically modified organism. Cross-pollinating rate. Gene escape.

REFERÊNCIAS

- ABUD, S.; SOUZA, P. I. M.; MOREIRA, C. T.; ANDRADE, S. R. M.; ULBRICH, A. V.; VIANNA, G. R.; RECH, E. L.; ARAGÃO, F. J. L. Dispersão de pólen em soja transgênica na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 1229-1235, 2003.
- AHRENT, D. K.; CAVINESS, C. E. Natural cross-pollination of twelve soybean cultivars in Arkansas. **Crop Science**, Madison, v. 34, n. 2, p. 376-378, 1994.
- BEARD, B. H.; KNOWEES, P. F. Frequency of cross-pollination of soybeans after irradiation. **Crop Science**, Madison, v. 11, n. 4, p. 489-492, 1971
- BERI, S. M.; SOHOO, M. S.; SHARMA, H. L. Estimates of natural cross pollination in Egyptian clover. **Euphytica**, v. 34, p. 147-151, 1985.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 5.ed. Viçosa: UFV, 2005. 525p.

BORÉM, A. **Escape gênico & transgênicos**. Viçosa: UFV, 2001. 206p.

BORÉM, A. Escape gênico: os riscos do escape gênico da soja no Brasil. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, v. 5, n. 10, p. 101-107, 1999

CENTRO DE INTELIGÊNCIA DA SOJA (CISOJA). Disponível em:
<http://www.cisoja.com.br/index.php?p=noticia&idN=5859> Acesso em: 19 junho. 2009.

CONAB. **Soja - Brasil**: série histórica de área plantada, safras 1976/ 77 a 2006/07 em mil hectares. Brasília, 2006. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra2/SojaSerieHist.xls>. Acesso em: 20 set. 2008.

CONNER, A. J.; DALE, P. J. Reconsideration of pollen dispersal data from field trials of transgenic potatoes. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 92, p. 505-508, 1996.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. 9º Levantamento de Safra. Disponível em:
<<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 19 jun. 2009.

CRAWLEY, M. J.; BROWN, S. L.; HAILS, R. S.; KOHN, D. D.; REES, M. Transgenic crop in natural habitats. **Nature**, v. 409, p. 682-683, 2001.

CUNHA, C. S. M.; TILLMANN, M. A.; VILLELA, F. A.; DODE, L. B.; BALERINI, F. Comparação de métodos na detecção de sementes de soja geneticamente modificada resistente ao glifosato. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 1, p. 167-175, junho 2005.

ERICKSON, E. H.; BERGER, G. A.; SHANNON, J. G.; ROBBINS, J. M. Honey bee pollination increases soybean yields in the Mississippi Delta region of Arkansas and Missouri. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 71, n. 4, p. 601-603, 1978.

KRUSE, N. D.; TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A. Herbicidas inibidores da EPSPS. **Revista Brasileira de Herbicidas**. Brasília, v.1, n.2, p.139-146, 2000.

NODARI, R. O.; DESTRO, D. Relatório sobre a situação de lavouras de soja da região de palmeira das missões, RS, safra 2001/2002, cultivadas com cultivares convencionais e com cultivares transgênicas. Disponível em <www.greenpeace.com.br>. Acessado em: 21/10/2005

LLEWELLYN, D.; FITT, G. Pollen dispersal from two field trials of transgenic cotton in the Namoi Valley, Australia. **Molecular Breeding**, Dordrecht, v. 2, n. 2, p. 157-166, 1996.

MIYAMOTO, Y. Estimativa da área com soja transgênica no Brasil. **Gazeta OnLine**, 2007. Disponível em:
<<http://www.caminhosdocampo.ondarpc.com.br>>. Acesso em: 19 jun. 2009.

Nodari, R. O.; Destro, D. Relatório sobre a situação de lavouras de soja da região de palmeira das missões, rs, safra 2001/2002, cultivadas com cultivares

convencionais e com cultivares transgênicas. In <http://www.agirazul.com.br/123/noticias/000000a3.htm>
Acesso em: jun. 2009

POEHLMAN, J. M. **Breeding field crops**. 3 ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1987. 724p.

RAY, J. D.; KILEN, T. C.; ABEL, C. A.; PARIS, R. L. Soybean natural cross-pollination rates under field conditions. **Environmental Biosafety Research**, Versailles, v. 2, n. 2, p. 133-138, 2003.

ROGERS, H. J.; PARKES, H. C. Transgenic plants and the environment. **Journal of Experimental Botany**, London, v. 46, n. 286, p. 467-488, 1995.

ROESSING, A. C.; LAZZAROTTO, J. J. Soja transgênica no Brasil: situação atual e perspectivas para os próximos anos. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 2005, Londrina, PR. **Resumos...** Londrina: Embrapa, 2005. 578 p.

SEDIYAMA, T.; TEIXERA, R. C.; REIS, M. S. **Melhoramento da soja**. In: BORÉM, A. Melhoramento de plantas. 3ª. ed. Viçosa: UFV, 2001. p. 487- 530.

SEDIYAMA, T.; CARDOSO, A. A.; VIEIRA, C.; ANDRADE, D. Taxa de hibridação natural em soja, em Viçosa e em Capinópolis, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 2, n. 17, p. 329-331, 1970.

SHEN, F. F.; YU, Y. J.; ZHANG, X.K.; BI, J. J.; YIN, C. Y. Bt gene flow of transgenic cotton. **Acta Genetica Sinica**, v. 28, p. 562-567, 2001.

VERNETTI, F. J.; BONATTO, E. R.; TERASAWA, F.; GASTAL, M. F. Observações sobre a taxa de cruzamentos naturais em soja, em Pelotas e Sertão, RS e Ponta Grossa, PR. **Ciência e Cultura**, Campinas, v. 1, p. 36-41, 1972.