

QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES DE SOJA RR EM RESPOSTA AO USO DE DIFERENTES TRATAMENTOS CONTENDO GLYPHOSATE EM APLICAÇÃO SEQUENCIAL

PHYSIOLOGICAL QUALITY OF RR SOYBEAN SEEDS IN RESPONSE TO THE USE OF DIFFERENT TREATMENTS WITH SEQUENTIAL GLYPHOSATE APPLICATION

Leandro Paiola ALBRECHT¹; Diego Gonçalves ALONSO²; Jamil CONSTANTIN³;
Rubem Silvério de OLIVEIRA JR.³; Alessandro de Lucca e BRACCINI³;
Alfredo Jr. Paiola ALBRECHT⁴

1. Professor, Doutor, Universidade Estadual de Maringá - UEM, Umuarama, PR, Brasil. lpalbrecht@yahoo.com.br; 2. Engenheiro Agrônomo, Doutorando, UEM, Maringá, PR, Brasil; 3. Professor, Doutor, UEM, Maringá, PR, Brasil; 4. Acadêmico do curso de Agronomia, UEM, Maringá, PR, Brasil.

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica das sementes da soja RR, sob efeito do manejo com glyphosate em pós-emergência, aplicado em misturas ou isolado, de forma sequencial. O trabalho foi constituído de três experimentos com distintos tratamentos, instalados no ano agrícola 2006/2007, no município de Florai, PR. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com doze tratamentos e quatro repetições, para cada experimento. A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada por meio dos testes de germinação e primeira contagem do teste de germinação. Os resultados demonstraram que a aplicação sequencial de glyphosate isolado e em altas doses influenciou mais a qualidade das sementes de soja RR, do que a aplicação sequencial em mistura com outros herbicidas, como o lactofen e o chlorimuron-ethyl. Não foi constatado efeito negativo sobre a qualidade fisiológicas das sementes, quando das misturas de glyphosate com estes herbicidas em pós-emergência.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max*. Mistura. Herbicidas. Desempenho.

INTRODUÇÃO

Nas condições brasileiras, o uso de misturas de herbicidas tem crescido na condução das lavouras, principalmente na dessecação da cobertura vegetal para semeadura direta da soja e no manejo de plantas daninhas em pós-emergência da cultura da soja, seja ela convencional ou transgênica.

Mudanças na composição florística, advinda do uso intensivo de glyphosate no controle de plantas daninhas na soja RR, podem ocorrer, conforme percepção de pesquisadores (CULPEPPER, 2006), necessitando de medidas como a mistura em tanque de herbicidas. Norris et al. (2001) avaliam que combinações de herbicidas são benéficas porque requerem menor tempo para aplicação e custam menos, comparados à aplicação de cada herbicida individualmente, e porque elas podem aumentar o espectro de plantas daninhas controladas. Porém, há muitas questões a serem levantadas quanto ao efeito das misturas em tanque no controle de plantas daninhas e no crescimento e desenvolvimento da soja resistente ao glyphosate (NELSON; RENNER, 2001), além da produtividade e da qualidade fisiológica das sementes.

Por exemplo, chlorimuron aplicado com glyphosate proporcionou controle de plantas daninhas iguais ou melhor do que a aplicação de

glyphosate isolado (HYDRICK; SHAW, 1994), resultados semelhantes foram encontrados por Vidrine et al. (1997). Por outro lado, a mesma mistura apresenta resultados divergentes em outros trabalhos. Mistura de glyphosate com chlorimuron, fomesafen e sulfentrazone podem resultar em antagonismo na ação do glyphosate (STARKE; OLIVER, 1996). Neste trabalho, os autores relatam ainda que, quando o glyphosate foi combinado com chlorimuron, 25% das avaliações foram consideradas antagonísticas, com nenhuma resposta sinérgica. Os mesmos autores também relatam que combinações de glyphosate com fomesafen foram antagonísticas em 70% dos casos.

O glyphosate inibe a 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs), enzima da rota do shiquimato, que leva à síntese dos aminoácidos aromáticos tirosina, fenilalanina e triptofano (KRUZE et al., 2000). As variedades de soja RR contêm a enzima EPSPs proveniente de *Agrobacterium* sp. (PADGETTE et al., 1995) a qual é resistente ao glyphosate. Contudo, podem ocorrer problemas no metabolismo secundário (LYDON; DUKE, 1989), no metabolismo do AIA (ácido indol-3-acético) (Lee, 1982), na produção de fitoalexinas (KEEN et al., 1982), na rizosfera (KREMER et al., 2005), na fixação biológica do nitrogênio (MARÍA et al., 2006; ZABLOTOWICZ;

REDDY, 2004; SANTOS et al., 2004; DVORANEN et al., 2008), na nutrição mineral (GORDON, 2006; NEUMANN et al., 2006; ZOBIOLE et al., 2009), na fotossíntese, uso da água e biomassa (ZOBIOLE et al., 2009; ZOBIOLE et al., 2010) e na produção de metabólitos com potencial de injúria (REDDY et al., 2004).

Devido à possibilidade de danos oriundo do uso do glyphosate, seja isolado, ou em misturas feitas em tanque com outros herbicidas, sobre plantas de soja RR, supõe-se que interferências possam acontecer no âmbito do desempenho fisiológico das sementes. No entanto, pouco se sabe, e escassas são as pesquisas referentes ao potencial fisiológico das sementes provenientes da soja RR, especialmente no que concerne ao resultante do manejo de herbicidas em pós-emergência.

Com o intuito de avaliar o efeito do uso de glyphosate e de misturas, em pós-emergência da soja transgênica, o objetivo desse trabalho foi caracterizar a viabilidade e o vigor das sementes de soja RR em resposta aos diferentes tratamentos contendo glyphosate, aplicados de forma sequencial.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi constituído de três experimentos com tratamentos distintos, instalados no ano agrícola 2006/2007.

Os ensaios foram instalados em área de semeadura direta na Fazenda Nossa Senhora Aparecida, no município de Floraí, Paraná. A área em questão havia sido cultivada com aveia no inverno anterior a semeadura da soja. O clima predominante na região é do tipo Cfa, mesotérmico úmido, com chuvas abundantes no verão e inverno seco com verões quentes, segundo classificação de Köppen (IAPAR, 1987). O solo da área experimental foi identificado como Latossolo Vermelho eutrófico (EMBRAPA, 1999), textura arenosa (7% de argila, 92% de areia e 1% de silte). Foi utilizada a cultivar de soja CD 214 RR, pertencente ao grupo de maturação precoce, com ciclo médio de 115 dias. As sementes foram inoculadas e tratadas com micronutrientes e fungicidas e a semeadura ocorreu no dia 09/11/2006 com espaçamento de 0,45 m entre linhas, na profundidade de aproximadamente três centímetros e uma densidade de semeadura de 18 sementes por metro linear. A adubação de plantio consistiu em 270 kg ha⁻¹ do formulado 00-18-18 de NPK no sulco de plantio e de 83 kg ha⁻¹ de KCl em cobertura aos 40 dias após a emergência (DAE).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com doze tratamentos e quatro repetições. Na Tabela 1 encontram-se os tratamentos, com herbicidas e doses utilizados no experimento I; na Tabela 2, o experimento II; e na Tabela 3, o experimento III.

Tabela 1. Herbicidas, épocas de aplicação e doses utilizadas no Experimento I.

TRATAMENTOS	HERBICIDAS	ÉPOCAS DE APLICAÇÃO (Estádio de desenvolvimento da soja)	DOSES (g i.a. ha ⁻¹) ¹
I	1ª aplicação: Cloransulam-methyl + Glyphosate 2ª aplicação: Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂) 30 DAE (V ₄)	30,24 + 720 480
II	1ª aplicação: Fomesafen + Glyphosate 2ª aplicação: Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂) 30 DAE (V ₄)	125 + 720 480
III	1ª aplicação: Lactofen + Glyphosate 2ª aplicação: Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂) 30 DAE (V ₄)	72 + 720 480
IV	1ª aplicação: Chlorimuron-ethyl + Glyphosate 2ª aplicação: Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂) 30 DAE (V ₄)	12,5 + 720 480
V	1ª aplicação: Flumiclorac-pentyl + Glyphosate 2ª aplicação: Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂) 30 DAE (V ₄)	30 + 720 480
VI	1ª aplicação: Bentazon + Glyphosate 2ª aplicação: Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂) 30 DAE (V ₄)	480 + 720 480
VII	1ª aplicação: Imazethapyr + Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂) 30 DAE (V ₄)	80 + 720 480

	2ª aplicação: Glyphosate		
VIII	1ª aplicação: Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂)	720
	2ª aplicação: Glyphosate	30 DAE (V ₄)	480
IX	1ª aplicação: Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂)	960
	2ª aplicação: Glyphosate	30 DAE (V ₄)	480
X	1ª aplicação: Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂)	1200
	2ª aplicação: Glyphosate	30 DAE (V ₄)	480
XI	1ª aplicação: Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂)	960
	2ª aplicação: Glyphosate	30 DAE (V ₄)	720
XII	Testemunha	--	--

¹gramas de ingrediente ativo por hectare

Tabela 2. Herbicidas, épocas de aplicação e doses utilizadas no Experimento II.

TRATAMENTOS	HERBICIDAS	ÉPOCAS DE APLICAÇÃO (Estádio de desenvolvimento da soja)	DOSES (g i.a. ha ⁻¹) ¹
I	1ª aplicação: Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂)	720
	2ª aplicação: Cloransulam-methyl + Glyphosate	30 DAE (V ₄)	30,24 + 480
II	1ª aplicação: Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂)	720
	2ª aplicação: Fomesafen + Glyphosate	30 DAE (V ₄)	125 + 480
III	1ª aplicação: Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂)	720
	2ª aplicação: Lactofen + Glyphosate	30 DAE (V ₄)	72 + 480
IV	1ª aplicação: Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂)	720
	2ª aplicação: Chlorimuron-ethyl + Glyphosate	30 DAE (V ₄)	12,5 + 480
V	1ª aplicação: Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂)	720
	2ª aplicação: Flumiclorac-pentyl + Glyphosate	30 DAE (V ₄)	30 + 480
VI	1ª aplicação: Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂)	720
	2ª aplicação: Bentazon + Glyphosate	30 DAE (V ₄)	480 + 480
VII	1ª aplicação: Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂)	720
	2ª aplicação: Imazethapyr + Glyphosate	30 DAE (V ₄)	80 + 480
VIII	1ª aplicação: Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂)	720
	2ª aplicação: Glyphosate	30 DAE (V ₄)	480
IX	1ª aplicação: Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂)	720
	2ª aplicação: Glyphosate	30 DAE (V ₄)	720
X	1ª aplicação: Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂)	720
	2ª aplicação: Glyphosate	30 DAE (V ₄)	960
XI	1ª aplicação: Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂)	720
	2ª aplicação: Glyphosate	30 DAE (V ₄)	1200
XII	Testemunha	--	--

¹gramas de ingrediente ativo por hectare

Tabela 3. Herbicidas, épocas de aplicação e doses utilizadas no Experimento III.

TRATAMENTOS	HERBICIDAS	ÉPOCAS DE APLICAÇÃO (Estádio de desenvolvimento da soja)	DOSES (g i.a. ha ⁻¹) ¹
I	1ª aplicação: Cloransulam-methyl	15 DAE (V ₁ a V ₂)	15,12 + 720
	+ Glyphosate	30 DAE (V ₄)	15,12 + 480

	2ª aplicação: Cloransulam-methyl + Glyphosate		
II	1ª aplicação: Fomesafen + Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂)	62,5 + 720
	2ª aplicação: Fomesafen + Glyphosate	30 DAE (V ₄)	62,5 + 480
III	1ª aplicação: Lactofen + Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂)	36 + 720
	2ª aplicação: Lactofen + Glyphosate	30 DAE (V ₄)	36 + 480
IV	1ª aplicação: Chlorimuron-ethyl + Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂)	6,25 + 720
	2ª aplicação: Chlorimuron-ethyl + Glyphosate	30 DAE (V ₄)	6,25 + 480
V	1ª aplicação: Flumiclorac-pentyl + Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂)	15 + 720
	2ª aplicação: Flumiclorac-pentyl + Glyphosate	30 DAE (V ₄)	15 + 480
VI	1ª aplicação: Bentazon + Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂)	240 + 720
	2ª aplicação: Bentazon + Glyphosate	30 DAE (V ₄)	240 + 480
VII	1ª aplicação: Imazethapyr + Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂)	40 + 720
	2ª aplicação: Imazethapyr + Glyphosate	30 DAE (V ₄)	40 + 480
VIII	1ª aplicação: Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂)	720
	2ª aplicação: Glyphosate	30 DAE (V ₄)	480
IX	1ª aplicação: Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂)	720
	2ª aplicação: Glyphosate	30 DAE (V ₄)	720
X	1ª aplicação: Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂)	960
	2ª aplicação: Glyphosate	30 DAE (V ₄)	960
XI	1ª aplicação: Glyphosate	15 DAE (V ₁ a V ₂)	1200
	2ª aplicação: Glyphosate	30 DAE (V ₄)	1200
XII	Testemunha	--	--

¹gramas de ingrediente ativo por hectare

As parcelas foram compostas por 8 linhas de plantio espaçadas de 0,45 m e 5 m de comprimento, totalizando 18 m² por parcela. A área útil para as avaliações compreendeu as seis linhas centrais, desprezando-se o meio metro inicial e final de cada parcela (10,8 m²).

O experimento foi mantido livre da presença de plantas daninhas durante todo o período de execução, sendo realizadas capinas manuais sempre que necessário, de forma que não houvesse interferência das plantas daninhas em relação à soja. A primeira aplicação dos tratamentos foi realizada no dia 30/11/2006, 15 dias após a emergência (DAE) das plantas, quando a soja encontrava-se no estágio V₁ para V₂ de desenvolvimento. No momento da aplicação dos tratamentos, o solo encontrava-se úmido, a temperatura do ar era de 30°C e a umidade relativa do ar era de 65% -

experimento I; a temperatura do ar era de 26 °C e a umidade relativa do ar era de 92% - experimento II; a temperatura do ar era de 27 °C e a umidade relativa do ar era de 73% - experimento III.

A segunda aplicação dos tratamentos foi realizada em 15/12/2006, 30 DAE, no estágio V₄ de desenvolvimento da cultura. No momento da aplicação dos tratamentos, o solo encontrava-se úmido, a temperatura do ar era de 33 °C e a umidade relativa do ar era de 67% - experimento I; a temperatura do ar era de 33 °C e a umidade relativa do ar era de 67% - experimento II; a temperatura do ar era de 34 °C e a umidade relativa do ar era de 62% - experimento III.

Para todas as aplicações, foi utilizado um pulverizador costal de pressão constante à base de CO₂, equipado com pontas tipo leque XR-110.02, pressão de 2,0 kgf cm⁻². Estas condições de

aplicação proporcionaram o equivalente a 200 L ha⁻¹ de calda.

A colheita do total de plantas de soja da área útil de cada parcela foi manual, posteriormente ensacada, trilhada e pesada. As sementes obtidas foram acondicionadas em câmara sob refrigeração e posteriormente submetidas à avaliação da qualidade. As avaliações foram conduzidas no Laboratório de Tecnologia de Sementes do Núcleo de Pesquisa Aplicada à Agricultura (NUPAGRI) da UEM, em Maringá – PR.

A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada por meio dos testes de germinação (indicativo de viabilidade) e primeira contagem do teste de germinação (indicativo de vigor).

O teste de germinação foi realizado com quatro subamostras de 50 sementes para cada tratamento e repetição de campo. As sementes foram semeadas entre três folhas de papel-toalha umedecidas com água destilada, utilizando-se a quantidade de água equivalente a três vezes a massa do papel seco. Foram confeccionados rolos sendo estes levados para germinador do tipo Mangelsdorf, regulado para manter constante a temperatura de 25

°C, por um período de oito dias. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais, segundo as prescrições contidas nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

A primeira contagem do teste de germinação foi efetuada em conjunto com o teste de germinação, computando-se a porcentagem de plântulas normais obtidas no quinto dia após a semeadura (BRASIL, 1992).

Para todos os experimentos, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Não foi necessária a transformação dos dados, pois todas as pressuposições básicas para análise de variância foram atendidas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos experimentos I e II não apresentaram resposta significativa em função dos tratamentos, pela análise de variância ($P < 0,05$) (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância com o quadrado médio, coeficiente de variação, média e DMS das variáveis avaliadas nos três ensaios.

FV	GL	QM ¹					
		Experimento I		Experimento II		Experimento III	
		Vigor	Viabilidade	Vigor	Viabilidade	Vigor	Viabilidade
Tratamento	11	101,1223 ^{NS}	16,1037 ^{NS}	23,2858 ^{NS}	14,8421 ^{NS}	31,4754*	29,6970*
Bloco	3	144,2819	121,8287	45,3233	26,6961	65,2431	50,5000
Resíduo	33	64,6629	32,5795	14,6782	7,8238	11,8339	8,5000
CV (%)		11,60	7,40	5,11	3,58	4,76	3,87
Média		69,31	77,12	74,99	78,14	72,23	75,33
DMS		19,97	14,17	9,51	6,95	8,54	7,24

¹ “NS”, não significativo e “*” significativo, a 5% de probabilidade.

Na Tabela 5, podem ser observados os resultados pertinentes ao experimento II, no tocante ao vigor e a viabilidade das sementes de soja, em que o teste de Tukey evidenciou diferenças entre as médias, para ambas as variáveis. As únicas diferenças estatísticas apontadas ($P < 0,05$) estão, entre os tratamentos 4 (glyphosate mais

chlorimuron-ethyl) e 11 (com duas aplicações de glyphosate, com 1.200 g i.a. ha⁻¹), para vigor e, 3 (glyphosate mais lactofen), 4, 10 e 11 (ambas com duas aplicações de glyphosate, com 960 e 1.200 g i.a. ha⁻¹, respectivamente), para viabilidade das sementes.

Tabela 5. Média de plântulas normais obtidas pelo teste de germinação (viabilidade) e primeira contagem do teste de germinação (vigor), em resposta aos tratamentos, no Experimento III.

TRATAMENTOS	HERBICIDAS	Vigor ¹	Viabilidade ¹
I	1ª aplicação: Cloransulam-methyl + Glyphosate	73,00 abc	76,50 ab
	2ª aplicação: Cloransulam-methyl + Glyphosate		
II	1ª aplicação: Fomesafen + Glyphosate	72,50 abc	75,50 ab

	2ª aplicação: Fomesafen + Glyphosate		
III	1ª aplicação: Lactofen + Glyphosate	76,50 ab	78,50 a
	2ª aplicação: Lactofen + Glyphosate		
	1ª aplicação: Chlorimuron-ethyl + Glyphosate	77,25 a	
IV	2ª aplicação: Chlorimuron-ethyl + Glyphosate		80,00 a
	1ª aplicação: Flumiclorac-pentyl + Glyphosate	74,00 abc	
V	2ª aplicação: Flumiclorac-pentyl + Glyphosate		77,50 ab
	1ª aplicação: Bentazon + Glyphosate	71,50 abc	
VI	2ª aplicação: Bentazon + Glyphosate		74,50 ab
	1ª aplicação: Imazethapyr + Glyphosate	72,75 abc	
VII	2ª aplicação: Imazethapyr + Glyphosate		74,75 ab
	1ª aplicação: Glyphosate	71,00 abc	
VIII	2ª aplicação: Glyphosate		74,25 ab
	1ª aplicação: Glyphosate	71,00 abc	
IX	2ª aplicação: Glyphosate		74,50 ab
	1ª aplicação: Glyphosate	68,50 bc	
X	2ª aplicação: Glyphosate		70,50 b
	1ª aplicação: Glyphosate	67,75 c	
XI	2ª aplicação: Glyphosate		71,25 b
XII	Testemunha	71,00 abc	76,25 ab
DMS	--	8,54	7,24
CV %	--	4,76	3,87
Média	--	72,23	75,33

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo Teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Quanto à viabilidade das sementes de soja RR, cultivar CD 214 RR pode-se distinguir que o tratamento que apresentou sementes com menor percentual germinativo foi o de glyphosate isolado, aplicado de forma sequencial, somando nas duas aplicações um total de 1.920 g i.a. ha⁻¹ e 2.400 g i.a. ha⁻¹, do produto utilizado (tratamento 10 e 11, respectivamente). Os tratamentos supramencionados foram apenas inferiores estatisticamente ($P < 0,05$) aos tratamentos 3 e 4, com lactofen e o chlorimuron-ethyl, respectivamente. Portanto, os maiores percentuais de germinação, quando comparados aos tratamentos 10 e 11, foram obtidos nos tratamentos em que o glyphosate foi somado ao lactofen (tratamento 3) e ao chlorimuron-ethyl (tratamento 4), em ambas as aplicações sequenciais. Unicamente o tratamento 4, com duas aplicações de chlorimuron-ethyl, que apresentou padrão germinativo, caracterizando-o como semente apta a comercialização (BRASIL, 2005).

Com relação ao vigor das sementes, diagnosticado pela primeira contagem no teste de germinação, o teste de Tukey evidenciou a 5% de probabilidade que o tratamento 3 (glyphosate + lactofen misturados em ambas as aplicações sequenciais) foi superior ao tratamento 11 (glyphosate em ambas as aplicações na maior dose). Enquanto, o tratamento 3 (glyphosate + chlorimuron-ethyl) foi superior aos tratamentos 10 e 11 (ambas com duas aplicações de glyphosate, com 960 e 1.200 g i.a. ha⁻¹, respectivamente).

Uma provável causa dos tratamentos 3 e 4, no experimento III, apresentarem qualidade fisiológica superior, quando comparados ao tratamento 10 e 11, pode ser atribuída à prováveis efeitos dos herbicidas lactofen e chlorimuron-ethyl, misturados com o glyphosate. Essas misturas causaram um determinado efeito, inicialmente fitotóxico, que gerou um fator estressante, que pode ter levado até a um menor número de ramificações e inserções e, por consequência, de racemos, além da

decorrente diminuição na quantidade de vagens. Entretanto, as vagens existentes teriam suas sementes com conteúdo modificado, possivelmente um incremento na massa ou modificação na composição química do tecido de reserva das sementes, o que indicaria uma formação diferenciada; pois apesar de serem poucos os drenos fisiológicos (vagens e grãos), eles seriam os órgãos aos quais seriam direcionados os fotoassimilados das fontes presentes (folhas fotossinteticamente ativas) durante a partição de assimilados, diante da relação fonte-dreno. Sementes bem formadas propiciam melhor desempenho fisiológico do material colhido (MARCOS FILHO, 2005).

A explicação plausível para o decréscimo da qualidade fisiológica nos tratamentos 10 e 11, quando comparado ao tratamento 3 e 4 no ensaio III, é o possível efeito deletério ou fitointoxicação de altas doses de glyphosate, mesmo em cultivares resistentes a esse herbicida.

Sabe-se que o glyphosate é um herbicida que inibe a síntese de aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina e triptofano) e interfere no metabolismo secundário de plantas e microorganismos que possuem o ciclo do ácido chiquímico e, que o mecanismo de ação do glyphosate é quase exclusivo, uma vez que apenas ele e o sulfosate inibem especificamente a enzima EPSPs que catalisa a condensação do ácido chiquímico à fosfoenolpiruvato (JAWORSKI, 1972; DUKE et al., 1979; LYDON; DUKE, 1989). É possível que a ação sobre a rota metabólica do ácido chiquímico, gere alterações na biossíntese de compostos, mesmo em plantas transgênicas, uma vez que a introdução de gene que codifica uma EPSP sintase alternativa não impede a inibição da EPSP sintase não oriunda da transgenia. Porém, tal hipótese é pouco provável, como demonstrado por Duke et al. (2002).

No entanto, injúrias (como redução nos níveis de clorofila, entre outras) podem ser causadas pela degradação do glyphosate em AMPA (ácido amino-methylphosphonic). O aumento na dose de glyphosate pode elevar o conteúdo de AMPA, potencializando assim o efeito fitotóxico desse metabólito (REDDY et al., 2004). O AMPA acumula nas sementes (DUKE et al., 2003), portanto, a presença de AMPA em sementes de soja pode ser um agente nocivo na fisiologia da semente, desencadeando distúrbios que levam a sementes anormais e, conseqüentemente, diminuindo o desempenho fisiológico das sementes da soja RR.

Alterações também podem acontecer no metabolismo da auxina (LEE, 1982), na nutrição de mineral das plantas de soja, como no caso do

manganês (GORDON, 2006), do níquel e de tanto outros nutrientes minerais essenciais as plantas (ZOBIOLE et al., 2009; ZOBIOLE et al., 2010) e na fotossíntese (ZOBIOLE et al., 2009; ZOBIOLE et al., 2010). Plantas com problemas nutricionais tendem a possuir sementes mal formadas, como menor quantidade de lignina quando presente a deficiência de Mn (MANN et al., 2002; MALAVOLTA et al., 1997); e desbalanços hormonais e problema na eficiência fotossintética afetam severamente toda a fisiologia do vegetais, implicando em sementes menos aptas fisiologicamente (MARCOS FILHO, 2005).

Outra possibilidade que pode estar envolvida no efeito do glyphosate neste experimento é o fato de que o glyphosate pode prejudicar a simbiose mutualística entre o rizóbio e a soja (ZABLOTOWICZ; REDDY, 2004; MARÍA et al., 2006; DVORANEN et al., 2008; ZOBIOLE et al., 2010), uma vez que o microorganismo também apresenta em seu metabolismo a EPSPs, a qual é sensível ao herbicida (ZABLOTOWICZ; REDDY, 2004; SANTOS et al., 2004). Sem simbiose, há diminuição do aporte de nitrogênio para a planta, conseqüentemente diminuindo a síntese de proteínas. Sendo a soja uma leguminosa, que armazena no cotilédone grande quantidade de reserva protéica, uma menor síntese de aminoácidos pode levar a um potencial fisiológico inferior, em decorrência da má formação das reservas da semente.

Os resultados demonstram que, apesar das aplicações sequenciais de glyphosate em mistura com outros herbicidas nas doses assumidas (Tabela 1, 2 e 3), podem não ter efeito negativo sobre a qualidade das sementes. É necessário observar que a elevação das doses de glyphosate utilizadas isoladamente em aplicações seqüenciais (no ensaio III) pode originar efeitos indesejáveis sobre a viabilidade e o vigor das sementes de soja RR. Contudo, muitos estudos ainda são convenientes para que a ação deletéria de altas doses de glyphosate sobre a fisiologia da soja RR seja consistentemente compreendida e, por conseguinte, o entendimento de efeitos secundários do glyphosate que possam desencadear problemas no desempenho fisiológico das sementes de soja RR.

CONCLUSÕES

A aplicação sequencial de glyphosate isolado e em altas doses possui potencial de influenciar negativamente a qualidade fisiológica das sementes de soja RR.

Não fica evidente a real diminuição na qualidade das sementes de soja, pelo uso de

glyphosate em mistura com outros herbicidas pós-emergentes, em diferentes modalidades de manejo.

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the physiological quality of RR soybean seeds, under the effect of management with postemergence glyphosate applied alone or in mixtures, in sequence. The work consisted of three experiments with different treatments, installed in 2006/2007, in Florai-PR, Brazil. The experimental design used was a randomized block design with twelve treatments and four replications for each experiment. The physiological quality of seeds was evaluated through germination and the first count of germination test. The results showed that the sequential application of glyphosate alone and at high rates influenced more the quality of RR soybean seeds than the sequential implementation in combination with other herbicides such as lactofen and chlorimuron-ethyl. There was no negative effect on physiological quality of seeds when mixtures of glyphosate with other herbicides were used in post-emergence.

KEYWORDS: *Glycine max.* Mixture. Herbicides. Performance.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Padrões para produção e comercialização de sementes de soja.** Ministério da agricultura. Diário oficial da união, n. 243 de 20 de dezembro de 2005. Seção 1, p.2.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes.** Brasília: SNTA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.

CULPEPPER, A. S. Glyphosate-induced weed shifts. **Weed Technology**, Washington, v. 20, p. 277-281, 2006.

DVORANEN, E. C. et al. Nodulação e crescimento de variedades de soja RR sob aplicação de glyphosate, fluazifop-p-butyl e fomesafen. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 619-625, 2008.

DUKE, S. O.; RIMANDO, A. M.; PACE, P. F.; REDDY, N. K.; SMEDA, R. J. Isoflavone, glyphosate, and aminomethylphosphonic acid levels in seeds of glyphosate-treated, glyphosate-resistant soybean. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 51, p. 340-344, 2003.

DUKE, S. O.; SCHEFFLER, B. E.; DAYAN, F. E.; DYER, W. E. Genetic engineering crops for improved weed management traits. **American Chemical Society Symposium Series**, Washington, v. 829, p. 52-66, 2002.

DUKE, S. O.; HOAGLAND, R. E.; ELMORE, C. D. Effects of glyphosate on metabolism of phenolic compounds. III. Phenylalanine ammonia-lyase activity, free amino acids, soluble protein and hydroxyphenolic compounds in axes of dark-grown soybeans. **Physiologia Plantarum**, Sweden, v. 46, p. 357-366, 1979.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos.** Embrapa, Brasília, 1999. 412p.

GORDON, B. Manganese nutrition of glyphosate-resistant and conventional soybeans. In: **Great Plains Soil Fertility Conference Proceeding**. Denver, CO, March 7-8, 2006, p. 224-226.

HYDRICK, D. E.; SHAW, D. R. Effects of tank-mixture combinations of non-selective foliar and selective foliar-applied herbicides on three weed species. **Weed Technology**, Washington, v. 8, p. 129-133, 1994.

IAPAR. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná.** Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1987. 35p.

JAWORSKI, E. G. Mode of action of N-phosphonomethylglycine: Inhibition of aromatic amino acid biosynthesis. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 20, n. 6, p. 1195-1198, 1972.

- KEEN, N. T.; HOLLIDAY, M. J.; YOSHIKAWA, M. Effects of glyphosate on glyceollin production and the expression of resistance to *Phytophthora megasperma* f. sp. *glycinea* in soybean. **Phytopathology**, Ithaca, v. 72, n. 11, p. 1467-1470, 1982.
- KREMER, R. J.; MEANS, N. E.; KIM, S. Glyphosate affects soybean an root exudation and rhizosphere micro-organisms. **International Journal of Environmental and Analytical Chemistry**, London, v. 85, n. 15, p. 1165-1174, 2005.
- KRUZE, N. D.; TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A. Herbicidas inibidores da EPSPs: Revisão de literatura. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Umuarama, v. 1, n. 2, p. 139-146, 2000.
- LEE, T. T. Mode of action of glyphosate in relation to metabolismo f indol-3-acetica acid. **Physiologia Plantarum**, Sweden, v. 54, p. 289, 1982.
- LYDON, J.; DUKE, S. O. Pesticide effects on secondary metabolism of higher plants. **Pesticide Science**, London, v. 25, p. 361-373, 1989.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: POTAFÓS, 319 p., 1997.
- MANN, E. N.; RESENDE, P. M.; MANN, R. S.; CARVALHO, J. G.; VON PINHO, E. V. R. Efeito da aplicação de manganês no rendimento e na qualidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 12, p. 1757-1764, 2002.
- MARÍA, N.; BECERRIL, J. M.; GARCIA-PLAZAOLA, J. I.; HERNÁNDEZ, A.; FELIPE, M.R.; FERNÁNDEZ-PASCUAL, M. New insights on glyphosate mode of action in nodular metabolism: role of shikimate accumulation. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 54, n. 7, p. 2621-2628, 2006.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.
- NELSON, K. A.; RENNER, K. A. Soybean growth and development as affected by glyphosate and postemergence herbicide tank mixtures. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, n. 2, p. 428-434, 2001.
- NEUMANN, G.; KOHLS, S.; LANDSBERG, E.; STOCK-OLIVEIRA, K.S.; YAMADA, T.; RÖMHELD, V. Relevance of glyphosate transfer to non-target via the rhizosphere. **Journal of Plant Disease and Protection**, Stuttgart, v. 20 (special issue), p. 963-969, 2006.
- NORRIS, J. L.; SHAW, D. R.; SNIPES, C. E. Weed control from herbicide combinations with three formulations of glyphosate. **Weed Technology**, Washington, v. 15, p. 552-558, 2001.
- PADGETTE, S. R. et al. Development, identification, and characterization of a glyphosate-tolerant soybean line. **Crop Science**, Madison, v. 35, p. 1451-1461, 1995.
- REDDY, K. N.; RIMANDO, A. M.; DUKE, S. O. Aminomethylphosphonic acid, a metabolite of glyphosate, causes injury in glyphosate-treated, glyphosate-resistant soybean. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 52, p. 5139-5143, 2004.
- SANTOS, J. B.; FERREIRA, E. A.; KASUYA, M. C. N.; SILVA, A. A. A.; PROCÓPIO, S. O. Efeitos de diferentes formulações comerciais de glyphosate sobre estirpes de *Bradyrhizobium*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 293-299, 2004.
- STARKE, R. J.; OLIVER, L. R. Postemergence weed control with glyphosate in combination with chlorimuron, fomesafen, and sulfentrazone. **Proceedings Southern Weed Science Society**, La Cruces, v. 49, p. 55, 1996.

VIDRINE, P. R.; GRIFFIN, J. L.; JORDAN, D. L.; MILLER, D. K. Postemergence weed control in soybeans utilizing glyphosate and chlorimuron. **Proceedings Southern Weed Science Society**, La Cruces, v. 50, p. 175, 1997.

ZABLOTOWICZ, R. M.; REDDY, K. N. Impact of glyphosate on the *Bradyrhizobium japonicum* symbiosis with glyphosate-resistant transgenic soybean: A minireview. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 33, p. 825-831, 2004.

ZOBIOLE, L. H. S. ; OLIVEIRA JUNIOR, R. S. ; KREMER, R. J. ; CONSTANTIN, J. ; YAMADA, T. ; CASTRO, C. ; OLIVEIRA, F. A. ; OLIVEIRA JUNIOR, A. . Effect of glyphosate on symbiotic N₂ fixation and nickel concentration in glyphosate-resistant soybeans. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 44, n. 2, p. 176-180, 2010.

ZOBIOLE, L. H. S. ; OLIVEIRA JUNIOR, R. S. ; HUBER, D. M. ; CONSTANTIN, J. ; CASTRO, C. ; OLIVEIRA, F. A. ; OLIVEIRA JUNIOR, A. . Glyphosate reduces shoot concentrations of mineral nutrients in glyphosate-resistant soybeans. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 328, p. 57-69, 2009.