

RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE SOJA AO HERBICIDA GLYPHOSATE¹

Resistance of Soybean Genotypes to Glyphosate

MATSUO, E.², SEDIYAMA, T.³, CRUZ, C.D.⁴, SILVA, A.A.⁵, OLIVEIRA, R.C.T.⁶, NOGUEIRA, A.P.O.⁷
e TANCREDI, F.D.⁸

RESUMO - Avaliou-se a resistência de dez genótipos de soja (*Glycine max*) ao herbicida glyphosate. Foi adotado o esquema fatorial 10 x 4, no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. O fator A foi composto por dez genótipos de soja, e o B, por quatro doses de glyphosate. A aplicação do herbicida foi realizada no momento em que as plantas de soja apresentavam a segunda folha trifoliolada completamente desenvolvida. Avaliaram-se os caracteres: intoxicação das plantas, número de nós da haste principal, altura das plantas e massa seca das plantas. Na avaliação da intoxicação de plantas, tanto aos quatro dias após a aplicação (DAA) do herbicida quanto aos 28 DAA, os genótipos convencionais apresentaram médias superiores estatisticamente em comparação com genótipos resistentes ao glyphosate (RR). Verificou-se que, nas avaliações realizadas ao 0 DAA ou aos 28 DAA sob 0,0 g e.a. ha⁻¹, as respostas dos genótipos foram diferentes em todos os caracteres avaliados, com exceção do número de nós aos 28 DAA. Essas diferenças podem ser atribuídas aos efeitos fisiológicos e ambientais ou a características do próprio material. Nas demais doses, os genótipos RR comportaram-se de maneira desejável em detrimento dos genótipos convencionais. Ao considerar todos os caracteres avaliados, pode-se afirmar que Valiosa RR, BCR945G110, BCR945G114, BCR892G132, BCR892G140, BCR1067G210, BCR1070G244 e M-SOY 8008RR comportaram-se de forma semelhante quanto à resistência ao glyphosate quando submetidos até a dose de 2.160 g e.a. ha⁻¹.

Palavras-chave: *Glycine max*, melhoramento de plantas, soja transgênica, doses.

ABSTRACT - Resistance of ten soybean genotypes (*Glycine max*) to the herbicide glyphosate was evaluated. The randomized block experimental design was used under factorial scheme 10 x 4 and four replicates. Factor A was composed of 10 soybean genotypes and factor B of four glyphosate doses. The herbicide was applied when the second trifoliolate leaf of the soybean plants was completely developed. The following characters were evaluated: plant intoxication, number of nodes at the main stem, plant height and dry mass. When evaluating plant intoxication either at four days after application (DAA) of the herbicide and at 28 DAA, the conventional genotypes showed statistically higher averages, compared to the glyphosate-resistant genotypes (RR). In evaluations accomplished at 0 DAA or at 28 DAA under 0.0 g e.a. ha⁻¹, the genotype responses were different for all characters under evaluation, except for the number of nodes at 28 DAA. These differences were attributed to the physiological and environmental effects or to the characteristics of the material itself. At other doses, the behavior of the RR genotypes was superior to that of the conventional ones. Taking into account all characters under evaluation, it can be stated that Valiosa RR, BCR945G110, BCR945G114, BCR892G132, BCR892G140, BCR1067G210, BCR1070G244 and M-SOY 8008RR behaved similarly for glyphosate resistance when subjected to doses up to 2.160 g e.a. ha⁻¹.

Keywords: *Glycine max*, plant breeding, transgenic soybean, doses.

¹ Recebido para publicação em 4.12.2008 e na forma revisada em 11.12.2009.

² Eng^o-Agr^o, Mestrando em Genética e Melhoramento do Dep. de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa – DFT/UFV, 36570-000 Viçosa-MG, Bolsista CNPq, <matsuoeder@yahoo.com.br>; ³ Eng^o-Agr^o, Ph.D., Professor Titular, DFT/UFV, Bolsista CNPq; ⁴ Eng^o-Agr^o, D.Sc., Professor Titular do Dep. de Biologia Geral – DBG/UFV, Bolsista CNPq; ⁵ Eng^o-Agr^o, D.Sc., Professor Adjunto, DFT/UFV, Bolsista CNPq; ⁶ Econ. Dom., M.Sc., Pesquisadora Campo Experimental Bacuri, 36570-000 Viçosa-MG; ⁷ Eng^o-Agr^o, Doutoranda em Genética e Melhoramento, DFT/UFV, Bolsista CNPq; ⁸ Eng^o-Agr^o, D.Sc., Pós-Doutorado, DFT/UFV.



INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max*) é uma das mais importantes no Brasil, com área cultivada de 21,3 milhões hectares e produção de 60,1 milhões toneladas na última safra agrícola. A produtividade média brasileira é de 2.821,00 kg ha⁻¹ (Conab, 2008). Com soja transgênica, na safra 2003/2004, cultivou-se uma área de 3,0 milhões de hectares, porém no ano agrícola seguinte (2004/2005) triplicou-se a área cultivada com a leguminosa no Brasil (James, 2004, 2005).

O surgimento da soja resistente ao herbicida glyphosate provocou mudanças marcantes no manejo das plantas daninhas nessa cultura. Antes do advento dessa tecnologia eram utilizados muitos herbicidas pertencentes a vários ingredientes ativos, tanto em aplicações isoladas quanto em misturas formuladas. Contudo, com a soja transgênica, usa-se na atualidade somente o ingrediente ativo glyphosate, salvo nos locais onde há problemas de plantas daninhas tolerantes ou resistentes a esse princípio ativo, tornando-se necessário outros métodos de controle ou mesmo mistura de herbicidas (Embrapa, 2008).

O herbicida glyphosate (N-(fosfonometil) glicina) é sistêmico, não seletivo e com mecanismo de ação que atua inibindo a enzima EPSPs na rota de síntese dos aminoácidos aromáticos (Shaner & Bridges, 2003; Rodrigues & Almeida, 2005). Na soja resistente esse processo não ocorre, em função da insensibilidade da enzima *Enol Piruvil Shiquimato Fosfato Sintase* (EPSPs) (Borém & Santos, 2002). Cerca de 50% do glyphosate comercializado no Brasil é utilizado para o controle de plantas daninhas na soja transgênica (Ferreira et al., 2006). O uso desse herbicida em pós-emergência na cultura de soja RR necessita de informações sobre espécie, densidade e distribuição das plantas daninhas presentes na área, características morfofisiológicas das plantas daninhas, condições edafoclimáticas no momento da aplicação, estágio de desenvolvimento da cultura/espécies daninhas e também sobre a dose a ser aplicada (Embrapa, 2008).

O glyphosate pode ser aplicado em pós-emergência no controle de plantas daninhas mono e dicotiledôneas, em aplicações únicas ou

sequenciais, com exceção das espécies tolerantes ou resistentes ao herbicida (Embrapa, 2006). Entretanto, essa variação pode ocorrer em função das condições específicas de cada área, como nível de infestação e espécie de plantas daninhas presentes na lavoura, e das características edafoclimáticas da região. Segundo Peter et al. (2007), a utilização de glyphosate se intensificou ainda mais nas lavouras brasileiras, a ponto de ele ser aplicado até quatro vezes por ano.

A soja geneticamente modificada apresenta alguns benefícios, como: eficiência de controle e flexibilidade de manejo em pós-emergência, dispensa da aplicação de herbicida em pré-emergência, facilidade de adoção da semeadura direta, melhor aproveitamento da área de cultivo, com aumento da produtividade em razão do melhor controle de plantas daninhas, produção mais homogênea e estável, além de ser uma tecnologia de menor custo (Siqueira et al., 2004; Menegatti & Barros, 2007).

Segundo Marochi (2002), alguns cultivares de soja resistente ao glyphosate podem apresentar leve clorose nos trifólios jovens quando submetidos à dose de 2.400 g e.a. ha⁻¹. Um dos principais fatores relacionados com a eficiência fotossintética das plantas e, conseqüentemente, com o crescimento e adaptabilidade a diferentes ambientes é a energia luminosa (Engel & Poggianni, 1991). Esta é captada, principalmente, pela clorofila e utilizada no processo de fotossíntese (Hopkins, 1999). A análise do crescimento pode ser realizada com base na quantificação da matéria seca, que é considerada uma importante ferramenta para estudar o comportamento de diferentes materiais genéticos; a maioria dos processos fisiológicos que afetam o rendimento de uma cultura está relacionada com esse caráter (Benicasa, 2003). A restrição de fotoassimilados pode afetar o crescimento da planta e refletir em menor estatura e menor número de nós (Mundstock & Thomas, 2005).

A soja apresenta alguns caracteres morfológicos e anatômicos (distribuição de vasos condutores, número de nós, quantidade de ramificações) e caracteres fisiológicos (taxa fotossintética e respiração de crescimento) que corroboram o aumento da produtividade (Mundstock & Thomas, 2005).



Objetivou-se com este trabalho avaliar a resistência de genótipos de soja a diferentes doses do glyphosate, visando disponibilizá-los no mercado como novas opções aos produtores de soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em casa de vegetação e nos laboratórios de Pesquisa de Sementes de Soja e de Melhoramento de Soja do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG. Foi adotado o esquema fatorial 10 x 4, no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. O fator A foi composto por dez genótipos de soja (P98C81, Valiosa RR, BCR945G110, BCR945G114, BCR892G132, BCR892G140, BCR1067G210, BCR1070G244, M-SOY 8008RR e DM 309 – provenientes de diferentes programas de melhoramento genético de soja), e o fator B, por quatro doses de glyphosate (0,0, 720, 1.440 e 2.160 g e.a. ha⁻¹). Os genótipos Valiosa RR e M-SOY 8008RR são cultivares de soja resistente ao glyphosate (RR). Os genótipos P98C81 e DM 309 são cultivares convencionais. Os demais utilizados no experimento são todos linhagens de soja RR.

Cada unidade experimental foi constituída por duas plantas de soja cultivadas em vaso com volume de 3,0 decímetros cúbicos, contendo substrato, composto de três partes de solo para uma de matéria orgânica. Quando as plantas de soja apresentavam a segunda folha trifoliolada completamente desenvolvida (estádio V3 da escala de Fehr & Caviness, 1977), aplicou-se o glyphosate (Roundup Original®), nas doses de 0,0, 720, 1.440 e 2.160 g e.a. ha⁻¹, sobre os genótipos de soja. Para isso, foi utilizado um pulverizador costal pressurizado com CO₂, munido de uma barra contendo dois bicos da série TT 110.02, espaçados de 0,5 m, operando a uma pressão constante de 30 Lb pol², o que proporcionou a vazão de 150 L ha⁻¹ de calda herbicida. No momento da aplicação foi registrada temperatura de 23 °C, umidade relativa do ar de 85% e velocidade do vento próxima de zero. Durante a condução do experimento manteve-se a umidade do substrato ideal para o crescimento da soja por meio de uma a duas irrigações diárias, com temperatura mínima variando

entre 16 e 23 °C e a máxima de 30 a 43 °C no interior da casa de vegetação. As demais práticas de manejo foram realizadas de acordo com as recomendações técnicas para a cultura da soja. A fim de suprir a deficiência de manganês nas plantas de soja, realizou-se a fertilização foliar de todas as plantas aos 23 e 36 dias após emergência da cultura com o produto Equilíbrio Mn® na dose de 2,0 L ha⁻¹.

As avaliações dos sintomas de intoxicação dos genótipos da soja pelo glyphosate foram realizadas aos 4, 8, 12, 16, 20, 24 e 28 dias após aplicação do herbicida (DAA), atribuindo-se notas que variaram de zero (sem sintomas) a 100% (morte da planta), de acordo com a escala modificada da EWRC (1964). As avaliações de número de nós da haste principal e altura da planta foram realizadas aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA. Por ocasião da colheita do experimento, as plantas de soja foram seccionadas rente ao solo e secas em estufas com circulação forçada de ar à temperatura de 70°C até peso constante, determinando-se a seguir, em balança de precisão, a massa seca da parte aérea das plantas.

Para fins de análise estatística, foram considerados os resultados de avaliações da intoxicação referentes aos 4 e 28 DAA, da altura de planta e número de nós aos 0 e 28 DAA e da avaliação do peso da matéria seca.

Todos os dados obtidos, com exceção das avaliações de intoxicação correspondente à dose de 0,0 g e.a. ha⁻¹, foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Quando a interação genótipos x doses foi significativa, os genótipos foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, realizando-se o desdobramento dos fatores. Todavia, a não significância da interação implicou comparação das médias dos genótipos, desconsiderando as informações de dose. Para avaliação da influência das doses, foi utilizado o procedimento de regressão polinomial conjunta e realizado o teste de identidade de modelo, utilizando 5% e 20% de probabilidade para escolha do melhor modelo estatístico e para rejeitar a hipótese de similaridade entre os modelos estatísticos, respectivamente. Quanto à análise de regressão polinomial do caráter intoxicação, foi considerada a informação da dose que correspondia a 0,0 g e.a. ha⁻¹, na qual o grau de liberdade foi ajustado caso a relação



maior QMR dividido pelo menor QMR fosse maior que 7. O dendrograma foi obtido pelo método UPGMA (método da ligação média entre grupos), baseado na distância euclidiana média padronizada, e a determinação do número de grupos foi feita com base em Mojena (1977). Nas análises estatísticas foi utilizado o aplicativo computacional em genética e estatística: Programa GENES (Cruz, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o teste de comparação entre médias, realizou-se a análise de variância dos dados referentes a intoxicação, altura de planta, número de nós e matéria seca. Foram utilizados os dados de 720, 1.440 e 2.160 g e.a. ha⁻¹ para a intoxicação das plantas, enquanto para os demais caracteres foram utilizadas as quatro doses (Tabela 1).

A quinta avaliação (28 DAA) da altura de planta, do número de nós e também da massa seca mostrou interação genótipos x doses significativa pelo teste F. Desse modo, os fatores atuaram de forma dependente. Os valores de coeficientes de variações oscilaram de 9,58 a 22,74 e podem ser considerados aceitáveis para todos os caracteres avaliados (Tabela 1).

Os genótipos P98C81 e DM 309 diferiram dos demais nas avaliações de intoxicação realizadas aos 4 e 28 DAA. Na avaliação realizada aos 28 DAA, todas as linhagens em teste e os cultivares RR apresentaram resistência ao glyphosate. Apesar da diferença, o

genótipo BCR829G140 é considerado resistente ao herbicida glyphosate quando comparado aos cultivares convencionais, apresentando média inferior a 5,5% de intoxicação. Podem-se formar dois grupos quanto à intoxicação ao herbicida glyphosate: um altamente sensível (P98C81 e DM 309) e outro resistente (Valiosa RR, BCR945G110, BCR945G114, BCR892G132, BCR892G140, BCR1067G210, BCR1070G244 e M-SOY8008 RR) (Tabela 2). Também Correia & Durigan (2007) verificaram alta resistência dos cultivares CD 214 RR e M-SOY 8008RR de soja que se encontravam com a segunda folha trifoliolada completamente expandida, não sendo observado nenhum sintoma de intoxicação do herbicida na planta quando pulverizada com 1,2 kg e.a. ha⁻¹, mantendo seu pleno desenvolvimento vegetativo e reprodutivo.

Na avaliação da altura de planta ao 0 DAA, verificou-se maior e menor média nos genótipos Valiosa RR e BCR945G114, respectivamente. Os genótipos P98C81, BCR945G110, BCR1067G210, M-SOY 8008RR e DM 309 não diferiram entre si. Foi observada, na avaliação do número de nós ao 0 DAA, diferença entre os genótipos M-SOY 8008RR e BCR1067G210, com maior e menor média, respectivamente (Tabela 2). Como as avaliações realizadas nesta data, possivelmente, não foram influenciadas pelo herbicida, as variações entre os genótipos podem ser atribuídas a efeitos fisiológicos e ambientais ou à característica do próprio genótipo.

Na avaliação realizada aos 4 DAA, os genótipos Valiosa RR, BCR945G110, BCR892G140,

Tabela 1 - Resumo da análise de variância dos dados referentes a intoxicação aos 4 e 28 DAA, altura de plantas e número de nós aos 0 e 28 DAA e peso da matéria seca (PMS) das plantas de soja, em função das notas de avaliação. Viçosa-MG, 2008

| FV | GL | Quadrado Médio (QM) | | GL | Quadrado Médio (QM) | | | | PMS |
|-----------|----|---------------------|--------------------|-----|-----------------------|------------|--------------------|---------------------|---------|
| | | Intoxicação | | | Altura de planta (cm) | | Número de nós | | |
| | | 4 DAA | 28 DAA | | 0 DAA | 28 DAA | 0 DAA | 28 DAA | |
| Blocos | 3 | 93,07 | 10,86 | 3 | 9,31 | 93,06 | 0,07 | 0,52 | 1,10 |
| Genótipos | 9 | 12.701,96** | 2.0566,74** | 9 | 106,96** | 4.523,98** | 1,97** | 84,21** | 30,90** |
| Doses | 2 | 2.716,52** | 30,00* | 3 | 3,73 ^{ns} | 926,09** | 2,07** | 16,77 ^{ns} | 4,13* |
| G x D | 18 | 86,44 ^{ns} | 9,38 ^{ns} | 27 | 1,61 ^{ns} | 386,72** | 0,12 ^{ns} | 22,25* | 3,68** |
| Resíduo | 87 | 65,08 | 8,34 | 117 | 2,80 | 51,58 | 0,21 | 6,44 | 1,18 |
| Média | | 35,47 | 21,50 | | 16,96 | 47,65 | 4,78 | 10,54 | 3,71 |
| CV(%) | | 22,74 | 13,43 | | 9,86 | 15,07 | 9,58 | 24,06 | 29,27 |

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} não significativo.

BCR1070G244 e M-SOY 8008RR apresentaram valor máximo de intoxicação de 28%, quando submetidos à dose de 2.160 g e.a. ha⁻¹. Nessa mesma dose, o genótipo BCR1067G210 demonstrou intoxicação de 44%. Todavia, o genótipo BCR954G114 na dose de 1.764 g e.a. ha⁻¹ apresentou 23,9% de intoxicação (Tabela 3). Esses dados corroboram os encontrados por Santos et al. (2007), os quais constataram aos

15 DAA, ao aplicarem 2,0 kg e.a. ha⁻¹, leve efeito de intoxicação (25%) no cultivar CD 219RR. Entretanto, Procópio et al. (2007) não observaram sintomas de intoxicação nas plantas de soja RR, cultivar M-SOY 7878, quando tratadas em única aplicação de glyphosate, independentemente de dose; segundo Elmore et al. (2001), o glyphosate não afetou a produção dos cultivares avaliados e não houve injúrias visuais significativas.

Tabela 2 - Médias estimadas dos dados referentes a intoxicação das plantas aos 4 e 28 DAA, altura de planta (AP) e número de nós (NN) de plantas de soja ao 0 DAA, em função dos genótipos. Viçosa-MG, 2008^{1/}

| Genótipo | Intoxicação das plantas | | AP | NN |
|--------------|-------------------------|----------|-----------|----------|
| | 4 DAA | 28 DAA | 0 DAA | 0 DAA |
| P98C81 | 97,33 a | 100,00 a | 16,89 c | 4,56 bcd |
| Valiosa RR | 21,67 bc | 0,00 c | 21,82 a | 5,00 ab |
| BCR945G110 | 15,58 c | 0,42 c | 15,08 cde | 4,72 bc |
| BCR945G114 | 20,42 bc | 2,08 bc | 13,69 e | 4,38 cd |
| BCR892G132 | 20,92 bc | 1,67 bc | 20,08 ab | 5,03 ab |
| BCR892G140 | 19,58 bc | 5,42 b | 14,71 de | 5,06 ab |
| BCR1067G210 | 27,33 b | 2,67 bc | 15,71 cd | 4,16 d |
| BCR1070G244 | 18,33 bc | 1,25 c | 19,12 b | 5,06 ab |
| M-SOY 8008RR | 17,08 bc | 1,50 c | 16,72 c | 5,25 a |
| DM 309 | 96,50 a | 100,00 a | 15,87 cd | 4,66 bcd |

^{1/} Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os genótipos P98C81 e DM 309 apresentaram equação quadrática para explicar os resultados, porém, a partir da dose de 740 g e.a. ha⁻¹, as plantas apresentavam 80,44% de intoxicação, demonstrando a alta sensibilidade desses genótipos à aplicação do herbicida, pelo fato de não serem geneticamente modificados para a resistência ao glyphosate. Esses genótipos, com 2 DAA, já apresentavam sintomas de intoxicação nas folhas e com 6 a 8 DAA estavam com as folhas em estágio final de senescência e hastes praticamente secas nas doses de 720, 1.440 e 2.160 g e.a. ha⁻¹. Apesar de apresentarem toda a parte aérea seca após 8 DAA, foram mantidos em vasos para avaliações de altura de plantas, número de nós e peso da matéria seca.

Tabela 3 - Equações referentes à intoxicação das plantas aos 4 e 28 DAA e coeficientes de determinação (R²), em função dos genótipos de soja avaliados. Viçosa-MG, 2008

| Genótipo | | Modelo estatístico ^{1/} | R ² (%) |
|--|---|--|--------------------|
| 4 DAA | | | |
| P98C81 e DM 309 ^{2/} | a | $3,9375006 + 49,7499997 X - 5,75 X^2$ | 98,89 |
| Valiosa RR, BCR945G110, BCR892G140, BCR1070G244 e M-SOY 8008RR | | $- 0,24 + 4,6925 X$ | 96,81 |
| BCR945G114 | b | $- 0,1875 + 9,90625 X - 1,015625 X^2$ | 99,80 |
| BCR892G132 | c | $0,0125 + 8,06875 X - 0,609375 X^2$ | 99,99 |
| BCR1067G210 | d | $0,725 + 4,55 X + 0,4375 X^2$ | 99,00 |
| 28 DAA | | | |
| P98C81 e DM 309 | a | $5,0000002 + 52,4999989 X - 6,2499998 X^2$ | 98,33 |
| Valiosa RR | | - | |
| BCR945G110 | | - | |
| BCR945G114 | | - | |
| BCR892G132 e BCR892G140 | b | $0,21875 + 2,453125 X - 0,3515625 X^2$ | 73,54 |
| BCR1067G210 | | $0,275 + 0,575 X$ | 66,96 |
| BCR1070G244 | | - | |
| M-SOY 8008RR | | - | |

^{1/} Modelos seguidos pela mesma letra maiúscula e minúscula na coluna não diferem a 20% de probabilidade pelo teste de identidade de modelo, entre modelos estatísticos lineares e quadráticos, respectivamente, dentro de cada época avaliada; ^{2/} Os modelos foram estimados considerando as doses em L ha⁻¹ do produto comercial.



Observando os modelos estatísticos da avaliação de 28 DAA, ocorreram diferenças, e os genótipos BCR892G132 e BCR892G140 apresentaram notas inferiores a 5% de intoxicação na dose de 2.160 g e.a. ha⁻¹. O genótipo BCR1067G210 comportou-se semelhantemente aos genótipos BCR892G132 e BCR892G140, porém com modelo estatístico linear (Tabela 3). Entretanto, o genótipo BCR1067G210 mostrou tendência de aumentar a intoxicação em função do aumento da dose utilizada, isto é, nas doses de 720, 1.440 e 2.160 g e.a. ha⁻¹, as porcentagens de intoxicação foram de 1,43%, 2,56% e 3,725%, respectivamente. Apesar dessa tendência, todos os valores de intoxicação foram inferiores a 4,0%, que é considerado baixo.

Analisando as duas avaliações de intoxicação das plantas de soja, verificou-se que os genótipos Valiosa RR, BCR945G110, BCR945G114, BCR892G132, BCR892G140, BCR1067G210, BCR1070G244 e M-SOY 8008RR podem ser considerados aptos para programas de melhoramento por apresentarem menor grau de intoxicação independentemente da dose aplicada quando comparadas as duas avaliações, isto é, demonstraram certa capacidade de recuperação em avaliações sucessivas. Ao aplicar doses elevadas (até 2.160 g e.a. ha⁻¹), a resposta desses materiais foi satisfatória com relação à intoxicação, pelo fato de a média de intoxicação das plantas aos 4 DAA ter sido de 21,22% e, aos 28 DAA, de apenas 1,88%. Resultados similares foram obtidos por Reddy & Zablutowicz (2003), os quais trabalharam com sal de trimetilsulfônio de glyphosate e sal de aminometanamide dihydrogen tetraoxosulfate de glyphosate e observaram injúrias às plantas de soja, com notas variando de 29 a 38%, dois dias após a aplicação; todavia, constataram recuperação total das plantas com o desenvolvimento da cultura.

Observando as médias de altura de planta, aos 28 DAA, verificou-se, na dose de 2.160 g e.a. ha⁻¹, que os genótipos Valiosa RR e BCR892G132 apresentaram as maiores médias, e os genótipos P98C81 e DM 309, as menores. As alturas de plantas determinadas pelos genótipos RR diferiram dos cultivares convencionais (Tabela 4).

Quanto ao comportamento de Valiosa RR e M-SOY 8008RR, em que o primeiro apresentou

maior altura de planta em relação ao segundo RR, pode-se verificar que as diferenças observadas nesse caráter podem ser atribuídas a vários fatores, visto que elas foram observadas tanto nas avaliações realizadas ao 0 DAA quanto aos 28 DAA, nas quatro doses do herbicida. Resultados semelhantes quanto à altura de plantas foram observados por Correia & Durigan (2007) nos cultivares CD 214 RR e M-SOY 8008RR.

Para a variável altura de planta aos 28 DAA, foi possível verificar que os modelos estatísticos para os cultivares P98C81 e DM 309 diferiram dos demais, apresentando redução considerável quando submetidos ao herbicida glyphosate. Essa resposta foi observada pelo fato de os dois cultivares serem convencionais, isto é, não apresentam o gene que confere resistência ao herbicida glyphosate. As linhagens BCR945G110, BCR892G140 e BCR1067G210 ajustaram-se ao modelo estatístico quadrático, não diferindo entre si, mas apresentaram-se diferentes dos demais genótipos (Tabela 5).

A variação da altura de planta em função das diferentes doses foi maior nos cultivares P98C81 e DM 309 (variação de 38,65 cm quando comparados os valores obtidos nas doses de 0,0 e 2.160 g e.a. ha⁻¹). Já nos genótipos geneticamente modificados para resistência ao glyphosate, a maior variação foi observada no cultivar Valiosa RR (redução de 6,3 cm), seguido pelo BCR892G132 (redução de 4,39 cm) e pelos genótipos BCR945G110, BCR892G140 e BCR1067G210 (incremento de 1,28 cm). O genótipo BCR945G114 ajustou-se ao modelo estatístico linear e diferiu de todos os demais modelos estatísticos, apresentando incremento da altura de planta com aumento da dose de glyphosate, com variação de 5,12 cm, isto é, altura de 36,67 cm na dose de 0,0 g e.a. ha⁻¹ e de 41,79 cm na dose de 2.160 g e.a. ha⁻¹. Petter et al. (2007) demonstraram que os cultivares RR (M-SOY8585, Valiosa, CD 219 e TMG 108) apresentaram incremento na altura de planta avaliada sob diferentes sistemas de aplicação de herbicida (diferentes épocas e princípios ativos).

Verificou-se aos 28 DAA, na dose de 0,0 g e.a. ha⁻¹, que todos os cultivares mostraram resultados semelhantes para número de nós na haste principal. Nas demais doses, os

cultivares Valiosa RR e M-SOY 8008RR não diferiram dos genótipos BCR945G110, BCR945G114, BCR892G132, BCR892G140, BCR1067G210 e BCR1070G244 (Tabela 6). Esse resultado demonstra que os cultivares resistentes ao glyphosate comportaram-se de maneira semelhante entre si e diferentemente com relação aos cultivares convencionais, quando os tratamentos foram submetidos ao glyphosate. Isso mostra que esses genótipos RR podem ser utilizados em programas de melhoramento cujo objetivo seja desenvolver materiais resistentes a esse herbicida e que não apresentem resultados diferentes dos cultivares geneticamente modificados para resistência ao glyphosate com relação a número de nós na haste principal.

Observando os ajustes dos modelos estatísticos para genótipos no tocante à variável número de nós ao 0 DAA, foi possível discriminar os modelos estatísticos lineares dos quadráticos. Os lineares adequaram-se aos genótipos P98C81 e BCR1067G210, e os dois modelos estatísticos apresentaram diferenças significativas entre si. Os genótipos Valiosa RR, BCR945G110, BCR945G114, BCR892G140,

BCR1070G244, DM 309 e M-SOY 8008RR tiveram seus resultados explicados por modelos estatísticos quadráticos e apresentaram valores de β_2 ora positivos, ora negativos; entretanto, foi observado comportamento similar ao de modelos estatísticos lineares e a diferença no número de nós foi de no máximo 0,50 nó (Tabela 7).

Tabela 4 - Médias estimadas dos dados referentes à altura de planta (cm) aos 28 DAA, em função de doses e genótipos de soja. Viçosa-MG, 2008^{1/}

| Genótipo | Dose do herbicida glyphosate (g e.a. ha ⁻¹) | | | |
|--------------|---|---------|-----------|----------|
| | 0,0 | 720 | 1.440 | 2.160 |
| P98C81 | 49,69 cd | 16,66 c | 17,39 e | 16,49 d |
| Valiosa RR | 79,81 a | 81,13 a | 82,25 a | 72,44 a |
| BCR945G110 | 38,88 d | 44,38 b | 43,25 cd | 43,38 c |
| BCR945G114 | 36,75 d | 37,19 b | 42,25 cd | 40,75 c |
| BCR892G132 | 75,44 a | 67,50 a | 67,81 ab | 70,13 ab |
| BCR892G140 | 58,06 bc | 40,50 b | 50,38 cd | 54,31 bc |
| BCR1067G210 | 40,69 d | 39,38 b | 39,88 d | 41,13 c |
| BCR1070G244 | 51,63 cd | 51,00 b | 57,38 bc | 52,00 c |
| M-SOY 8008RR | 46,50 cd | 43,13 b | 51,63 bcd | 50,25 c |
| DM 309 | 68,56 ab | 15,21 c | 15,80 e | 15,44 d |

^{1/} Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 5 - Equações referentes à altura de planta aos 0 e 28 DAA e coeficientes de determinação (R²), em função dos genótipos de soja. Viçosa-MG, 2008

| Genótipo | | Modelos estatísticos ^{1/} | R ² (%) |
|--------------------------------------|---|---|--------------------|
| 0 DAA | | | |
| P98C81 ^{2/} | | - | |
| Valiosa RR | | - | |
| BCR945G110 | | - | |
| BCR945G114 | A | 13,37624836 + 0,10375042 X | 78,02 |
| BCR892G132 e BCR1070G244 | a | 20,0421875 - 0,8460938 X + 0,1496094 X ² | 99,87 |
| BCR892G140 | b | 15,2925 - 0,95375 X + 0,1625 X ² | 88,02 |
| BCR1067G210 | c | 14,95125 + 0,550625 X - 0,0640625 X ² | 96,86 |
| M-SOY 8008RR e DM 309 | B | 16,8093731 - 0,1718745 X | 99,86 |
| 28 DAA | | | |
| P98C81 e DM 309 | a | 56,8684375 - 22,4001563 + 2,6597656 X ² | 95,59 |
| Valiosa RR | b | 79,275 + 3,121875 X - 0,6953125 X ² | 90,17 |
| BCR945G110, BCR892G140 e BCR1067G210 | c | 45,4322917 - 2,1223958 X + 0,3893229 X ² | 98,31 |
| BCR945G114 | | 36,67499522 + 0,85312625 X | 66,91 |
| BCR892G132 | d | 75,125 - 4,625 X + 0,640625 X ² | 95,16 |
| BCR1070G244 | | - | |
| M-SOY 8008RR | | - | |

^{1/} Modelos seguidos pela mesma letra maiúscula e minúscula na coluna não diferem a 20% de probabilidade pelo teste de identidade de modelo, entre modelos estatísticos lineares e quadráticos, respectivamente, dentro de cada época avaliada; ^{2/} Os modelos foram estimados considerando as doses em L ha⁻¹ do produto comercial.



Analisando modelos estatísticos da avaliação do número de nós ao 0 DAA em função de diferentes doses, pode-se verificar que somente o genótipo BCR892G132 não apresentou modelo estatístico significativo (Tabela 7). Isso

Tabela 6 - Médias estimadas dos dados referentes a número de nó, aos 28 DAA das plantas de soja tratadas com quatro doses de glyphosate, em função dos genótipos de soja. Viçosa-MG, 2008^{1/}

| Genótipo | Dose do herbicida glyphosate (g e.a. ha ⁻¹) | | | |
|--------------|---|---------|----------|---------|
| | 0,0 | 720 | 1.440 | 2.160 |
| P98C81 | 10,13 a | 4,38 b | 4,88 c | 4,63 b |
| Valiosa RR | 11,63 a | 12,38 a | 12,25 ab | 11,38 a |
| BCR945G110 | 11,00 a | 12,00 a | 11,38 b | 11,63 a |
| BCR945G114 | 11,25 a | 11,00 a | 11,75 b | 11,25 a |
| BCR892G132 | 12,38 a | 11,38 a | 11,88 b | 11,75 a |
| BCR892G140 | 12,00 a | 10,63 a | 11,25 b | 12,00 a |
| BCR1067G210 | 10,75 a | 10,13 a | 15,38 a | 10,63 a |
| BCR1070G244 | 10,88 a | 11,25 a | 11,88 b | 11,13 a |
| M-SOY 8008RR | 11,75 a | 11,50 a | 12,25 ab | 12,38 a |
| DM 309 | 11,88 a | 4,38 b | 4,50 c | 5,00 b |

^{1/} Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

demonstra que não existe relação funcional entre a variável dependente e a outra independente. Os demais modelos estatísticos, referentes aos respectivos genótipos, explicam a variação de cada genótipo em função da resposta destes quando submetidos a diferentes doses de herbicida. No entanto, essa avaliação foi realizada no dia 0 após a aplicação do glyphosate, não havendo tempo hábil para que o herbicida atuasse de maneira a diferenciar a resposta dos genótipos em relação a diferentes doses. Dessa forma, as diferenças apresentadas, dentro de cada genótipo ou grupos de genótipo, no tocante a número de nós não podem ser atribuídas ao herbicida glyphosate.

O modelo estatístico linear ajustou-se ao genótipo M-SOY 8008RR com valor de β_1 positivo e próximo de zero, indicando que as diferentes doses do herbicida glyphosate não influenciaram negativamente o número de nós na avaliação aos 28 DAA, mas com tendência de aumento à medida que se aumentou a dose. Já os genótipos P98C81 e DM 309, na mesma avaliação e época, apresentaram valores bastante contrastantes em função das

Tabela 7 - Equações referentes ao número de nós observados aos 0 e 28 (DAA) e coeficientes de determinação (R²), em função dos genótipos de soja avaliados. Viçosa-MG, 2008

| Genótipo | | Modelos estatísticos ^{1/} | R ² (%) |
|---------------------------------------|---|--|--------------------|
| 0 DAA | | | |
| P98C81 ^{2/} | A | 4,37499945 + 0,06250014 X | 45,47 |
| Valiosa RR, BCR945G114 e M-SOY 8008RR | a | 4,6666667 + 0,0208333 X + 0,0104167 X ² | 99,41 |
| BCR945G110 e DM 309 | b | 4,675 - 0,178125 X + 0,0390625 X ² | 99,96 |
| BCR892G132 | | - | |
| BCR892G140 | c | 4,9875 - 0,19375 X + 0,046875 X ² | 98,93 |
| BCR1067G210 | B | 3,79999949 + 0,11875013 X | 96,29 |
| BCR1070G244 | d | 4,7375 + 0,18125 X - 0,015625 X ² | 98,16 |
| 28 DAA | | | |
| P98C81 e DM 309 | a | 10,64375 - 3,44375 X + 0,421875 X ² | 98,18 |
| Valiosa RR | b | 11,63125 + 0,565625 X - 0,1015625 X ² | 99,90 |
| BCR945G110 | | - | |
| BCR945G114 | | - | |
| BCR892G132 | | - | |
| BCR892G140 e BCR1070G244 | c | 11,35 - 0,1375 X + 0,03125 X ² | 99,83 |
| BCR1067G210 | | - | |
| M-SOY 8008RR | | 11,57499856 + 0,13125037 X | 67,32 |

^{1/} Modelos seguidos pela mesma letra maiúscula e minúscula na coluna não diferem a 20% de probabilidade pelo teste de identidade de modelo, entre modelos estatísticos lineares e quadráticos, respectivamente, dentro de cada época avaliada; ^{2/} Os modelos foram estimados considerando as doses em L ha⁻¹ do produto comercial.

doses do herbicida. Ao aplicar as doses de 0,0, 720, 1.440 e 2.160 g e.a. ha⁻¹, as médias dos números de nós por planta foram de 10,64, 5,44, 3,62 e 3,48, respectivamente. Os demais modelos estatísticos, aplicáveis aos genótipos Valiosa RR, BCR892G140 e BCR1070G244, apesar de diferirem estatisticamente, apresentaram respostas semelhantes, principalmente em relação à não variação do número de nós com o aumento da dose aplicada.

O modelo estatístico apresentado pelos genótipos P98C81 e DM 309 pode ser explicado pelo fato de serem materiais convencionais e porque, ao ser aplicado o herbicida glyphosate nas doses de 720, 1.440 e 2.160 g e.a. ha⁻¹, as plantas estavam secas em no máximo 6 a 8 DAA e, conseqüentemente, o desenvolvimento do número de nós foi paralisado. As plantas do tratamento que foi submetido à dose de 0,0 g e.a. ha⁻¹ continuaram seu desenvolvimento normal, atingindo 10,64 nós aos 28 DAA.

De acordo com os dados da avaliação do peso da matéria seca, os genótipos P98C81 e BCR892G132 diferiram estatisticamente na dose de 0,0 g e.a. ha⁻¹, enquanto os demais se comportaram de maneira semelhante entre si e com P98C81 ou BCR892G132. Nas demais doses (720, 1.440 e 2.160 g e.a. ha⁻¹), observou-se que os genótipos convencionais mostraram valores inferiores estatisticamente em relação aos materiais resistentes ao glyphosate (Tabela 8). Esse resultado demonstra que as diferenças observadas entre genótipos convencionais e resistentes ao glyphosate podem ser atribuídas às aplicações do herbicida.

Ao se aplicar o herbicida glyphosate sobre os cultivares convencionais, a enzima EPSPS presente na rota dos aminoácidos aromáticos é inibida (Rodrigues & Almeida, 2005). Diante disso, esses cultivares poderão apresentar clorose em suas folhas, desenvolvendo-se para a senescência e morte das plantas. Dessa forma, o processo de fotossíntese da planta é interrompido e, em consequência, todos os mecanismos de funcionamento dela poderão ser paralisados, inclusive o acúmulo de matéria seca. Portanto, os genótipos avaliados não mostraram diferenças significativas entre si, com exceção do P98C81 e BCR892G132, na dose de 0,0 g e.a. ha⁻¹. Nas demais doses, os cultivares convencionais apresentaram diferença em relação aos demais materiais avaliados.

Na avaliação da massa seca, verificou-se que os genótipos BCR1067G210, BCR945G114 e M-SOY 8008RR ajustaram-se aos modelos estatísticos lineares, porém houve diferenças entre eles. As respostas dessas regressões foram positivas ao longo do aumento da dose; a variação máxima foi de 1,04 g quando comparada à da massa seca na dose de 0,0 e 2.160 g e.a. ha⁻¹. Já os genótipos P98C81 e DM 309 ajustaram-se aos modelos estatísticos quadráticos, demonstrando respostas negativas acentuadas em função da dose, isto é, redução significativa quando comparada à massa seca apresentada pelas plantas na dose de 0,0 g e.a. ha⁻¹, em relação às demais doses (Tabela 9). Trabalhando com diferentes formulações e dois cultivares de soja geneticamente modificada para resistência ao herbicida glyphosate, Correia & Durigan (2007) afirmaram que as formulações do glyphosate não alteraram o acúmulo de matéria seca na parte aérea das plantas.

Em relação à altura e massa seca das plantas, os resultados não corroboram os encontrados por Procópio et al. (2007), os quais demonstram que a resposta do cultivar Roundup Ready® (M-SOY 7878) submetido às doses de 480,0, 960,0 e 1.440 g e.a. ha⁻¹, isoladamente ou em conjunto com chlorimuron-ethyl, não provocou diminuição na altura e na massa seca da parte aérea das plantas de soja RR aos 41 DAA. Esses autores relatam ainda que, considerando cada caráter, os tratamentos

Tabela 8 - Médias estimadas dos dados referentes ao peso da matéria seca (MS) das quatro doses, em função de genótipos de soja. Viçosa-MG, 2008^{1/}

| Genótipo | Dose do herbicida glyphosate (g e.a. ha ⁻¹) | | | |
|--------------|---|----------|--------|--------|
| | 0,0 | 720 | 1.440 | 2.160 |
| P98C81 | 2,58 b | 0,61 d | 0,66 b | 0,62 b |
| Valiosa RR | 3,73 ab | 5,28 ab | 6,16 a | 4,11 a |
| BCR945G110 | 4,36 ab | 6,04 a | 6,01 a | 5,82 a |
| BCR945G114 | 3,90 ab | 4,12 abc | 5,27 a | 4,49 a |
| BCR892G132 | 5,26 a | 3,75 abc | 4,34 a | 5,11 a |
| BCR892G140 | 4,24 ab | 2,64 cd | 4,19 a | 3,92 a |
| BCR1067G210 | 3,13 ab | 3,13 bc | 3,80 a | 3,53 a |
| BCR1070G244 | 3,20 ab | 3,34 bc | 4,73 a | 3,68 a |
| M-SOY 8008RR | 3,74 ab | 3,44 bc | 4,64 a | 4,69 a |
| DM 309 | 4,66 ab | 0,62 d | 0,59 b | 0,61 b |

^{1/} Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.



Tabela 9 - Equações referentes à avaliação do peso da matéria seca (MS) e coeficientes de determinação (R^2), em função dos genótipos de soja. Viçosa-MG, 2008

| Genótipo | | Modelo estatístico ^{1/} | R^2 (%) |
|-------------------------------|---|---|-----------|
| P98C81 e DM 309 ^{2/} | a | $3,4642 - 1,5711813 X + 0,1869219 X^2$ | 89,89 |
| Valiosa RR e BCR945G110 | b | $4,0290313 + 1,1838594 X - 0,1708359 X^2$ | 99,11 |
| BCR945G114 e M-SOY 8008RR | A | $3,765875 + 0,1738125 X$ | 99,14 |
| BCR892G132 | c | $5,1626375 - 0,84549375 X + 0,14223437 X^2$ | 87,68 |
| BCR892G140 | | - | |
| BCR1067G210 | B | $3,116825 + 0,0929125 X$ | 54,39 |
| BCR1070G244 | | - | |

^{1/} Modelos seguidos pela mesma letra maiúscula e minúscula na coluna não diferem a 20% de probabilidade pelo teste de identidade de modelo, entre modelos estatísticos lineares e quadráticos, respectivamente, dentro de cada época avaliada; ^{2/} Os modelos foram estimados considerando as doses em $L ha^{-1}$ do produto comercial.

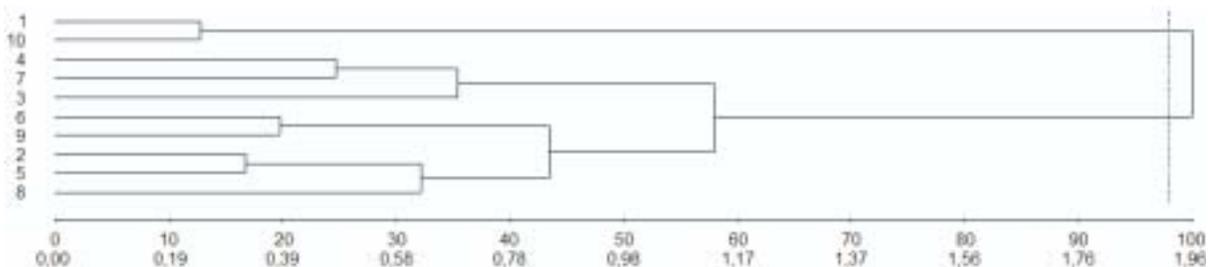


Figura 1 - Dendrograma ilustrativo da dissimilaridade de 10 progenitores (1 – P98C81; 2 – Valiosa RR; 3 – BCR945G110; 4 – BCR945G114; 5 – BCR892G132; 6 – BCR892G140; 7 – BCR1067G210; 8 – BCR1070G244; 9 – M-SOY 8008RR; 10 – DM 309) sob quatro doses de glyphosate (0,0, 720, 1.440 e 2.160 g e.a. ha^{-1}), obtido pelo método UPGMA (método da ligação média entre grupos), com base na distância euclidiana média padronizada, e determinação do número de grupos com base em Mojena (1977), considerando sete caracteres avaliados (intoxicação de plantas aos 4 DAA, intoxicação de plantas aos 28 DAA, altura da planta ao 0 DAA, altura da planta aos 28 DAA, número de nós ao 0 DAA, número de nós aos 28 DAA e peso da matéria seca aos 28 DAA).

(testemunha infestada, testemunha capinada, glyphosate e glyphosate + chlorimuron-ethyl) foram agrupados em um único grupo pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

No dendrograma apresentado na Figura 1 é possível verificar que os genótipos convencionais foram alocados em grupos distintos dos materiais geneticamente modificados para resistência ao glyphosate, com base em Mojena (1977). Esse resultado corrobora as informações das Tabelas 2 a 9, onde se demonstra que, ao se aplicar o herbicida glyphosate, a resposta dos genótipos convencionais é diferenciada, quando comparada com a dos genótipos RR.

Ao considerar todos os caracteres avaliados, pode-se afirmar que Valiosa RR,

BCR945G110, BCR945G114, BCR892G132, BCR892G140, BCR1067G210, BCR1070G244 e M-SOY 8008RR comportaram-se de forma semelhante quanto à resistência ao glyphosate quando submetidos até a dose de 2.160 g e.a. ha^{-1} .

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq-Brasil), pelo apoio na realização deste trabalho.

LITERATURA CITADA

BENICASA, M. M. P. *Análise de crescimento de plantas (noções básicas)*. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42 p.

BORÉM, A.; SANTOS, F. R. *Biotechnologia simplificada*. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica, 2002. 302 p.

- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira:** safra 2007/2008. Décimo primeiro levantamento – agosto de 2008. Brasília. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/estudo_safra.pdf>. Acesso em: 06 de setembro de 2008.
- CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Seletividade de diferentes herbicidas à base de glyphosate à soja RR. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 375-379, 2007.
- CRUZ, C. D. **Programa GENES** - Aplicativo computacional em genética e estatística. Disponível em: <www.ufv.br/dbg/genes/genes.htm>. Versão Windows 2007.0.0., 2007.
- ELMORE, R. W. et al. Glyphosate-resistant soybean cultivar response to glyphosate. **Agron. J.**, v. 93, n. 2, p. 404-407, 2001.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja** – região central do Brasil – 2007. Londrina: Embrapa Soja; Embrapa Cerrados; Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 225 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja** – região central do Brasil – 2008. Londrina: Embrapa Soja; Embrapa Cerrados; Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 280 p.
- ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **R. Bras. Fisiol. Veg.**, v. 3, n. 1, p. 39-45, 1991.
- EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL – EWRC. Report of the 3rd and 4th meetings of EWRC. Committee of methods in weed research. **Weed Res.**, v. 4, n. 1, p. 88, 1964.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 12 p. (Special Report, 80).
- FERREIRA, E. A. et al. Glyphosate no controle de biótipos de azevém e impacto na microbiota do solo. **Planta Daninha**, v. 24, n. 3, p. 573-578, 2006.
- HOPKINS, W. G. **Introduction to plant physiology**. New York: John Wiley & Sons, 1999. 512 p.
- JAMES, C. **Executive summary of global status of commercialized biotech/GM crops:** 2005. Ithaca: ISAAA, 2005. (ISAAA briefs, 34).
- JAMES, C. **Preview:** global status of commercialized biotech/GM crops: 2004. Ithaca: ISAAA, 2004. (ISAAA briefs, 32).
- MAROCHI, A. I. Tolerância da soja Roundup Ready ao glyphosate aplicado em duas épocas de desenvolvimento e diferentes horários de aplicação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado. **Anais...** Gramado: 2002. Disponível em: <<http://www.monsanto.com.br/produtos/biotecnologia/estudos/pdf/xxiiicongresso/Aroldo%2011.pdf>>. Acesso em: 30 maio 2009.
- MENEGATTI, A. L. A.; BARROS, A. L. M. Análise comparativa dos custos de produção entre soja transgênica e convencional: um estudo de caso para o Estado do Mato Grosso do Sul. **R. Econ. Sociol. Rural**, v. 45, n. 1, p. 163-183, 2007.
- MOJENA, R. Hierarchical grouping method and stopping rules: an evaluation. **Computer J.**, v. 20, n. 4, p. 359-363, 1977.
- MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja:** fatores que afetam o crescimento e rendimento de grãos. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. 31 p.
- PETTER, F. A. et al. Manejo de herbicidas na cultura da soja Roundup Ready. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 557-566, 2007.
- PROCÓPIO, S. O. et al. Utilização de chlorimuron-ethyl e imazethapyr na cultura da soja Roundup Ready. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 365-373, 2007.
- REDDY, N. K.; ZABLOTOWICZ, R. M. Glyphosate-resistant soybean response to various salts of glyphosate and glyphosate accumulation in soybean nodules. **Weed Sci**, v. 51, n. 4, p. 496-502, 2003.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicida**. 3.ed. Londrina: Iapar, 2005. 591 p.
- SANTOS, J. B. et al. Avaliação de formulações de glyphosate sobre soja Roundup Ready. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 165-171, 2007.
- SHANER, D.; BRIDGES, D. Inhibitors of aromatic amino acid biosynthesis (glyphosate). In: **Herbicide action course**. West Lafayette: Purdue University, 2003. p. 514-529.
- SIQUEIRA, J. O. et al. Interferências no agrossistema e riscos ambientais de culturas transgênicas tolerantes a herbicidas e protegidas contra insetos. **Cader. Ci. Tecnol.**, v. 21, n. 1, p. 11-81, 2004.

