

Comunicação

Lignificação da planta e qualidade de sementes de soja RR pulverizadas com herbicida glifosato

Cristiane Fortes Gris¹, Edila Vilela de Resende Von Pinho², Maria Laene de Moreira Carvalho², Rafael Parreira Diniz³, Thaís de Andrade⁴

RESUMO

Diferenças nos teores de lignina na planta entre cultivares transgênicos RR e convencionais, tem sido relatadas, por vários autores, no entanto, são escassos os trabalhos avaliando a influência da aplicação do glifosato sobre os teores de lignina na planta e em sementes de soja RR. Neste sentido, objetivou-se, com este trabalho, avaliar a qualidade fisiológica de sementes de soja transgênica RR e os teores de lignina de plantas submetidas à pulverização com o herbicida glifosato. Os ensaios foram conduzidos em casa de vegetação e em campo, no município de Lavras, MG, na safra 2007/08. O delineamento experimental, utilizado em campo, foi o de parcelas subdivididas, com quatro repetições, considerando-se como parcelas os tratamentos capina e herbicida glifosato, e, como subparcelas, cinco cultivares RR de soja (BRS 245 RR, BRS 247 RR, Valiosa RR, Silvânia RR e Baliza RR). No ensaio de casa de vegetação, utilizaram-se os cultivares BRS 245 RR e Valiosa RR, em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. As aplicações com herbicida glifosato foram realizadas nos estádios de desenvolvimento V3, V7 e início de R5 (3 L/ha). Determinou-se o peso de 1000 sementes, dano mecânico, germinação e índice de velocidade de germinação, índice de velocidade de emergência, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e teste de imersão de sementes em água, além dos teores de lignina no tegumento das sementes, no caule e nos legumes. A aplicação do herbicida glifosato, em campo e em casa de vegetação, não alterou a qualidade fisiológica de sementes de soja RR nem os teores de lignina na planta.

Palavras-chave: soja transgênica, qualidade fisiológica, lignina.

ABSTRACT

Lignification of the plant and seed quality of RR soybeans sprayed with herbicide glyphosate

Differences in levels of lignin in the plant between conventional and transgenic cultivars RR has been reported by several authors, however, there are few studies evaluating the influence of spraying of glyphosate on the lignin in the plant and RR soybean seeds. The aim of this study was to evaluate the physiological quality of RR transgenic soybean seeds and the lignin contents of plants sprayed with the herbicide glyphosate. The assays were conducted both in greenhouse and field in the municipality of Lavras, MG, in the agricultural year 2007/08. The experiment was arranged in a splitplot design with four replicates, considering the treatments hand weeding and herbicide glyphosate as plots, and five RR soybean cultivars (BRS 245 RR, BRS 247 RR, Valiosa RR, Silvânia RR and Baliza RR) as splitplots. In the

Recebido para publicação em 27/09/2011 e aprovado em 05/02/2013.

Trabalho extraído de Tese de Doutorado da primeira autora, defendida na Universidade Federal de Lavras. Financiada pela FAPEMIG.

¹Engenheira-Agrônoma, Doutora. Instituto Federal Sul de Minas, Câmpus Muzambinho, Bairro Morro Preto, Km 35, 37890-000, Muzambinho, Minas Gerais, Brasil. cristiane.gris@muz.ifsuldeminas.edu.br (autora para correspondência).

² Engenheiras-Agrônomas, Doutoradas. Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 37, 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil. edila@ufla.br; mlaeneme@dag.ufla.br

³ Engenheiro-Agrônomo, Mestre. Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 37, 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil. rafadiniz_rpd@yahoo.com.br

⁴ Engenheira-Agrônoma, Mestre. Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 37, 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil. thaisandrade_2006@hotmail.com

greenhouse, the cultivars tested were BRS 245 RR and Valiosa RR in a randomized block design with four replicates. The sprayings were carried out at stages V3, V7 and early R5 (3L/ha). The 1000 seed weight, mechanical injury, germination and germination velocity index, emergence velocity index, accelerated aging, electrical conductivity and water soaking seed test, lignin content in the seed coat, in the stem and legumes were determined. The spraying of glyphosate herbicide, in greenhouse and field, did not alter the physiological quality of seeds and the lignin contents in the plant.

Key words: transgenic soybean, physiological quality, lignin.

INTRODUÇÃO

O advento da soja transgênica, tolerante ao herbicida Roundup Ready® (RR), revolucionou o mercado de soja mundial, sendo seu cultivo no Brasil, autorizado em 2005, com a Nova Lei de Biossegurança. Com a introdução da sequência CP4 EPSPS no genoma de cultivares comerciais de soja, a qual confere tolerância ao ingrediente ativo glifosato, é produzida a proteína CP4 enolpiruvilxiquimato-3-fosfato-sintase (EPSPS), enzima que participa da biossíntese de aminoácidos aromáticos em plantas e microorganismos.

No caso de cultivares convencionais, ocorre a inibição dessas enzimas pelo glifosato e a planta não produz os aminoácidos para a síntese de proteínas (Padgett *et al.*, 1995) e alguns metabólitos secundários, como os alcaloides, cumarinas, flavanoides, lignina, ácidos benzoicos, vitaminas K e E e hormônios (Trezza *et al.*, 2001; Amarante Junior *et al.*, 2002), acumulando um composto intermediário, o chiquimato (Vidal, 1997), o qual provoca um colapso no metabolismo intermediário dos tecidos vegetais, metabolismo este totalmente modificado com a introdução da sequência gênica CP4-EPSPS no desenvolvimento da soja transgênica RR.

Segundo Cole & Cerdeira (1982), o bloqueio da rota do chiquimato, decorrente da ação do glifosato, leva ao acúmulo de ácido chiquímico, com muitas implicações fisiológicas e ecológicas, que, de acordo com Duke & Hoagland (1985) e Becerril *et al.* (1989), podem resultar em síntese de ácido indol acético e de outros hormônios vegetais, síntese de clorofila, síntese de fitoalexinas e lignina, síntese de proteínas, afetar a fotossíntese, respiração, transpiração, permeabilidade de membranas e outros processos.

Paralelamente à grande adesão à soja RR, por parte dos produtores, ocupando aproximadamente 80% da área da última safra de grãos de soja, no Brasil, o herbicida glifosato passa a ser cada vez mais utilizado em lavouras de soja, tornando-se, segundo alguns autores, uma das moléculas herbicidas mais estudadas mundialmente, em termos de segurança ambiental e de saúde humana, com

uma das maiores bases de dados a respeito de pesticidas (Willians *et al.*, 2000; Giesy *et al.*, 2000). Segundo Bervald (2006), um número considerável e crescente de pesquisas científicas evidencia problemas de fitotoxicidade, redução da produtividade e presença de resíduos de herbicidas nas plantas e sementes, acarretando, muitas vezes, perdas no valor comercial e de qualidade do produto.

Neste sentido, diferenças nos teores de lignina nas plantas, entre cultivares transgênicas RR e convencionais, estão sendo relatadas por vários autores (Coghlan, 1999; Gertz Junior *et al.*, 1999; Edmisten *et al.*, 2000; Kuiper *et al.*, 2001; Nodari & Destro, 2006). Segundo Coghlan (1999), há uma superprodução de lignina na soja resistente ao herbicida, em torno de 20% a mais, (Kuiper *et al.*, 2001), o que estaria ocasionando rachaduras no caule em virtude do enrijecimento das plantas, sob condições de altas temperaturas, problema já detectado em lavouras de soja transgênica nos E.U.A. e no Rio Grande do Sul (Nodari & Destro, 2006).

Lacerda & Matallo (2008) enfatizam que existem variações na capacidade dos genes inseridos nos cultivares RR de expressarem tolerância ao herbicida glifosato, as quais podem ou não ocorrer de forma homogênea entre cultivares e, até mesmo, dentro do mesmo cultivar, além de outros fatores inerentes à genética de cada cultivar, o que torna relevantes estudos com um número maior de cultivares de soja RR.

Embora a causa exata do comportamento da lignina neste mecanismo ainda seja desconhecida (Coghlan, 1999), possivelmente as alterações dos teores na planta sejam devidas ao fato de os precursores da molécula de lignina serem formados no ciclo do ácido chiquímico, que é inibido pelo herbicida glifosato em plantas convencionais. No entanto, são escassos os estudos relacionando a quantificação dos teores de lignina em plantas e sementes de soja RR, além dos efeitos na qualidade fisiológica de sementes, uma vez que o acúmulo de lignina na semente pode estar associado a essa qualidade (McDougall *et al.*, 1996). Dentro deste contexto, objetivou-se estudar o efeito de pulverizações com o herbicida

glifosato sobre a qualidade fisiológica de sementes e os teores de lignina em caules, legumes e tegumento de sementes de soja de cinco cultivares transgênicos RR.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos de produção de sementes, um em campo e outro em casa de vegetação, no ano agrícola 2007/08, na Universidade Federal de Lavras, em solo classificado como Latossolo Roxo distroférrico, fase cerrado. Em casa de vegetação foi conduzido neste mesmo ano, porém, em estufa com temperatura controlada para 27 °C. A cidade de Lavras está situada a 21°14' S, 45°00' W e altitude de 918m, tendo a região do sul de Minas Gerais, de acordo com a classificação de Koppen, clima tipo Cwa (Ometo, 1981). Os dados relativos à temperatura e à precipitação pluviométrica, registrados durante a condução do ensaio, são apresentados na Figura 1.

No experimento de campo, utilizaram-se cinco cultivares transgênicas RR de soja: BRS Valiosa RR, BRS Silvânia RR, BRS Baliza RR, BRS 245 RR e BRS 247 RR e, no experimento de casa de vegetação, os cultivares BRS Valiosa RR e BRS 245 RR. A adubação de semeadura foi realizada de acordo com a análise de solo e as interpretações realizadas segundo Ribeiro *et al.* (1999). Por ocasião do plantio, as sementes foram tratadas com o fungicida Vitavax Thiram 200 SC, na dosagem de 250 mL/100 kg de sementes, sendo, após, inoculadas com produto comercial turfoso, Nital Urbana®, de maneira a garantir população mínima de 1.200.000 células/semente. Por ocasião do desbaste, em campo, manteve-se densidade de 16 plantas por metro linear, sendo os tratos culturais, realizados segundo recomendações para a cultura.

O delineamento experimental utilizado em campo foi o de blocos casualizados, em parcelas subdivididas, com quatro repetições, sendo considerados como parcelas os

tratamentos conduzidos com capina e herbicida e, como subparcelas, os cultivares de soja. As unidades experimentais foram constituídas de quatro linhas de 6m, considerando-se as duas linhas centrais como área útil. No experimento em casa de vegetação, utilizou-se o delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 2 x 2, compreendendo dois cultivares e os tratamentos com e sem pulverização com herbicida glifosato.

Foram realizadas três pulverizações, na dosagem de 3L/ha de glifosato, nos estádios de desenvolvimento V3, V7 e início de R5, segundo Fehr & Caviness (1977). Nas parcelas em que o controle de plantas daninhas foi realizado com o herbicida, utilizou-se o produto comercial Roundup Ready®, princípio ativo glifosato, na dosagem de 3L/ha, sendo realizadas três pulverizações nos estádios de desenvolvimento V3, V7 e início de R5, segundo Fehr & Caviness (1977).

A colheita foi realizada manualmente, quando as plantas encontravam-se entre os estádios R7 e R8, segundo Fehr & Caviness (1977), sendo, após, secadas à sombra, até que as sementes atingissem teor de água próximo a 13%. Para as análises e determinações, foi utilizada a mistura das sementes retidas nas peneiras de crivo circular 5,55 mm e 6,35 mm, sendo que, para os testes fisiológicos, com exceção do teste de condutividade elétrica, as sementes foram tratadas com o fungicida Vitavax Thiran 200 SC, na dosagem de 250 mL/100 kg de sementes.

Foram determinados o peso de 1000 sementes (Brasil, 1992), incidência de dano mecânico - DM (Marcos Filho *et al.*, 1987), germinação (Brasil, 1992), índice de velocidade de emergência - IVE (Edmond & Drapala, 1958), envelhecimento acelerado (Vieira *et al.*, 1994), condutividade elétrica - CE (Vieira, 1994) e teste de germinação após a imersão de sementes em água, além dos teores de lignina no tegumento das sementes, no caule

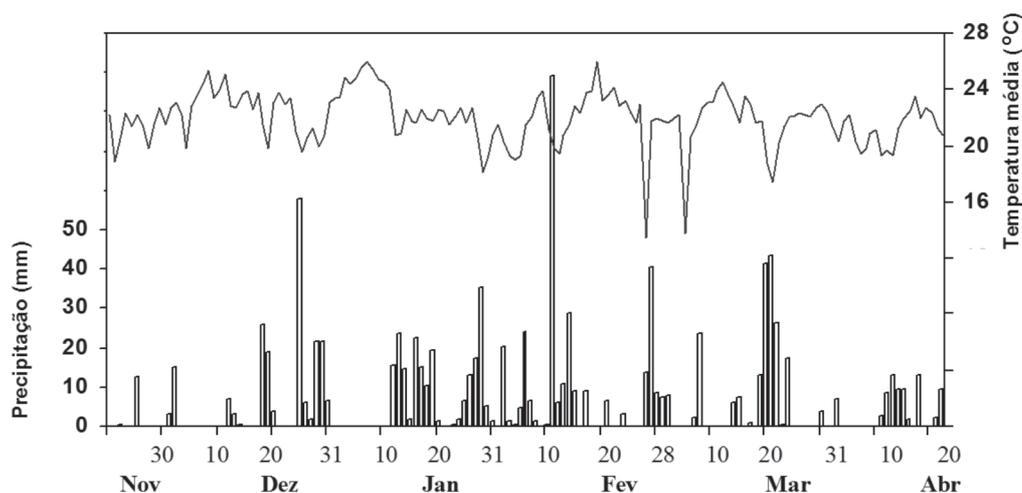


Figura 1. Variação diária da temperatura média do ar e pluviometria de Novembro de 2007 a Abril de 2008. Fonte: ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA PRINCIPAL DE LAVRAS - MG.

das plantas e nos legumes (Capeleti *et al.*, 2005). Com exceção dos testes de germinação e envelhecimento acelerado, realizados com 400 sementes/tratamento, em todos os demais se utilizaram 200 sementes, conforme recomendações específicas.

Durante o teste de germinação, determinaram-se dois índices de velocidade de germinação (IVG), segundo Edmond & Drapalla (1958), para os quais utilizaram-se, como padrão, plântulas com raiz principal ≥ 3 cm de comprimento (IVG 1) e plântulas com raiz principal ≥ 3 cm de comprimento que continham pelo menos duas raízes secundárias (IVG 2). Para o teste de imersão de sementes em água, utilizaram-se as sementes oriundas do teste de condutividade elétrica, acondicionadas por 24 horas a 25 °C, em submersão completa em água, após o qual as sementes foram submetidas ao teste de germinação, avaliando-se, aos quatro dias, o número de plantas normais e o número de plântulas anormais deformadas enroladas.

A análise estatística foi realizada, utilizando-se o software estatístico R (R Development Core Team, 2008). Inicialmente, foi aplicado o teste F (Storck *et al.*, 2000) e, quando verificado efeito significativo dos tratamentos, realizado o teste de contraste de médias Scheffé entre os tratamentos com e sem pulverização (ensaio em casa de vegetação) e capina x herbicida (ensaio de campo), e o teste de médias Scott-Knott entre as cultivares de soja.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como pode ser observado nas Tabelas 1, 2 e 4, as pulverizações com o herbicida glifosato não alteraram a qualidade fisiológica das sementes de soja produzidas em campo e em casa de vegetação. No entanto, foi observado efeito significativo da interação cultivares e tratamentos (capina e herbicida), quando avaliada a condutividade elétrica das sementes produzidas em campo (Tabela 2).

Para os cultivares BRS 245 RR, Silvânia RR e Valiosa RR, a aplicação do herbicida glifosato não alterou os valores de condutividade elétrica das sementes produzidas. No entanto, os cultivares Baliza RR e BRS 247 RR apresentaram seus valores reduzidos e aumentados, respectivamente, quando realizadas as mesmas pulverizações. Essa resposta diferencial, possivelmente, pode ser explicada pela diferente capacidade dos genes, inseridos nos cultivares RR, de expressar tolerância ao herbicida glifosato, que, segundo Lacerda & Matallo (2008), pode ou não ocorrer de forma homogênea entre cultivares e, até mesmo, dentro da mesma cultivar, além de outros fatores inerentes à genética de cada cultivar.

Segundo Delouche & Baskin (1973), a degradação das membranas celulares constitui-se, hipoteticamente, no primeiro evento do processo de deterioração de sementes, o que faz que testes, como o de condutividade elétrica

Tabela 1. Valores médios obtidos nos testes de avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja RR submetidas à capina (C) e pulverização com herbicida glifosato (H), safra 2007/08, ensaio de campo

Cultivares	Germinação			IVG 1			IVG 2		
	C	H	Média	C	H	Média	C	H	Média
BalizaRR	93,5a	96,5a	95,0A	2,58a	2,48a	2,53A	12,71a	13,61a	4,10A
BRS 245RR	89,0a	93,5a	93,0A	2,52a	2,49a	2,50A	12,20a	13,07a	4,08A
BRS 247RR	96,5a	97,7a	87,5C	2,61a	2,61a	2,61A	13,43a	12,91a	4,31B
SilvâniaRR	93,0a	93,0a	91,2B	2,59a	2,63a	2,61A	20,23a	18,50a	4,05A
ValiosaRR	86,0a	89,0a	97,1A	2,70a	2,66a	2,68A	14,62a	13,35a	4,10A
Cultivares	IVE			Env. Acelerado			P1000		
	C	H	Média	C	H	Média	C	H	Média
BalizaRR	7,07a	7,14a	7,10A	88,00a	90,50a	95,0A	14,51a	14,75a	14,6B
BRS 245RR	7,24a	7,12a	7,18A	97,00a	95,50a	91,2B	14,20a	13,98a	14,1C
BRS 247RR	7,19a	7,07a	7,13A	94,50a	91,50a	97,1A	13,88a	13,61a	13,7C
SilvâniaRR	7,44a	7,00a	7,22A	87,00a	88,00a	93,0A	13,87a	13,97a	13,9C
ValiosaRR	7,42a	7,39a	7,40A	84,50a	83,50a	87,5C	17,49a	17,64a	17,6A
Cultivares	DM			Plântulas Normais			Plântulas Anormais		
	C	H	Média	C	H	Média	C	H	Média
BalizaRR	0,75a	0,75a	0,75B	57,00a	59,50a	58,2A	23,50a	21,00a	22,2B
BRS 245RR	1,00a	0,00a	0,50B	26,50a	35,50a	31,0B	26,50a	21,00a	23,7B
BRS 247RR	0,75a	1,75a	1,25B	59,00a	49,50a	54,2A	30,00a	35,00a	32,5A
SilvâniaRR	3,00a	2,00a	2,50A	28,50a	19,00a	23,7B	28,00a	24,50a	26,2B
ValiosaRR	2,00a	2,25a	2,13A	32,50a	34,50a	33,5B	6,00a	8,00a	7,0C

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

ca, que avaliam a integridade das membranas sejam, teoricamente, mais sensíveis para estimar o vigor de sementes, o que, aliado às afirmativas de Lacerda & Matallo (2008), possivelmente explicaria as alterações somente dos valores de condutividade elétrica. No entanto, isolados, esses resultados de condutividade elétrica não representam diferenças substanciais que justifiquem queda de qualidade, quando utilizado o glifosato em plantas de soja RR.

De forma semelhante, nos dois experimentos de produção de sementes, não se observaram diferenças quanto aos teores de lignina na planta (caule e legumes) e em

Tabela 2. Valores médios obtidos nos testes de condutividade elétrica de sementes de soja RR, submetidas à capina e pulverização com herbicida glifosato, safra 2007/08, ensaio de campo

Cultivares	Condutividade elétrica	
	Capina	Herbicida
Baliza RR	61,0aA	48,0bB
BRS 245 RR	69,0aA	70,0aA
BRS 247 RR	52,0bB	70,0aA
Silvânia RR	69,0aA	69,0aA
Valiosa RR	46,0aB	40,0aB

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

tegumento de sementes das cultivares de soja RR, quando utilizado o herbicida glifosato (Tabela 3 e 4). No entanto, quando comparados os resultados obtidos entre as diferentes cultivares de soja RR, observaram-se diferenças significativas na maioria das variáveis analisadas, com exceção do teste de envelhecimento acelerado, obtido com as sementes produzidas em casa de vegetação (Tabela 4), e dos Índices de Velocidade de Emergência e Índices de Velocidade de Germinação (Tabela 1), obtidos com as sementes produzidas em campo.

No geral, observa-se, na Tabela 1, que as sementes do cultivar BRS Baliza RR apresentaram maior viabilidade e vigor, quando comparadas com as dos demais cultivares. Em contrapartida, quando observado o comportamento das sementes dos cultivares BRS 245 RR e BRS Valiosa RR, notou-se que o envelhecimento precoce reduziu significativamente a germinação, que apresentou, no teste de germinação, os melhores resultados quando produzidas em campo (Tabela 1).

Produzidas em casa de vegetação, as sementes do cultivar BRS 245 RR apresentaram qualidade superior à das sementes do cultivar BRS Valiosa RR, quando analisados os resultados de germinação, IVG 1 e IVG 2 (Tabela 4). Segundo Panobianco (1997), cultivares de soja com tegumento menos permeável tem como características gerais o melhor potencial de conservação, os níveis in-

Tabela 3. Valores médios para teores de lignina no tegumento de sementes, legume e caule (%) de plantas de soja RR, submetidos à capina (C) e pulverização com herbicida glifosato (H), safra 2007/08, ensaio de campo

Cultivares	Lig. Tegumento			Lig. legume			Lig. Caule		
	C	H	Média	C	H	Média	C	H	Média
BalizaRR	0,24a	0,23a	0,23B	8,66a	8,09a	8,37C	12,71a	13,61a	13,16B
BRS 245RR	0,19a	0,19a	0,19B	8,41a	7,81a	8,11C	12,20a	13,07a	12,63B
BRS 247RR	0,20a	0,20a	0,20B	9,26a	8,57a	8,92B	13,43a	12,91a	13,17B
SilvâniaRR	0,29a	0,30a	0,30A	9,61a	9,03a	9,32A	20,23a	18,50a	19,36A
ValiosaRR	0,27a	0,30a	0,28A	7,87a	7,70a	7,78D	14,62a	13,35a	13,98B

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

Tabela 4. Valores médios obtidos nos testes de avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja RR e teores de lignina em tegumento de sementes de soja RR, submetidas (H) ou não (T) à pulverização com herbicida glifosato, safra 2007/08, ensaio de casa de vegetação

Cultivares	Germinação			IVG 1			IVG 2		
	T	H	Média	T	H	Média	T	H	Média
Valiosa RR	91,0a	89,50a	90,25B	2,66a	2,66a	2,66B	4,18a	4,20a	4,19B
BRS 245RR	94,25a	93,75a	94,00A	2,49a	2,34a	2,42A	4,10a	4,12a	4,11A

Cultivares	Env. Acelerado			Lignina Tegumento		
	T	H	Média	T	H	Média
Valiosa RR	98,75a	97,50a	98,12A	0,33a	0,26a	0,30A
BRS 245RR	98,50a	96,75a	97,62A	0,21a	0,22a	0,22B

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

feriores de infecção por patógenos, o maior vigor e viabilidade, além da resistência à reabsorção de umidade após a maturidade fisiológica. No entanto, não foi possível relacionar, neste ensaio, qualidade e teor de lignina no tegumento de sementes, uma vez que, para esta variável, o cultivar Valiosa RR apresentou-se estatisticamente superior a BRS 245 RR (Tabela 4).

De forma semelhante, os diferentes cultivares avaliadas em campo apresentaram diferentes respostas, quando as sementes foram submetidas aos testes de vigor e quantificação dos teores de lignina, resultado este já esperado, em função da grande variabilidade genética existente entre estes materiais. Mais uma vez não foi possível relacionar qualidade fisiológica e teor de lignina no tegumento de sementes das cultivares RR estudadas.

CONCLUSÕES

A utilização do herbicida glifosato em plantas de soja RR, em campo ou em casa de vegetação, de maneira geral não altera a qualidade fisiológica de sementes e os teores de lignina na planta.

As sementes dos cultivares de soja avaliadas apresentaram respostas diferenciadas, quando submetidas aos diferentes testes de vigor, não sendo possível relacionar estes dados aos teores de lignina em seus tegumentos.

AGRADECIMENTOS

À Embrapa Soja e à Embrapa Cerrados, pela concessão das sementes, e à FAPEMIG e CNPq pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- Amarante Jr OP, Santos TCR, Brito NM & Ribeiro ML (2002) Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. *Química Nova*, 25:589-593.
- Becerril JM, Duke SO & Lydon J (1989) Glyphosate effects on shikimate pathway products in leaves and flowers of velvetleaf. *Phytochemistry*, 28:695-699.
- Bervald CMP (2006) Desempenho fisiológico e metabolismo de sementes de soja convencional e transgênica submetidas ao glifosato. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 51p.
- Brasil - Ministério da Agricultura (1992) Regras para análise de sementes. Brasília, MA/SNDA/DNDV/CLV. 365p.
- Capeleti I, Ferrarese MLL, Krzyzanowski FC & Ferrarese Filho O (2005) A new procedure for quantification of lignin in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) seed coat and their relationship with the resistance to mechanical damage. *Seed Science and Technology*, 33:511-515.
- Coghlan A (1999) Splitting headache: Monsanto's modified soy beans are cracking up in the heat. Disponível em: <<http://www.mindfully.org/GE/Monsanto-RR-Soy-Cracking.htm>>. Acessado em: 10 de março de 2009.
- Cole AW & Cerdeira AL (1982) Southernpea response to glyphosate desiccation. *HortScience*, 17: 244-246.
- Delouche JC & Baskin CC (1973) Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Science and Technology*, 1:427-452.
- Duke SO & Hoagland RE (1985) Effects of glyphosate on metabolism of phenolic compounds. Disponível em: <<http://www.cababstractsplus.org/abstracts/Abstract.aspx?AcNo=19850776767>>. Acessado em: 11 de março de 2009.
- Edmisten KL, Wells R & Wilcut JW (2000) Investigation of the cavitation and large boll shed in roundup ready cotton. Disponível em: <<http://www.cottoninc.com/projects/summaries/2000ProjectSummaries/detail.asp?projectID=119>>. Acessado em: 12 de março de 2006.
- Edmond JB & Drapala WS (1958) The effects of temperature, sand and acetone on germination of okra seed. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 71:428-434.
- Fehr WR & Caviness CE (1977) Stage of soybean development. Ames, Iowa State University. 11p.
- Gertz Junior JM, Vencill WK & Hill NS (1999) Tolerance of transgenic soybean (*Glycine max*) to heat stress. In: brighton crop protection conference: weeds, 3., Brighton. *Proceedings*, Brighton: BCP, p.835-840.
- Giesy JP, Dobson S, & Solomon KR (2000) Avaliação de risco ecotoxicológico para o herbicida Roundup®. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 167:35-120.
- Kuiper HA, Kleter GA, Noteborn HPJM & Kok EJ (2001) Assessment of the food safety issues related to genetically modified foods. *The Plant Journal*, 27:503-528.
- Lacerda AL de S & Matallo MB (2008) Verificação do ácido chiquímico em soja geneticamente modificada. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 60., Campinas. Anais, UNICAMP. Disponível em: <<http://www.sbpnet.org.br/livro/60ra/resumos/resumos/R2708-1.html>>. Acessado em: 11 de março de 2009.
- McDougall GJ, Morrison IM, Stewart D & Hillman JR (1996) Plant cell walls as dietary fibre: range, structure, processing and function. *Journal Science Food Agriculture*, 70:133-150.
- Marcos Filho J, Cicero SM & Silva WR da (1987) Avaliação da qualidade da semente. Piracicaba, FEALQ. 230p.
- Nodari RO & Destro D (2006) 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: notícias no AgrAzul. Disponível em: <<http://www.agirazul.com.br/123/noticias/000000a3.htm>>. Acessado em: 22 de abril de 2006.
- Ometo JC (1981) Bioclimatologia vegetal. São Paulo, Agronômica Ceres. 525p.
- Padgett SR, Kolacz KH, Delannay X, Re DB, La Vallee DJ, Tinius CN, Rhodes WK, Otero I & Barry GF (1995) Development, Identification, and Characterization of a Glyphosate-Tolerant Soybean Line. *Crop Science*, 35:1451-1461.
- Panobianco M (1997) Variação na condutividade elétrica de sementes de diferentes genótipos de soja e relação com o conteúdo de lignina no tegumento. Dissertação de Mestrado. FCAVJ/UNESP, Jaboticabal. 59p.
- R Development Core Team (2008) R, a language and environment for statistical computing: reference index version 2.8.0. Vienna. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acessado em: 10 de março de 2009.
- Ribeiro AC, Guimarães PTG & Vicente VHA (1999) Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Lavras, UFLA. 359p.

- Storck L, Garcia DC, Lopes SJ & Estefanel V (2000) Experimentação vegetal. Santa Maria, UFSM. 198p.
- Trezzi MM, Kruse ND, Vidal RA (2001) Inibidores de EPSPS. In: Vidal, R.A. & Merotto JR, A. (Eds.). *Herbicidologia*, Porto Alegre. p.37-45.
- Vidal RA (1997) *Herbicidas: mecanismos de ação e resistência de plantas*. Porto Alegre, Ribas Vidal. 165p.
- Vieira RD (1994) Teste de condutividade elétrica. In: Vieira RD & Carvalho NM (Eds.). *Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal, FUNEP. p.103-132.
- Vieira RD, Carvalho NM & Sader R (1994). In: Vieira RD & Carvalho NM (Eds.). *Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal, FUNEP. 31-47p.
- Willians G M, Kroes R. & Munro IC (2000) Avaliação de segurança e de risco do herbicida Roundup e seu componente ativo, glifosato, para humanos. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 31:117-165.