

ASSOCIAÇÃO DE AGROTÓXICOS AOS TEORES FOLIARES DE MICRONUTRIENTES E À PRODUTIVIDADE E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA¹

Marcelo Rodrigues Reis², Antonio Alberto Silva³, Marcio Dias Pereira⁴, Leandro Galon⁵, Marco Antonio Moreira Freitas³, André Cabral França⁶, Jardel Lopes Pereira⁷

ABSTRACT

ASSOCIATION OF PESTICIDES WITH SOYBEAN LEAF MICRONUTRIENTS CONTENTS AND SEEDS YIELD AND PHYSIOLOGIC QUALITY

Glyphosate effects on leaf micronutrients contents of transgenic soybean have been widely reported, however, little is known about these effects associated with other pesticides. The objective of this study was to evaluate the physiologic quality and yield of soybean seeds, as well as leaf micronutrients contents, according to weed control methods. Ten RBD treatments were arranged in a split-plot scheme with four replications. The application or non-application of endosulphan + tebuconazole was evaluated in the plots, while the weeds control methods were assessed in the subplots (weeded control; non-weeded control; single application of glyphosate (1,080 g ha⁻¹) and fomesafen + fluzifop-p-butyl (180 + 225 g ha⁻¹), both at 15 DAE; and sequential application of glyphosate (1,080 g ha⁻¹) at 15, 30, and 45 DAE). After harvesting, the soybean seeds were sampled, in order to evaluate their germination, vigor, and yield. Copper and manganese contents were only influenced by the sequential application of glyphosate, associated with endosulphan + tebuconazole. The cold test germination was reduced in seeds of plants treated with fomesafen + fluzifop-p-butyl associated with endosulphan + tebuconazole. Among the treatments without endosulphan + tebuconazole, the sequential application of glyphosate promoted the highest 100-seeds weight, as well as, when associated with endosulphan + tebuconazole, reduced the leaf concentrations of Cu and Mn, however, it improved seeds germination and showed no effects on seeds vigor, when compared with the weeded soybean.

KEY-WORDS: *Glycine Max* L.; germination; herbicide.

RESUMO

Efeitos do glyphosate nos teores foliares de micronutrientes de soja transgênica têm sido amplamente relatados, porém, pouco se sabe sobre seus efeitos associados a outros agrotóxicos. Objetivou-se, neste trabalho, avaliar a produção e a qualidade fisiológica de sementes de soja, bem como os teores de micronutrientes nas folhas, em função de métodos de controle de plantas daninhas. Foram avaliados dez tratamentos DBC, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas, avaliou-se o efeito da aplicação ou não de endossulfan + tebuconazole e, nas subparcelas, o efeito dos métodos de controle de plantas daninhas (testemunha não capinada; testemunha capinada; aplicação única de glyphosate (1.080 g ha⁻¹) e fomesafen + fluzifop-p-butyl (180 + 225 g ha⁻¹), ambas aos 15 DAE; e aplicação sequencial de glyphosate (1.080 g ha⁻¹), aos 15, 30 e 45 DAE). Após a colheita da soja, as sementes foram amostradas, para avaliar a sua germinação, vigor e produtividade. Os teores de manganês foram influenciados pela aplicação sequencial de glyphosate, associada ao endossulfan + tebuconazole. A germinação do teste de frio foi reduzida em sementes de plantas tratadas com fomesafen + fluzifop-p-butyl, em associação com endossulfan + tebuconazole. Dentre os tratamentos sem endossulfan + tebuconazole, a aplicação sequencial de glyphosate promoveu a maior massa de cem sementes, bem como, associada à mistura endossulfan + tebuconazole, diminuiu os teores foliares de Cu e Mn, porém, melhorou a germinação e não influenciou no vigor das sementes, em relação à soja capinada.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine Max* L.; germinação; herbicida.

1. Trabalho recebido em jan./2011 e aceito para publicação em nov./2011 (nº registro: PAT 13051/ DOI: 10.5216/pat.v41i4.13051).

2. Universidade Federal de Viçosa, Instituto de Ciências Agrárias, Rio Paranaíba, MG, Brasil. E-mail: marceloreis@ufv.br.

3. Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia, Viçosa, MG, Brasil.

E-mails: aasilva@ufv.br, marcofreitas11@yahoo.com.br.

4. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil. E-mail: marcioagron@yahoo.com.br.

5. Universidade Federal do Pampa, Departamento de Agronomia, Itaqui, RS, Brasil. E-mail: galonleandro@ig.com.br.

6. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Departamento de Agronomia, Diamantina, MG, Brasil.

E-mail: cabralfranca@yahoo.com.br.

7. Du Pont do Brasil S. A., Divisão de Sementes, Itumbiara, GO, Brasil. E-mail: jardelmail@yahoo.com.br.

INTRODUÇÃO

Plantas daninhas são espécies vegetais que competem com outras culturas por luz, água e nutrientes, podendo reduzir, em até 82%, a produtividade da soja (*Glycine max* L.), quando em competição durante todo o ciclo (Silva et al. 2008).

Além da redução na produtividade, em áreas de cultivo de soja altamente infestadas com plantas daninhas, pode ocorrer atraso na maturação das sementes e, conseqüentemente, na colheita. A desidratação lenta da semente, no campo, em decorrência da presença de alta densidade de plantas daninhas, na fase de maturação, pode causar efeitos indesejáveis às sementes de soja, como a ocorrência de grãos verdes (Cioni et al. 1981, Costa et al. 2005).

A aquisição de sementes com boa qualidade fisiológica é o primeiro fator importante para o estabelecimento adequado da cultura no campo e, conseqüentemente, para se obter elevada produtividade de sementes. A velocidade e uniformidade de germinação das sementes proporcionam à cultura maior capacidade na competição com as plantas daninhas, em função de a cultura se estabelecer primeiro, usufruindo melhor dos recursos, e apresentar maior capacidade de sombreamento (Radosevich et al. 1997).

Após a liberação do cultivo comercial de soja transgênica resistente ao glyphosate - soja RR (Roundup Ready®), o controle de plantas daninhas, nestas lavouras, é realizado com o referido produto, que se destaca, principalmente, por apresentar ação não-seletiva, baixo custo, baixo efeito residual no solo, excelente controle de plantas daninhas em estádios mais avançados e baixo impacto ambiental (Bonny 2007). O glyphosate inibe a enzima EPSPs (5-enol piruvil 3-xiquimato fosfato sintase) da rota metabólica do xiquimato, responsável pela síntese dos aminoácidos essenciais fenilalanina, tirosina e triptofano, interferindo na produção de auxina, lignina e aleloquímicos, inibindo, deste modo, o crescimento e desenvolvimento de plantas sensíveis (Hinchee et al. 1993).

Apesar da baixa sensibilidade das cultivares de soja RR aos efeitos do glyphosate, em relação à soja convencional, vários trabalhos relataram sintomas de clorose foliar e redução de crescimento da soja, após aplicação do produto (Reddy et al. 2000, Foloni 2005, Correia & Durigan 2007, Agostinetto et al. 2009). Alguns autores constataram que a aplicação

de glyphosate pode induzir, direta ou indiretamente, à deficiência de micronutrientes catiônicos, como ferro, zinco e manganês, em plantas de soja RR (Eker et al. 2006, Neumann et al. 2006, Santos et al. 2007, Bott et al. 2008, Agostinetto et al. 2009). Estes mesmos autores relataram que tais deficiências ocorrem devido à complexação dos micronutrientes catiônicos com o grupo fosfato, presente na molécula de glyphosate tanto no solo quanto no interior das plantas.

Alterações na nutrição mineral da cultura, associada ao ataque de pragas e doenças, podem comprometer a produtividade e a qualidade fisiológica das sementes. Ainda é possível ocorrer interações sinérgicas ou antagônicas entre o glyphosate e outros agrotóxicos utilizados no controle de pragas e doenças, o que pode ou não potencializar os efeitos prejudiciais à cultura da soja, respectivamente.

A associação do herbicida nicosulfuron aos inseticidas terbufós, no plantio, e chlórpirifós, em mistura de tanque, reduziu a produção de grãos de milho, em relação às parcelas tratadas somente com herbicida (Kapusta & Krausz 1992, Silva et al. 2005). As combinações de fungicidas no tratamento de sementes (thiabendazol, pentachloronitrobenzene, captan e fludioxonil) e herbicidas (imazethapyr, imazamox, glyphosate e glyphosate + cloransulam-methyl) não interferiram na produtividade da soja (Bierman et al. 2006). Evidenciou-se que há pouca informação disponível na literatura, avaliando os efeitos destas interações entre agrotóxicos.

Diante do exposto, objetivou-se, neste trabalho, avaliar a qualidade fisiológica de sementes e teores de micronutrientes em plantas de soja, em função de métodos de controle de plantas daninhas, associados ou não à aplicação de endossulfan + tebuconazole.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo, na estação experimental da Universidade Federal de Viçosa, Coimbra, MG (20°45'20"S, 42°52'40"W e altitude de 700 m), entre os meses de dezembro e abril, no ano agrícola 2007/2008, em Argissolo Vermelho-Amarelo câmbico, cujos atributos químicos e físicos foram: pH em água: 5,40; CTC (T): 9,33 cmol_c dm⁻³; H + Al: 5,78 cmol_c dm⁻³; Ca: 2,40 cmol_c dm⁻³; Mg: 0,8 cmol_c dm⁻³; P: 10,4 mg dm⁻³; K: 138 mg dm⁻³; M.O.: 1,70 dag kg⁻¹; argila: 51 dag kg⁻¹; silte: 13 dag kg⁻¹; e areia: 36 dag kg⁻¹.

Aos 15 dias antes da semeadura da soja, realizou-se a dessecação química da área com glyphosate + 2,4-D ($1.440 + 470 \text{ g ha}^{-1}$), em mistura no tanque. A semeadura direta da soja BRS Favorita RR (Roundup Ready[®]) foi realizada na primeira quinzena do mês de dezembro. O lote de sementes selecionadas foi tratado com os fungicidas carbendazim e tiram ($0,30 + 0,70 \text{ g kg}^{-1}$ de sementes) e inoculado com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* SEMIA 587 e SEMIA 5019 ($4,2 \times 10^9$ células viáveis kg^{-1} de sementes), todos misturados em betoneira.

Utilizou-se o esquema de parcelas subdivididas, em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Nas parcelas de $50 \text{ m} \times 10 \text{ m}$, avaliou-se o efeito da aplicação ou não da mistura de inseticida (endossulfan) + fungicida (tebuconazole) e, nas subparcelas de $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$, o efeito dos métodos de controle de plantas daninhas. As aplicações de endossulfan (525 g ha^{-1}) e tebuconazole (150 g ha^{-1}), em mistura no tanque, foram realizadas aos 45 e 90 dias após emergência (DAE) das plântulas de soja.

Os métodos de controle de plantas daninhas foram: 1) testemunha não capinada; 2) testemunha capinada; 3) aplicação única de glyphosate (1.080 g ha^{-1}), aos 15 DAE; 4) aplicação sequencial de glyphosate (1.080 g ha^{-1}), aos 15, 30 e 45 DAE; 5) aplicação de fomesafen + fluazifop-p-butil ($180 + 225 \text{ g ha}^{-1}$), aos 15 DAE. Os dados diários de precipitação pluvial, umidade relativa e temperatura média foram coleta-

dos em estação meteorológica localizada próxima à área de plantio, durante todo o período de condução do experimento (Figura 1).

Para avaliação dos teores de micronutrientes das plantas de soja, foram coletados, em cada subparcela, oito trifólios (terceiro a partir do ápice das plantas, no estágio reprodutivo R_2). Após a secagem do tecido vegetal em estufa de circulação forçada de ar, a 65°C , até atingir massa constante, estes foram moídos em moinho de lâminas. Em seguida, as amostras foram submetidas a digestão nitro-perclórica, para determinação das concentrações de ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn) e cobre (Cu), por espectrofotometria de absorção atômica (AOAC 1975).

Após a colheita da soja, amostras de sementes foram levadas ao Laboratório de Sementes da Universidade Federal de Viçosa, onde foram realizados os testes de germinação (GER), primeira contagem de germinação (PCG), frio sem solo (TFR), envelhecimento acelerado (TEA), condutividade elétrica (CEL) e massa de cem sementes (MCS).

Para o teste de germinação, foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes por tratamento, semeadas em rolos de papel tipo "Germitest" e mantidas a 25°C e sob fotoperíodo de 12 horas de luz. A quantidade de água adicionada foi de 2,5 vezes a massa do papel seco, visando ao umedecimento adequado e à uniformização do teste. As avaliações e contagens das plântulas normais foram feitas no sé-

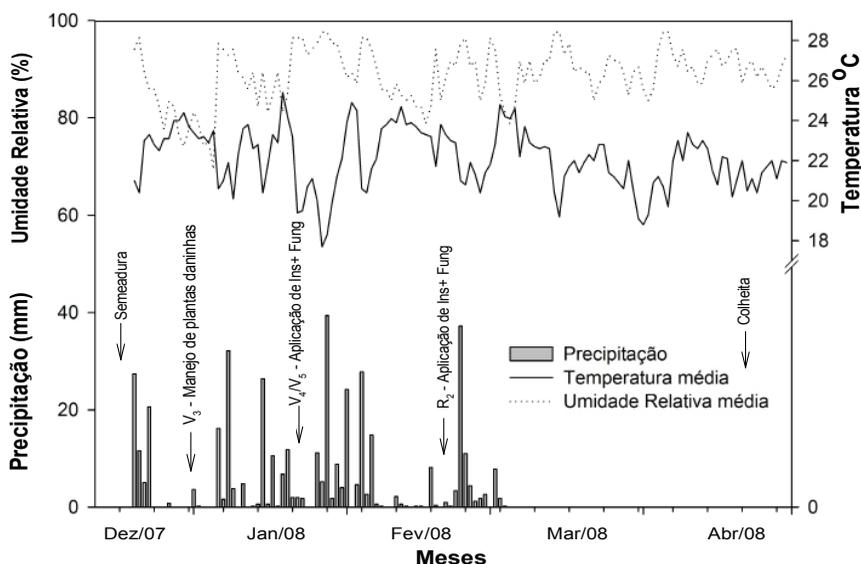


Figura 1. Precipitação pluvial, umidade relativa e temperatura diária, no período de 12 de dezembro de 2007 a 20 de abril de 2008 (Coimbra, MG). As datas aproximadas de semeadura, manejo de plantas daninhas, aplicações de inseticidas e fungicidas e colheita estão assinaladas no período, com o respectivo estágio fenológico da soja.

timo dia após a semeadura, de acordo com as Regras de Análise de Sementes (Brasil 1992).

Para a primeira contagem de germinação, empregou-se o mesmo método adotado no teste de germinação, sendo a avaliação do número de sementes germinadas realizada aos quatro dias após a instalação do teste, conforme descrito por Krzyzanowski et al. (1999).

No teste de frio sem solo, as sementes foram semeadas seguindo-se o método descrito no teste de germinação. Em seguida, os rolos foram mantidos, durante cinco dias, a 10°C. Após este período, foram transferidos para uma câmara de germinação, a 25°C, por sete dias, para a germinação das sementes. A avaliação foi realizada considerando-se somente as plântulas normais emergidas (Krzyzanowski et al. 1999).

O envelhecimento acelerado baseou-se no método descrito por Marcos Filho (2005), utilizando-se uma minicâmara, na qual foram colocadas 50 sementes (quatro repetições de cada tratamento) sobre uma tela localizada a 2,0 cm do fundo da mesma, adicionando-se 40 mL de água, para garantir nível de umidade relativa do ar próximo a 100%, em seu interior. Em seguida, as minicâmaras foram incubadas em câmara tipo BOD, por 72 horas, a 41°C (Hampton & Tekrony 1995). Após este período, as sementes foram colocadas para germinar e avaliadas conforme o teste de germinação.

Na avaliação de condutividade elétrica, procedeu-se à pesagem de 50 sementes (quatro repetições por tratamento), as quais foram, em seguida, transfe-

ridas para copos plásticos descartáveis, com 75 mL de água deionizada. Após 24 horas de embebição, a 25°C, a condutividade elétrica foi determinada em condutivímetro, de acordo com o método descrito por Krzyzanowski et al. (1999).

Já para a avaliação da massa de cem sementes e produtividade, após a colheita da soja, em 10 m² de cada subparcela, determinaram-se a massa de 100 sementes e a produtividade. Após a contagem de 100 sementes, procedeu-se à pesagem e à correção da massa para 13% de umidade, tanto para a produtividade quanto para a determinação da massa de cem sementes.

Os dados foram submetidos a análise de variância, a 5%. Constatando-se efeitos significativos dos tratamentos, procedeu-se à comparação das médias pelo teste Tukey, a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas parcelas sem a mistura inseticida (endossulfan) + fungicida (tebuconazole), observou-se maior teor de Cu, em plantas tratadas com glyphosate, em aplicação sequencial. No entanto, quando associado à mistura, verificou-se menor teor de Cu, evidenciando os efeitos da interação de agrotóxicos sobre a absorção deste nutriente (Tabela 1).

O glyphosate, em aplicação sequencial, na presença da mistura endossulfan + tebuconazole, reduziu os teores de Mn, em relação aos demais tratamentos (Tabela 1). Ao ser aplicado em soja RR, o glyphosate é lentamente degradado pelas plantas, sendo, cerca

Tabela 1. Teores médios de micronutrientes foliares (Cu, Mn, Zn e Fe), em plantas de soja BRS Favorita RR, no estádio R₃, submetidas a diferentes métodos de controle de plantas daninhas, com ou sem aplicação de endossulfan + tebuconazole (Coimbra, MG, 2007/2008).

Método de controle de plantas daninhas	Cu		Mn		Zn		Fe	
	sem E + T*	com E + T	sem E + T	com E + T	sem E + T	com E + T	sem E + T	com E + T
	mg kg ⁻¹							
Testemunha não capinada	5,76 bB	7,60 abA	78,90 aA	87,91 aA	43,26 aA	47,51 aA	197,13 aA	213,46 aA
Testemunha capinada	6,85 abB	8,56 aA	77,08 aA	82,11 aA	47,75 aA	54,16 aA	181,63 aA	224,50 aA
Aplicação única de glyphosate	6,75 abB	8,11 aA	88,80 aA	78,53 aA	46,93 aA	46,95 aA	204,53 aA	184,08 aA
Aplicação sequencial de glyphosate	7,55 aA	6,33 bB	82,20 aA	74,23 bA	47,80 aA	48,86 aA	199,96 aA	212,95 aA
Aplicação única de fomesafen + fluazifop-p-butil	6,98 abB	7,78 abA	78,13 aA	78,33 aA	48,15 aA	51,26 aA	194,91 aA	173,38 aA
C.V. parcela (%)	11,05		16,17		10,36		23,40	
C.V. subparcela (%)	9,39		13,69		9,84		17,49	

* E + T = endossulfan + tebuconazole. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si, para cada variável, pelo teste Tukey (p > 0,05).

de 70% do produto absorvido rapidamente e translocado para os meristemas apicais, principalmente das raízes, e, também, exsudado (Arregui et al. 2004, Neumann et al. 2006). Desta forma, os micronutrientes catiônicos, como Cu e Mn, presentes no solo ou na planta, podem complexar-se com o grupamento fosfato do glyphosate, tornando-se indisponíveis para o metabolismo das plantas. Isto foi verificado por Bott et al. (2008), estudando o efeito do glyphosate na indução de deficiência de Mn, nas cultivares de soja convencional Conquista e transgênica Valiosa RR, cultivadas em solo arenoso ácido (pH 4,5), porém, quando cultivadas em solo argiloso calcário (pH 7,6), não observaram tal indução, pois solos com altos teores de Ca^{+2} podem levar à rápida complexação e imobilização do glyphosate. No entanto, não foram encontrados, na literatura, relatos de indução de deficiência de Cu, na presença de glyphosate.

Os teores de Zn e Fe não foram influenciados pelos métodos de controle de plantas daninhas, associados ou não à mistura endossulfan + tebuconazole (Tabela 1).

O glyphosate, em aplicação única ou sequencial, na ausência de endossulfan + tebuconazole, proporcionou redução na primeira contagem de germinação, em relação à testemunha capinada. Porém, na presença de endossulfan + tebuconazole, somente o herbicida em aplicação única favoreceu a germinação avaliada na primeira contagem (Tabela 2). Os maiores valores de germinação, na primeira contagem, indicam maiores chances de sucesso na formação do estande de plantas desejado, uma vez que a semente permanecerá por menor tempo exposta ao ataque de insetos e micro-organismos do solo (Marcos Filho 2005).

Em sementes de trigo, Zepka et al. (2007) observaram que o herbicida pendimethalin causou ligeira redução na velocidade de germinação, apesar de não ter afetado a germinação total das sementes. Segundo estes autores, alguns herbicidas podem reduzir a permeabilidade das membranas e alterar a velocidade de embebição das sementes, causando desuniformidade na velocidade de germinação das mesmas, apesar de não afetar o percentual de germinação final.

Para o teste de frio sem solo (TFR), ao se avaliarem os métodos de controle de plantas daninhas, na ausência de endossulfan + tebuconazole, não se verificaram diferenças nos valores de germinação, em comparação à testemunha capinada. Em relação ao uso de inseticida + fungicida, esta variável somente foi reduzida pela mistura fomesafen + fluazifop- ρ -butil (Tabela 3). Martins et al. (2006) relataram que o uso de metolachlor, alachlor, simazine e atrazine, isolados ou associados a simazine, metolachlor ou óleo mineral, no sorgo, não afetaram a qualidade das sementes. No entanto, tais autores não relataram se realizaram aplicações de inseticidas ou fungicidas.

Ao se comparar o uso ou não da mistura endossulfan + tebuconazole, observou-se que as sementes oriundas da testemunha capinada apresentaram maiores valores de germinação no teste de envelhecimento acelerado (TEA), na presença da mistura (Tabela 3). O TEA expõe as sementes a condições de alta temperatura e alta umidade do ar, favorecendo o desenvolvimento de micro-organismos que podem reduzir a germinação das sementes (Marcos Filho 2005). Desta forma, pôde-se inferir sobre o efeito da mistura endossulfan + tebuconazole no

Tabela 2. Percentagem total de germinação (PTG) e primeira contagem de germinação (PCG) de sementes de soja BRS Favorita RR, submetidas a diferentes métodos de controle de plantas daninhas, com ou sem aplicação de endossulfan + tebuconazole (Coimbra, MG, 2007/2008).

Método de controle de plantas daninhas	PTG		PCG	
	sem E + T*	com E + T	sem E + T	com E + T
	%			
Testemunha não capinada	74 aA	73 aA	45 bcA	52 abA
Testemunha capinada	84 aA	61 bB	67 aA	33 cB
Aplicação única de glyphosate	78 aA	76 aA	51 bcA	56 aA
Aplicação sequencial de glyphosate	71 aB	84 aA	42 cA	42 bcA
Aplicação única de fomesafen + fluazifop- ρ -butil	79 aA	78 aA	57 abA	55 aA
C.V. parcela (%)	14,90		11,58	
C.V. subparcela (%)	9,88		6,43	

* E + T = endossulfan + tebuconazole. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si, para cada variável, pelo teste Tukey ($p > 0,05$).

Tabela 3. Percentagem de germinação obtida pelo teste de frio sem solo (TFR), teste de envelhecimento acelerado (TEA) e condutividade elétrica (CEL) de sementes de soja BRS Favorita, submetidas a diferentes métodos de controle de plantas daninhas, com ou sem aplicação de endossulfan + tebuconazole (Coimbra, MG, 2007/2008).

Método de controle de plantas daninhas	TFR		TEA		CEL	
	sem E + T*	com E + T	sem E + T	com E + T	sem E + T	com E + T
	%		%		$\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$	
Testemunha não capinada	90 aA	83 aA	89 aA	86 aA	143,90 aA	132,30 aA
Testemunha capinada	84 abA	83 aA	74 bB	83 aA	146,03 aA	117,70 aB
Aplicação única de glyphosate	76 bB	86 aA	76 aA	79 aA	135,60 aA	131,30 aA
Aplicação sequencial de glyphosate	83 abA	79 aA	83 aAB	87 aA	140,35 aA	126,46 aA
Aplicação única de fomesafen + fluazifop- ρ -butil	76 bA	72 bA	75 bA	80 aA	167,15 aA	127,15 aB
C.V. parcela (%)	8,23		7,94		15,79	
C.V. subparcela (%)	6,32		5,63		14,16	

* E + T = endossulfan + tebuconazole. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si, para cada variável, pelo teste Tukey ($p > 0,05$).

estado sanitário das sementes produzidas. Portanto, os resultados podem não indicar o maior vigor destas sementes, mas sim uma consequência do efeito protetor destes produtos contra o ataque de pragas e doenças, nas plantas, garantindo o desenvolvimento saudável destas e, conseqüentemente, a obtenção de sementes de boa qualidade fisiológica e sanitária.

Os menores valores de condutividade elétrica das sementes foram constatados nos tratamentos fomesafen + fluazifop- ρ -butil e na capina mecânica associada à aplicação de endossulfan + tebuconazole (Tabela 3). Menores valores de condutividade elétrica indicam melhor qualidade das sementes, conferida pela melhor integridade das membranas celulares, que é constatada pela menor lixiviação de sais minerais das sementes, para a solução teste. Em relação à condutividade elétrica das sementes de soja, não se verificaram diferenças entre os métodos de controle de plantas daninhas, independentemente da aplicação ou não de endossulfan + tebuconazole (Tabela 3).

Dentre os tratamentos sem associação com inseticida + fungicida, o glyphosate, em aplicação sequencial, apresentou massa de cem sementes superior à da testemunha não capinada (Tabela 4). Na presença de endossulfan + tebuconazole, todos os valores de massa de cem sementes foram superiores, em relação à ausência da mistura, sendo o maior valor observado na testemunha capinada. O uso de endossulfan + tebuconazole proporcionou o controle eficiente de pragas e de ferrugem asiática, resultando em maior área fotossintética e, conseqüentemente, maior acúmulo de fotoassimilados pelas sementes e maior massa de cem sementes (Tabela 4).

A aplicação do endossulfan + tebuconazole proporcionou produtividades de sementes superiores, em relação à ausência desta mistura, com exceção da testemunha não capinada (Tabela 4). O glyphosate, em aplicação sequencial, e a mistura fomesafen + fluazifop- ρ -butil proporcionaram maiores produtividades de sementes, na presença de endossulfan + tebuconazole, não diferindo da testemunha capinada.

Tabela 4. Massa de cem sementes (MCS) e produtividade de soja BRS Favorita RR, submetida a diferentes métodos de controle de plantas daninhas, com ou sem aplicação de endossulfan + tebuconazole (Coimbra, MG, 2007/2008).

Método de controle de plantas daninhas	MCS		Produtividade	
	sem E + T*	com E + T	sem E + T	com E + T
	g		kg ha^{-1}	
Testemunha não capinada	14,19 bB	15,83 cA	1.943,11 bA	2.366,21 cA
Testemunha capinada	15,80 abB	26,46 aA	2.929,80 aB	4.140,86 abA
Aplicação única de glyphosate	15,79 abB	22,10 bA	2.391,08 abB	3.669,20 bA
Aplicação sequencial de glyphosate	17,68 aB	18,43 cA	2.743,91 abB	4.762,97 aA
Aplicação única de fomesafen + fluazifop- ρ -butil	16,49 abB	19,23 bcA	2.964,30 aB	4.604,56 aA
C.V. parcela (%)	6,76		22,39	
C.V. subparcela (%)	4,40		11,25	

* E + T = endossulfan + tebuconazole. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si, para cada variável, pelo teste Tukey ($p > 0,05$).

A maior produtividade de sementes pode ser explicada pela eficácia destes tratamentos em minimizar a competição soja x plantas daninhas.

CONCLUSÃO

O glyphosate, aplicado sequencialmente, associado à mistura endossulfan + tebuconazole, diminuiu os teores de Cu e Mn, em plantas de soja, porém, melhorou a germinação e não influenciou no vigor das sementes de soja, em relação à soja capinada.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de Doutorado ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO, D. et al. Efeitos de formulações de glyphosate aplicadas em diferentes épocas sobre cultivares de soja transgênica. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 739-746, 2009.

ARREGUI, M. C. et al. Monitoring glyphosate residues in transgenic glyphosate-resistant soybean. *Pest Management Science*, Malden, v. 60, n. 2, p. 163-166, 2004.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 12. ed. Washington, DC: AOAC, 1975.

BIERMAN, R. E. et al. Fungicide-herbicide interaction in soybean (*Glycine max*). *Crop Protection*, Pullman, v. 25, n. 2, p. 134-139, 2006.

BONNY, S. Genetically modified glyphosate-tolerant soybean in the USA: adoption factors, impacts and prospects: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, Narbonne, v. 28, n. 1, p. 1-12, 2007.

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

BOTT, S. et al. Glyphosate-induced impairment of plant growth and micronutrient status in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max* L.). *Plant and Soil*, Crawley, v. 312, n. 1-2, p. 185-194, 2008.

CIONI, M.; PINZAUTI, G.; VANNI, P. Comparative biochemistry of the glyoxylate cycle. *Comparative Biochemistry and Physiology*, Vancouver, v. 70, n. 1, p. 1-26, 1981.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Seletividade de diferentes herbicidas à base de glyphosate a soja RR. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 375-379, 2007.

COSTA, N. P. et al. Perfil dos aspectos físicos, fisiológicos e químicos de sementes de soja produzidas em seis regiões do Brasil. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v. 27, n. 2, p. 172-181, 2005.

EKER, S. et al. Foliar-applied glyphosate substantially reduced uptake and transport of iron and manganese in sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants. *Agricultural Food Chemistry*, Washington, DC, v. 54, n. 27, p. 10019-10025, 2006.

FOLONI, L. L. Aplicação de glifosato em pós-emergência, em soja transgênica cultivada no Cerrado. *Revista Brasileira de Herbicidas*, Passo Fundo, v. 3, n. 1, p. 47-58, 2005.

HAMPTON, J. G.; TEKRONY, D. M. *Handbook of vigour test methods*. Zurich: ISTA, 1995.

HINCHEE, M. A. W. et al. Herbicide-tolerant crops. In: KUNG, S.; WU, R. (Eds.). *Transgenic plants*. San Diego: Academic Press, 1993. p. 243-263.

KAPUSTA, G.; KRAUSZ, R. F. Interaction of terbufos and nicosulfuron on corn (*Zea mays*). *Weed Technology*, Champaign, v. 6, n. 4, p. 999-1003, 1992.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D. V.; NETO, J. B. F. *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: Abrates, 1999.

MARCOS FILHO, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Piracicaba: Fealq, 2005.

MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J.; MARTINS, D. Seletividade de herbicidas sobre a produtividade e a qualidade de sementes de sorgo granífero. *Agropecuária Técnica*, Areia, v. 27, n. 1, p. 37-42, 2006.

NEUMANN, G. et al. Relevance of glyphosate transfer to non-target plants via the rhizosphere. *Plant Disease and Protection*, Berlin, v. 20, esp. n., p. 963-969, 2006.

RADOSEVICH, S.; HOLT, J.; GHERSA, C. *Weed ecology: implications for management*. 2. ed. New York: Wiley, 1997.

REDDY, K. N. et al. Effect of glyphosate on growth, chlorophyll, and nodulation in glyphosate-resistant and susceptible soybean (*Glycine max*). *New Seeds*, Baton Rouge, v. 2, n. 3, p. 37-52, 2000.

SANTOS, J. B. et al. Efeito de formulações na absorção e translocação do glyphosate em soja transgênica. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 381-388, 2007.

SILVA, A. A. et al. Efeitos de mistura de herbicida com inseticida sobre a cultura do milho, as plantas daninhas e

a lagarta-do-cartucho. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 571-575, 2005.

SILVA, A. F. et al. Densidades de plantas daninhas e épocas de controle sobre os componentes de produção da soja. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 65-71, 2008.

ZEPKA, A. P. S.; LARRÉ, C. F.; LOPES, N. F. Efeito do herbicida pendimethalin na germinação de sementes de trigo. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 630-632, 2007.