

DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE SOJA DE CULTIVARES CONVENCIONAL E TRANSGÊNICA SUBMETIDAS AO GLIFOSATO¹

CLAUBER MATEUS PRIEBE BERVALD², CRISTINA RODRIGUES MENDES³,
FABIANA CARRET TIMM⁴, DARIO MUNT DE MORAES⁵,
ANTÔNIO CARLOS SOUZA ALBUQUERQUE BARROS⁶, SILMAR TEICHERT PESKE⁵

RESUMO - O objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de soja convencional e transgênica, das cultivares CD 216 e CD 212RR, submetidas ao glifosato. As sementes foram embebidas nas doses de zero; 1,8; 3,6; 5,4 e 7,2 g.L⁻¹ de equivalente ácido de glifosato durante meia hora. Foram realizados os testes de primeira contagem da germinação, germinação, condutividade elétrica, índice de velocidade de emergência, emergência de plântula, comprimento de raízes e parte aérea, massa de matéria seca total. Concluiu-se que a qualidade fisiológica das sementes das cultivar CD 212RR é reduzida pelo herbicida, decrescendo com o incremento das doses do glifosato. Em função dessa conclusão, enfatiza-se que o devido intervalo de tempo entre a dessecação das invasoras ou das plantas de cobertura deve ser respeitado, para diminuir a transferência do glifosato da planta-alvo para a planta não-alvo, e assim, evitar problemas de germinação e estabelecimento da lavoura de soja.

Termos para indexação: germinação, vigor, herbicida e soja Roundup Ready.

PHYSIOLOGICAL PERFORMANCE OF SOYBEAN SEEDS FROM CONVENTIONAL AND TRANSGENIC CULTIVARS TREATED WITH GLYPHOSATE

ABSTRACT - The objective of this study was to evaluate the physiological quality of seeds from conventional (cultivar CD 216) and transgenic (cultivar CD 212RR) soybeans treated with glyphosate. Seeds were soaked in dosages of zero; 1.8; 3.6; 5.4 and 7.2 g.L⁻¹ of acid equivalent of glyphosate for 30 minutes. Seed quality was evaluated from the tests of first count germination, germination, electrical conductivity, emergence speed index, seedling emergence, root and shoot length and total dry matter. It was concluded that the physiological quality of the CD 212RR seeds is affected by glyphosate and as dosages increased, soybean seed quality decreased. Based on this conclusion, it is important that care be taken to avoid problems with seed germination and soybean field establishment when glyphosate is used in burndown or for the control of cover crops. A certain period of time between the control of weeds or of cover plants should be respected to reduce the glyphosate transfer from target to non-target plants, thus avoiding problems with germination and soybean crop establishment.

Index terms: germination, vigor, herbicide and Roundup Ready soybean.

¹Submetido em 24/08/2009. Aceito para publicação em 02/02/2010. Parte da Dissertação de Mestrado apresentada pelo primeiro autor a Universidade Federal de Pelotas para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Sementes.

²Eng. Agr. M.Sc., Doutor em Agronomia na Universidade Federal de Pelotas, UFPEL. Endereço para correspondência: Rua Padre Hildebrando, 1086/414, CEP: 91030-310, Porto Alegre, RS. e-mail: cbervald@ricetec.com.br.

³Eng. Agr. M.Sc., Doutor em Fisiologia Vegetal, UFPel. Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, CEP: 96010-900, Pelotas, RS.

⁴Bióloga, Doutoranda em Fisiologia Vegetal, UFPel. Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, CEP: 96010-900, Pelotas, RS.

⁵Eng. Agr. Ph.D, Prof. Adjunto e Titular, Bolsista do CNPq, Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, UFPel. Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, CEP: 96010-900, Pelotas, RS.

⁶Eng. Agr. D.Sc., Prof. Adjunto, Depto de Fitotecnia, FAEM, UFPel. CP 354, CEP: 96010-900, Pelotas, RS.

INTRODUÇÃO

O glifosato (N-fosfometil glicina) é um dos herbicidas mais utilizados no controle de plantas daninhas, no Brasil e no mundo, sendo também um dos mais vendidos no mundo. É um herbicida sistêmico de ação total, sistêmico de largo espectro, não-seletivo, pós-emergente, amplamente utilizado na agricultura onde o controle total da vegetação é requerido. Atua na inibição da enzima 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintetase (EPSP sintetase ou EPSPS) (Trezzi et al., 2001; Amarante Junior et al., 2002) e impede que a planta forme aminoácidos essenciais para a síntese de proteínas e, também, alguns metabólitos secundários (Kruse et al., 2000).

A soja Roundup Ready (RR) consiste numa cultivar geneticamente modificada que tem a característica de tolerância ao herbicida não seletivo, glifosato (N-fosfometilglicina), conferida através da inserção de um gene na planta de soja que codifica a proteína CP4, extraído de uma espécie do gênero *Agrobacterium*, microorganismo comumente encontrado no solo, introduzido na soja pelo método de biobalística. Essa proteína é funcionalmente semelhante à EPSP, exceto em sua tolerância ao herbicida glifosato. A ação da proteína CP4 somada à ação da enzima EPSP confere a tolerância à soja em relação ao princípio ativo do glifosato. Desse modo, a inibição da síntese de EPSP em plantas que não possuem o gene que sintetiza a proteína CP4 é particularmente estratégica (Kruse et al., 2000).

Prata et al. (2000) mencionam que no solo o glifosato é caracterizado pela sua alta capacidade de sorção e que vários são os mecanismos explicando esse fenômeno, tais como a troca de ligantes com óxidos de Fe e Al e as ligações de hidrogênio com as substâncias húmicas. A taxa de metabolismo do glifosato no solo, em geral, é inicialmente rápida, mas, posteriormente, é seguida por um lento e prolongado período de degradação (Nomura e Hilton, 1977; Moshier e Penner, 1978). Eberbach (1998) e Prata (2002) observaram rápida degradação do glifosato no primeiro dia da aplicação no solo, seguida de diminuição até o quadragésimo dia. Segundo os autores, a influência da adsorção restringiu a disponibilidade do glifosato para a biodegradação ao longo do tempo.

No entanto, a literatura traz alguns trabalhos que questionam a rápida degradação e adsorção aos colóides do solo do glifosato. A adsorção de glifosato no solo é diminuída pelo aumento do pH (Sprankle et al., 1975a; Miles e Moye, 1988), em solos arenosos (Cheah et al., 1997, Römheld, 2007), com baixa saturação por bases, com alto teor de P (Sprankle et al., 1975a) e baixa quantidade de matéria orgânica (Piccolo et al., 1996).

Além da deriva e do glifosato residual do solo, pode haver passagem do glifosato da planta-alvo (invasora) para a planta-não alvo (cultura econômica) adjacente através do contato entre as raízes (Rodrigues et al., 1982). O devido intervalo de tempo entre a dessecação das invasoras ou das plantas de cobertura pode diminuir esta transferência (Yamada e Camargo e Castro, 2007).

O glifosato é uma das moléculas herbicidas mais estudadas mundialmente em termos de segurança ambiental e saúde humana e possui uma das maiores bases de dados solicitadas a respeito de pesticidas (Williams et al., 2000; Giesy et al., 2000). Vários trabalhos encontrados na literatura evidenciam problemas de fitotoxicidade, redução da produtividade e presença de resíduos de herbicidas e outros insumos nas plantas e sementes, acarretando, muitas vezes, perdas no valor comercial e de qualidade do produto.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de soja das cultivares convencional CD 216 e transgênica CD 212RR submetidas a diferentes doses do herbicida glifosato.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório Didático de Análise de Sementes “Prof. Flávio Rocha” do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) e no Laboratório de Fisiologia de Sementes do Departamento de Fisiologia Vegetal do Instituto de Biologia, da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) no ano de 2005. Foram utilizadas sementes de soja convencional e transgênica, das cultivares CD 216 e CD 212 RR, provenientes da Empresa COODETEC. O herbicida glifosato usado foi o produto comercial Roundup® original de formulação contendo 480 g.L⁻¹ de sal de isopropilamina de N-(fosfometil) glicina, 360 g.L⁻¹ do equivalente ácido (e.a.) de N-(fosfometil) glicina (GLYPHOSATE) e 648 g.L⁻¹ de ingredientes inertes.

As sementes foram embebidas durante meia hora nas doses do herbicida glifosato (zero; 1,8; 3,6; 5,4; 7,2 g.L⁻¹ de e.a.), sendo que a dose de 3,6 g.L⁻¹ de e.a. do herbicida corresponde à recomendação técnica de 2,5 litros de glifosato por ha para a maioria das plantas daninhas. Após a embebição, para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes, os seguintes testes e/ou determinações foram utilizados:

Primeira contagem da germinação - conduzido juntamente com o teste de germinação, com realização de contagem aos cinco dias após a instalação do teste (Brasil, 1992), sendo os resultados expressos em porcentagem de germinação;

Germinação - três repetições de quatro subamostras de 50 sementes, em rolo de papel, umedecido com água, na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco, em germinador

a 25 °C, com uma única contagem aos oito dias após a semeadura e os resultados expressos em porcentagem, conforme critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992);

Condutividade elétrica - determinada nos tempos de três e 24 horas de incubação, utilizando-se quatro subamostras de 25 sementes para cada tratamento; embebidas nas respectivas soluções do herbicida pelo período de 30 minutos e após, foram imersas em 75 ml de água deionizada à temperatura constante de 20 °C. Após esse período, a condutividade elétrica da solução foi determinada em um condutivímetro Digimed MD-31, e os resultados expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de semente conforme Vieira e Krzyzanowski (1999);

Índice de velocidade de emergência das plântulas - utilizaram-se 200 sementes para cada unidade experimental, divididas em quatro subamostras de 50 sementes. A semeadura foi realizada manualmente em bandejas (40 x 26 x 7 cm) contendo areia à profundidade de três centímetros, instaladas em linha, realizado em casa de vegetação, com temperatura de 30 °C \pm 5 °C, e adição de água ao substrato diariamente. Observações diárias foram realizadas a partir do dia em que a primeira plântula emergiu, contando-se o número de plântulas em cada linha, até que esse número permanecesse constante. O índice de velocidade de emergência foi determinado pelo somatório do número de plântulas normais emergidas diariamente e dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a emergência, de acordo com a fórmula proposta por Maguire (1962) e o resultado obtido pela média dos índices das repetições expresso em porcentagem de plântulas emergidas;

Emergência das plântulas em casa de vegetação - instalado de forma idêntica ao teste de velocidade de emergência em casa de vegetação, com temperatura de 30 °C \pm 5 °C, com apenas uma contagem aos 21 dias após a semeadura, sendo utilizadas quatro subamostras de 50 sementes por unidade experimental, conforme Popinigis (1985), e os resultados expressos em porcentagem de emergência das plântulas;

Comprimento de raízes e parte aérea das plântulas - conduzido juntamente com o teste de emergência, e após procedeu-se à medição. Os comprimentos médios da parte aérea e das raízes das plântulas normais foram obtidos dividindo-se a soma das medidas tomadas das subamostras pelo número de plântulas normais mensuradas, e os resultados expressos em mm plântula⁻¹;

Matéria seca de plântulas – utilizaram-se as plântulas

oriundas do teste de emergência empregadas na determinação do comprimento. Cada repetição foi acondicionada em sacos de papel e levada a estufa, com circulação forçada de ar, mantida à temperatura de 55 °C, aí permanecendo por 72 horas. Após esfriar em dessecador, cada repetição foi pesada em balança de precisão de 0,001 g (Nakagawa, 1999). Os resultados foram expressos em mg plântula⁻¹;

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados em esquema fatorial (2 X 5), sendo duas cultivares, um controle e quatro doses de herbicida, com três repetições estatísticas. Os dados foram submetidos à análise de variância e ajustados por polinômios ortogonais, empregando a equação que melhor se ajustou aos dados, baseada no teste F de significância a 5% de probabilidade. Para a execução das análises estatísticas foi utilizado o “Sistema de Análise Estatística para Windows - WinStat” Versão 2.0 (Machado e Conceição, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do teste de primeira contagem da germinação (Figura 1) ajustaram-se a um modelo quadrático para a cv. CD 216 ($R^2=0,97$) e CD 212RR ($R^2=0,99$). Comparando as cultivares CD 216 e CD 212RR, na primeira contagem da germinação houve diferença acentuada entre as cultivares, sendo que a cultivar geneticamente modificada apresentou a menor porcentagem de germinação em função do efeito do aumento das doses do herbicida glifosato. A primeira contagem da germinação da cv. CD 216 apresentou 85% na dose de 3,6 g.L⁻¹, enquanto que na cv. CD 212RR foi de 66% para a mesma dose.

A germinação também se ajustou a um modelo quadrático, tanto para a cv. CD 216 ($R^2=0,91$) e a cv. CD 212RR ($R^2=0,99$) (Figura 1). Observou-se que a porcentagem de germinação das sementes da cultivar convencional CD 216 submetidas ao glifosato foi maior que da transgênica CD 212RR. No entanto, a ação do herbicida inibiu o desenvolvimento de plântulas normais na cultivar convencional, pois as mesmas não apresentaram raízes secundárias, enquanto que na cv. CD 212RR, as plântulas foram consideradas normais. Isto pode ser explicado pelo fato de que o glifosato provoca o déficit de aminoácidos aromáticos e compostos fenólicos secundários, tendo como consequência efeito inibitório na organogênese, impedindo a diferenciação das raízes (Nagata et al., 2000), consequentemente afetando o desenvolvimento de plântulas normais na cv. CD 216.

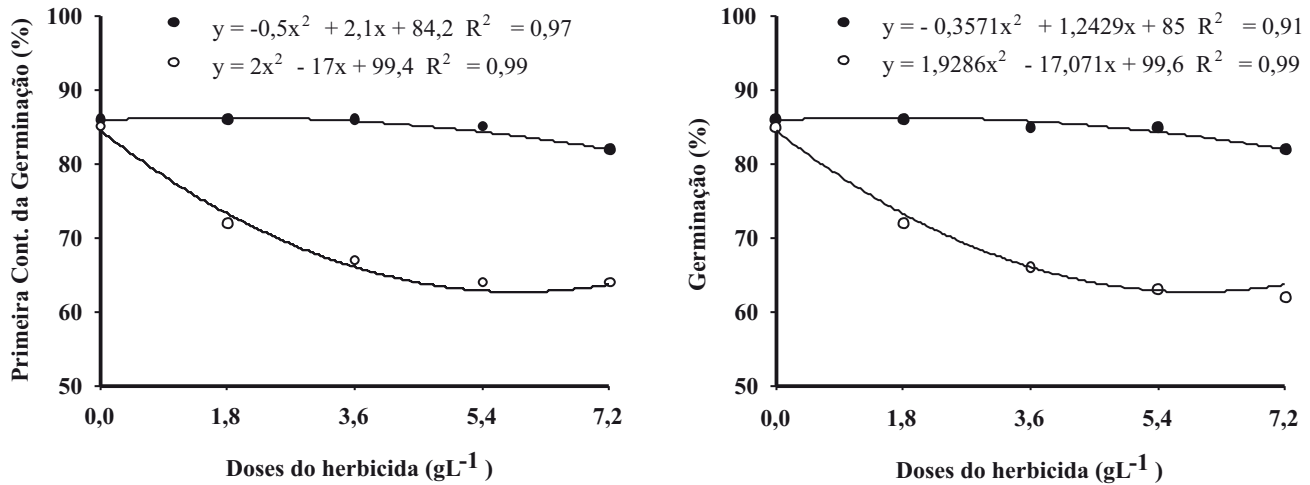


FIGURA 1. Germinação e Primeira Contagem da Germinação de soja convencional cultivar CD 216 (●) e transgênica CD 212RR (○) submetidas a diferentes doses do herbicida glifosato.

Utilizando bioensaios para diferenciar as cultivares de soja geneticamente modificada (GM) das não-GM, diversos autores Funghetto et al, 2004; Cunha, 2004, Tillmann e West, 2004; Miranda, 2004 e Bertagnolli, 2005, observaram que a ação do glifosato reduz o comprimento das plântulas, parte aérea e raiz, além de inibir a emissão de raízes secundárias das cultivares não-GM, sendo que a ausência de raízes secundárias foi utilizada como um dos principais parâmetros na diferenciação de plântulas das cultivares suscetíveis e resistentes ao herbicida, permitindo classificá-las com facilidade, nos bioensaios.

Apesar da germinação das sementes da cv. CD 212RR submetidas ao glifosato ter sido menor, comparado com a cv. CD 216, as plântulas produzidas em todas as doses do herbicida glifosato foram classificadas como normais, apresentando todas as partes de uma plântula normal. Esses resultados eram esperados, já que as sementes das cultivares transgênicas contêm o gene CP4-EPSPS, oriundo da bactéria *Agrobacterium* sp cepa CP4, que confere resistência ao herbicida por codificar uma variante da enzima EPSPS insensível a este inibidor, permitindo o desenvolvimento de plântulas normais (Padgett et al., 1995). Bertagnolli (2005), trabalhando com glifosato em sementes das cultivares CD 214 RR e CD 213 RR resistentes ao herbicida, observou que as sementes transgênicas produziram plântulas normais e apresentaram raízes secundárias, esmo sob a mais alta concentração (7,2

g.L⁻¹) do glifosato.

Os valores de condutividade elétrica da cv. CD 216 (Figura 2) aumentaram significativamente com o incremento das doses do herbicida glifosato, tanto as três quanto às 24 horas de embebição, mostrando que o glifosato pode produzir danos à integridade do sistema de membranas celulares (Marcos Filho et al., 1987), acarretar a lixiviação de açúcares, aminoácidos, eletrólitos e outras substâncias solúveis em água (Heydecker, 1974), prejudicando a germinação e o vigor da semente.

A condutividade elétrica na cv. CD 216 apresentou 105,66 $\mu\text{S.m}^{-1}.\text{g}^{-1}$ após o tempo de 24 horas de embebição na dose de 3,6 g.L⁻¹, enquanto que a cv. CD 212RR apresentou 108,94 $\mu\text{S.m}^{-1}.\text{g}^{-1}$. Independente do tempo de embebição, as duas cultivares apresentaram comportamentos muito similares no que diz respeito ao efeito do glifosato no vigor das sementes. No entanto, a cultivar RR apresentou os maiores valores de condutividade elétrica, ocorrendo um aumento na quantidade de lixiviados com o incremento das doses do glifosato. Assim como Funghetto et al. (2004), também se observou que o tegumento hidratado da soja rompia-se com facilidade, proporcionando, dessa forma, a diminuição das reservas por perda de solutos para o substrato.

Os valores de emergência (Figura 3) da cv. CD 212RR reduziram em função do incremento das doses do glifosato, enquanto que a cv. CD 216 não sofreu a influência do herbicida. Observou-se na Figura 3, diferença

acentuada no índice de velocidade de emergência, entre as cultivares de soja em função do incremento das doses do herbicida, e assim como na emergência, a cv. CD 212RR apresentou maior redução em função do incremento das doses do herbicida glifosato, enquanto que na cv. CD 216, a velocidade de emergência não foi influenciada pelo herbicida. Os resultados encontrados da cv. CD

212RR estão de acordo com os dados obtidos na primeira contagem da germinação e germinação. Lima et al. (2004), trabalhando com sementes de soja transgênica submetidas ao herbicida clomazone, também observaram que as doses mais elevadas alteram de maneira negativa o estabelecimento das plantas, ocasionando danos à qualidade fisiológica.

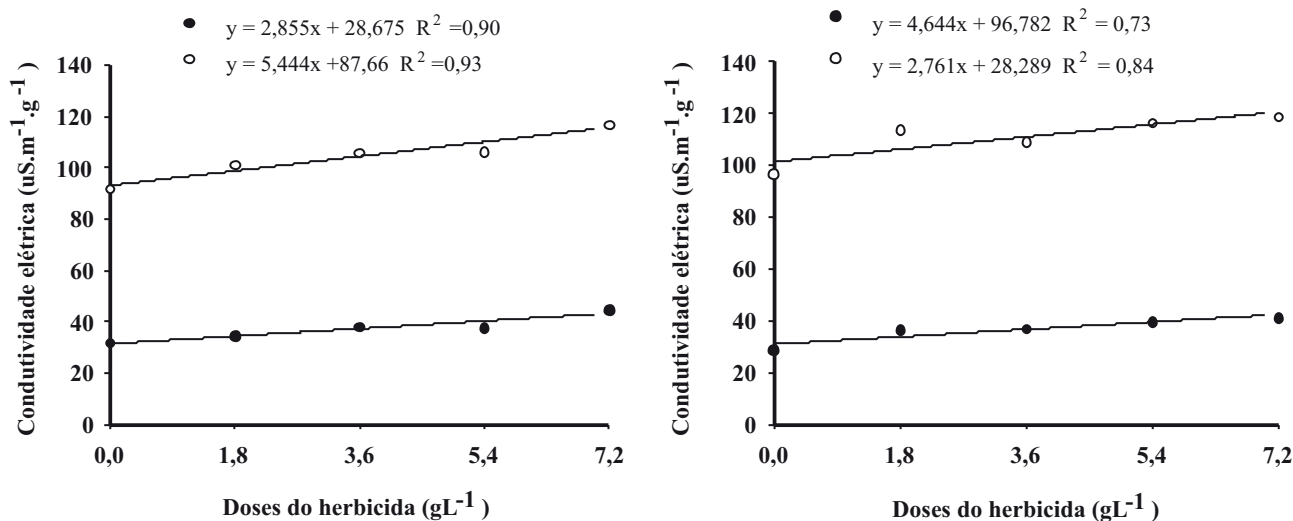


FIGURA 2. Condutividade elétrica de sementes de soja convencional cv. CD 216 (esquerda) e soja transgênica CD 212RR (direita), respectivamente, submetidas a diferentes doses do glifosato com três (●) e 24 horas (○) de embebição.

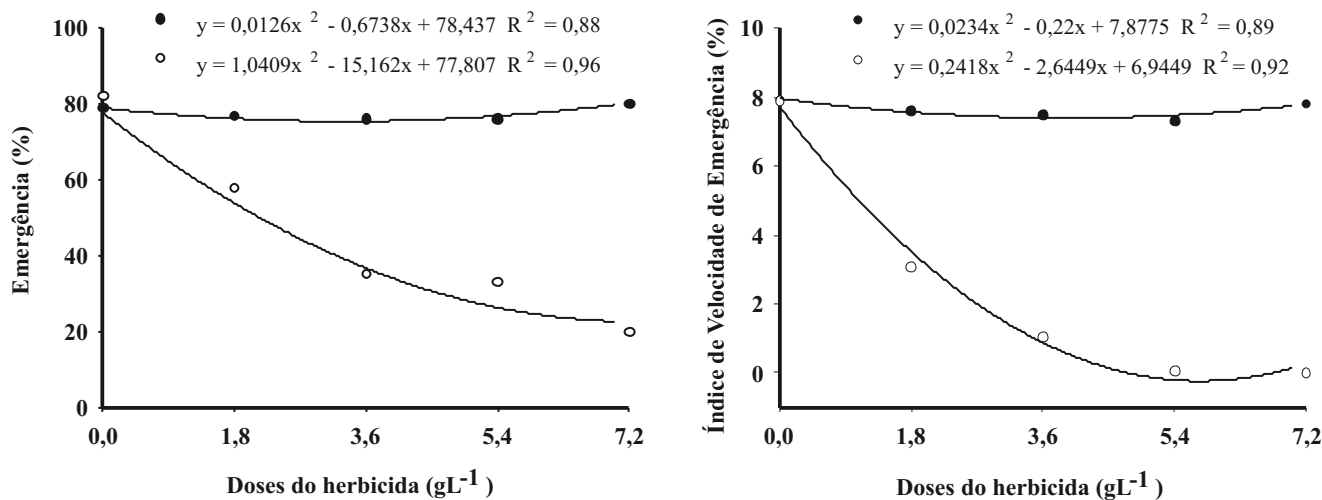


FIGURA 3. Emergência de plântulas e Índice de Velocidade de Emergência de soja convencional cultivar CD 216 (●) e transgênica CD 212RR (○) submetidas a diferentes doses do herbicida glifosato.

A literatura traz alguns trabalhos que questionam a rápida degradação e adsorção aos colóides do solo do glifosato. A adsorção de glifosato no solo é diminuída pelo aumento do pH (Sprankle et al., 1975b; McConnel e Hossner, 1985; Miles e Moye, 1988), em solos arenosos (Cheah et al., 1997, Römheld, 2007), com baixa saturação por bases, com alto teor de P (Sprankle et al., 1975a) e baixa quantidade de matéria orgânica (Piccolo et al., 1996). O devido intervalo de tempo entre a dessecação das invasoras ou das plantas de cobertura pode diminuir a transferência entre plantas (Yamada e Camargo e Castro, 2007), já que além da deriva e do glifosato residual do solo, pode haver passagem do glifosato da planta-alvo (invasora) para a planta-não alvo (cultura econômica) adjacente através do contato entre as raízes (Rodrigues et al., 1982).

Vários trabalhos apontam problemas do uso do glifosato dependendo do intervalo de tempo entre a dessecação e a semeadura das culturas (Constantin e Oliveira Junior, 2005). Os problemas vão desde germinação desuniforme e desenvolvimento inicial inadequado em milho (Calegari et al., 1998), clorose das folhas no período inicial (Melhorança et al., 1998), redução no desenvolvimento vegetativo e na produtividade em soja (Melhorança e Vieira, 1999) e milho. A hipótese de que poderia estar havendo efeito direto do glifosato sobre a semente recém semeada ou sobre as plântulas em desenvolvimento e dessas sobre o rizóbio, não pode ser descartada (Yamada e Camargo e Castro, 2007). De acordo com estes autores, a transferência do glifosato da planta-alvo para a planta não-alvo poderia ser parte da explicação para as melhores produtividades obtidas nas culturas anuais com dessecação antecipada (2 a 3 semanas) em relação à semeadura.

Conforme Constantin e Oliveira Junior (2005) em trabalhos conduzidos dentro das estações experimentais das cooperativas Coamo e Copacol (dados não publicados), verificou-se que a dessecação 20 dias antes da semeadura resultou em aumento da produtividade da soja de 6,8 e 7,8 sacos ha^{-1} , quando comparada, respectivamente, com as dessecações 7 dias antes da semeadura e na data da semeadura (aplique-plante). No milho, essas diferenças foram de 10,9 sacos. ha^{-1} e 18,5 sacos. ha^{-1} a mais a favor da dessecação realizada 20 dias antes da semeadura. Em experimentos conduzidos em seis áreas de cooperados da COAMO, na cultura da soja, as diferenças foram ainda maiores, resultando em queda média de 11,23 sacos. ha^{-1} no sistema aplique-plante, em comparação com a dessecação realizada 20 dias antes. Concluiu-se, dessa forma, que a soja e o milho que emergiram e tiveram o seu desenvolvimento inicial em meio à cobertura vegetal (sistemas aplique-plante e 7 dias antes da semeadura) não totalmente dessecada, tiveram sua produtividade reduzida.

Sprankle et al. (1975b) observaram que a germinação

de sementes de trigo, milho e soja plantadas em areia é pouco afetada pela dose de glifosato, ocorrendo o oposto com o crescimento, que ficou bastante reduzido. No mesmo trabalho, na busca de bioensaio para detecção desse produto no solo, os autores observaram que o linho foi a mais sensível, e também que à medida que aumentava a concentração de glifosato havia dificuldade na emergência das folhas e muitas vezes, as folhas que conseguiam emergir apresentavam cloroses típicas, como as de deficiência de zinco. Na prática, é difícil que esses efeitos possam repetir se, principalmente em solos com textura média ou argilosa e com altos teores de matéria orgânica. Contudo, isto poderia ocorrer nos solos mais arenosos, com a semeadura feita logo após a dessecação da cobertura com o glifosato.

Os comprimentos de parte aérea e de sistema radicular (Figura 4) da cv. CD 216 não foram influenciados pelo herbicida, ao passo que, observou-se uma redução do crescimento na cv. CD 212RR com o incremento das doses do herbicida glifosato. Esses dados concordam com relatos de Tillmann e West (2004), Funguetto et al. (2004) e Bertagnolli, (2005) que verificaram redução do comprimento total de plântulas de soja da cultivar RR tratadas com glifosato em relação à testemunha. Bertagnolli (2005) também observou que o decréscimo no tamanho das plântulas normais das cultivares resistentes ao glifosato ocorreu proporcionalmente ao aumento da concentração da solução herbicida.

A massa de matéria seca das plântulas, aos 21 dias, apresentou diferença significativa acentuada entre as cultivares, sendo que a cv. CD 216 foi mais afetada pelo glifosato, do que a cv. CD 212RR, que não sofreu com a ação do herbicida, devido apresentar resistência ao glifosato (Figura 5). Segundo Bartels (1985), a redução da matéria seca causada pelo aumento das doses de glifosato pode ser explicada pela interrupção do processo de mitose e ruptura dos plastídeos, como efeito indireto e secundário do herbicida glifosato. Siqueira et al. (1999), em um estudo que simulou soja resistente ao glifosato por meio de cultivo de explantes em sistema hidropônico com fornecimento dos aminoácidos aromáticos, relataram que os tratamentos com glifosato reduziram a massa seca e o comprimento da parte aérea de plântulas de soja. Os resultados encontrados nesse trabalho podem ser explicados pelo fato de que na semente e em estádios iniciais de plântula, ainda não é realizada fotossíntese devido ao aparato fotossintético não estar completamente formado. Dessa forma, a plântula ainda não possui a capacidade de sintetizar a CP4EPSP para continuar formando os aminoácidos indispensáveis para a síntese de proteínas e metabólitos secundários. O bloqueio da biossíntese de aminoácidos aromáticos que depende destes precursores reduz os níveis de proteínas solúveis nos tecidos vegetais prejudicando a germinação, e os demais processos iniciais.

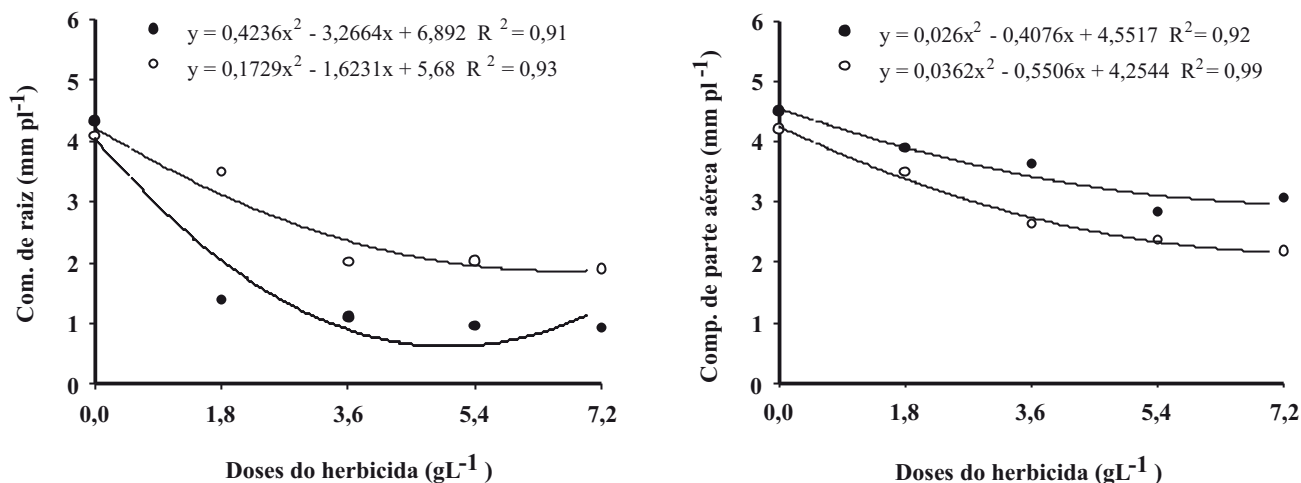


FIGURA 4. Comprimento de raízes e parte aérea de plantas de soja convencional cultivar CD 216 (●) e soja transgênica CD 212 (○) submetidas a diferentes doses do herbicida glifosato.

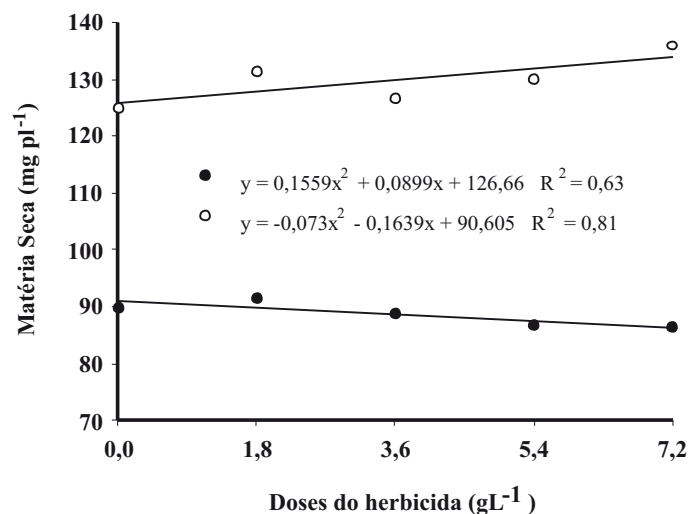


FIGURA 5. Matéria seca de plântulas de soja convencional cultivar CD 216 (●) e transgênica CD 212RR (○) submetidas a diferentes doses do herbicida glifosato.

Dvoranen et al. (2007) estudaram também a influência do glifosato na massa seca do sistema radicular (MSSR) de 20 cultivares de soja RR sobre a influência de glifosato. Observaram que os cultivares BRS245RR, MSOY8008RR, MSOY6001RR, BRS247RR e CD213RR tiveram a

MSSR reduzida em intensidade semelhante por todas as modalidades de aplicação de glifosato quando comparadas com suas respectivas testemunhas. Já, a massa seca da parte aérea (MSPA) foi reduzida pela ação do glifosato nas quatro modalidades de aplicação nas cultivares: MSOY8008RR, Cristalina RR, BRS247RR e Valiosa.

Santos (2007) estudou o efeito da época de dessecação anterior à semeadura, sobre o desenvolvimento da soja resistente ao glifosato. Observou que o melhor desenvolvimento da soja RR foi registrado quando a dessecação com glifosato foi feita entre 7 e 21 dias antes da semeadura. No entanto, todos os tratamentos com glifosato no dia da semeadura e 15 dias após a semeadura tiveram redução no peso da matéria seca de raízes e de nódulos.

Os resultados encontrados nesse trabalho podem ser explicados pelo fato de que na semente e em estádios iniciais de plântula, ainda não é realizada fotossíntese devido ao aparato fotossintético não estar completamente formado, e a plântula ainda não possui a capacidade de sintetizar a CP4EPSP para continuar formando os aminoácidos indispensáveis para a síntese de proteínas e metabólitos secundários. O bloqueio da biossíntese de aminoácidos aromáticos que depende destes precursores reduz os níveis de proteínas solúveis nos tecidos vegetais prejudicando a germinação, e os demais processos iniciais. A recomendação da aplicação do glifosato na soja transgênica no estágio de 20 a 30 dias após a emergência justifica os resultados encontrados no trabalho, pois provavelmente, o herbicida afeta a germinação da semente e a emergência das plântulas quando aplicado antes desse

tempo. Como relatado em alguns trabalhos de pesquisa mencionados, além da deriva e do glifosato residual do solo, pode haver passagem do glifosato da planta-alvo (invasora) para a planta-não alvo (cultura econômica) adjacente através do contato entre as raízes. Respeitando o devido intervalo de tempo entre a dessecação das invasoras ou das plantas de cobertura, pode diminuir essa transferência, e assim, evitar problemas de germinação e estabelecimento da lavoura de soja.

CONCLUSÕES

A qualidade fisiológica das sementes de soja transgênica CD 212RR é reduzida mais severamente pelo herbicida, em relação a cultivar convencional CD 216, decrescendo com o incremento das doses do glifosato. O devido intervalo de tempo entre a dessecação das invasoras ou das plantas de cobertura deve ser respeitado, para diminuir a transferência do glifosato da planta-alvo para a planta não-alvo, e assim, evitar problemas de germinação e estabelecimento da lavoura de soja.

REFERÊNCIAS

- AMARANTE-JÚNIOR, O.P.; SANTOS, T.C.R.; BRITO, N.M.; RIBEIRO, M.L. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Química Nova**, v.25, p.589-593, 2002.
- BARTELS, P.G. Effects of herbicides on chloroplast and cellular development. In: DUKE, S.O. (Ed.). **Herbicide physiology**. Boca Raton, CRC Press, 1985. v.2, p.63-90.
- BERTAGNOLLI, C.M. **Deteção e quantificação de sementes de soja geneticamente modificada resistente ao glifosato em sistema hidropônico**. 2005. 73f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2005.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Defesa Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 1992. 365p.
- CALEGARI, A.; HECKLER, J.C.; SANTOS, H.P.; PITOL, C.; FERNANDES, F.M.; HERNANI, L.C.; GAUDÊNCIO, C.A. (Ed.). Culturas, Sucessões e Rotações. In: SALTON, J.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z. **Sistema Plantio Direto**. O produtor pergunta a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. p.59-80. (Coleção 500 perguntas 500 Respostas).
- CHEAH, U.B.; KIRKWOOD, R.C.; LUM, K.Y. Adsorption, desorption and mobility of four commonly used pesticides in Malaysian agricultural soils. **Pesticide Science**, v.50, p.53-63, 1997.
- CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JUNIOR, R.S. Dessecação antecedendo a semeadura direta pode afetar a produtividade. **Potafós: Informações Agrônomicas**, v.109, p.14-15, 2005.
- CUNHA, C.S.M. **Comparação de métodos na detecção de sementes de soja geneticamente modificada, tolerante ao glifosato**. 2004. 24f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2004.
- DVORANEN, E.C.; OLIVEIRA JUNIOR, R.S.; CONSTANTIN, J.; CAVALIERI, S.D.; BLAINSKI, E.; FRANCHINI, L.H.M.; RIOS, F.A.; ALONSO, D.G.; BIFFE, D.F. Influência do glyphosate sobre o acúmulo de massa seca do sistema radicular de vinte cultivares de soja RR. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLYPHOSATE, 1., 2007, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FCA-UNESP, 2007. p.191-193. 1 CD-ROM.
- EBERBACH, P. Applying non-steady-state compartmental analysis to investigate the simultaneous degradation of soluble and sorbed glyphosate [n-(phosphonomethyl)glycine] in four soils. **Pesticide Science**, v.52, p.229-240, 1998.
- FUNGHETTO, C.I.; TILLMANN, M.A.A.; VILLELA, F.A.; DODE, L.B. Deteção de sementes de soja geneticamente modificada tolerante ao herbicida glifosato. **Revista Brasileira de Sementes**, v.26, n.1, p.130-138, 2004.
- GIESY, J.P., DOBSON, S.; SOLOMON, K.R. 2000. Avaliação de risco ecotoxicológico para o herbicida Roundup®. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**. v.167, p.35-120, 2000.
- HEYDECKER, W. Vigour. In: ROBERTS, G.H. (Ed.) **Viability of Seeds**. London: Chapman and Hall, 1974. p.209-520.
- KRUSE, N.D.; TREZZI, M.M.; VIDAL, R.R. Herbicidas inibidores da EPSPS: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.1, n.2, p.139-146, 2000.
- LIMA, M.G. de S.; MENDES, C.R.; BERVALD, C.M.P.; MORAES, D.M. de; MORAES, R.C.P. de; ABREU, C.M.; LÖWE, T.R. Qualidade fisiológica de sementes de soja transgênica submetidas ao clomazone. **Conferências y Resúmenes de Trabajos Presentados do XIX Seminário Panamericano de Semillas**. ASUNCIÓN – PARAGUAI. p.234, 2004.
- MACHADO, A. de A.; CONCEIÇÃO, A.R. **WinStat**: sistema de análise estatística para Windows. Versão 2.0. Pelotas: UFPEL/NIA. 2003.

- MAGUIRE, J.D. Speed of germination and in selection and evaluation for seedlings emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.2, p.176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J.; CICERO, S.M.; SILVA, W.R. Avaliação da qualidade das sementes. **Piracicaba: FEALQ**, 1987. 230p.
- McCONNEL, J.S.; HOSSNER, L.R. pH-dependent adsorption isotherms of glyphosate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.33, p.1075-1078, 1985.
- MELHORANÇA, A.L.; CONSTANTIN, J.; PEREIRA, F.A.R.; GAZZIERO, D.L.P.; VALENTE, T.O.; ROMAN, E.S. Plantas daninhas e seu controle. In: **Sistema Plantio Direto**. O produtor pergunta a Embrapa responde. Dourados: EMBRAPA-CPAO. Dourados, 1998. p.177-194. (Coleção 500 perguntas 500 Respostas).
- MELHORANÇA, A.L.; VIEIRA, C.P. Efeito da época de dessecação sobre o desenvolvimento e produção da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 21, Dourados, 1999. **Resumos...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1999. p.224-225.
- MILES, C.J.; MOYE, H.A. Extraction of glyphosate herbicide from soil and clay minerals and determination of residues in soils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.36, p.486-491, 1988.
- MIRANDA, D.M. **Bioensaios na detecção e quantificação de sementes de soja geneticamente modificada resistente ao glifosato em amostras convencionais de sementes**. 2004. 44f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2004.
- MOSHIER, L.J.; PENNER, D. Factors influencing microbial degradation of ^{14}C -glyphosate to $^{14}\text{CO}_2$ in soil. **Weed Science**, v. 26, p.686-691, 1978.
- NAGATA, R.T.; DUSKY, J.A.; FERL, R.J.; TORRES, A.C.; CANTLIFFE, D.J. Evaluation of glyphosate resistance in transgenic lettuce. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.125, p.669-672, 2000.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D. e FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, Comitê de Vigor de Sementes, 1999. p.2.1-2.24.
- NOMURA, H.S.; HILTON, H.W. The adsorption and degradation of glyphosate in five Hawaii sugarcane soils. **Weed Research**, v.17, p.113-121, 1977.
- PADGETTE, S.R.; KOLACZ, K. H.; DELANNAY, X.; RE, D.B.; La VALLEE, D.J.; TINIUS, C.N.; RHODES, W.K.; OTERO, I.; BARRY, G.F. Development, Identification, and Characterization of a Glyphosate- Tolerant Soybean Line. **Crop Science**, v.35, p.1451-1461, 1995.
- PICCOLO, A.; CELANO, G.; CONTE, P. Adsorption of glyphosate by humic substances. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.44, p.2442-2446, 1996.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília, DF: AGIPLAN, 1985. 289p.
- PRATA, F. **Comportamento do glifosato no solo e deslocamento miscível de atrazina**. 2002. 149f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- PRATA, F.; LAVORENTI, A.; REGITANO, J.B.; TORNISIELO, V.L. Influência da matéria orgânica na sorção e desorção do glifosato em solos com diferentes atributos mineralógicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.947-951, 2000.
- RODRIGUES, J.J.V.; WORSHAM, A.D.; CORBIN, F.T. Exudation of glyphosate from wheat (*Triticum aestivum*) plants and its effects on intraplanting corn (*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*) **Weed Science**, v.30, p.316-320, 1982.
- RÖMHELD, V. Dinâmica do glifosato nas rizosferas das plantas-alvo e não alvo. In: **PROBLEMAS DE NUTRIÇÃO E DE DOENÇAS DE PLANTAS NA AGRICULTURA MODERNA: AMEAÇAS A SUSTENTABILIDADE?** 2007, Piracicaba. Piracicaba: IPNI, 2007. 1Cd-Rom.
- SANTOS, J.B.; SANTOS, E.A.; FIALHO, C.M.T.; SILVA, A.A.; FREITAS, M.A.M. Época de dessecação anterior à semeadura sobre o desenvolvimento da soja resistente ao glifosato. **Planta Daninha**, v.25, n.4, p.869-875. 2007.
- SIQUEIRA, S.C. de; MOREIRA, M.A.; MOSQUIM, P.R.; JOSÉ, I.C.; FERREIRA, F.A.; SEDIYAMA, C.S. Simulação da soja geneticamente modificada tolerante ao glifosato por meio do cultivo de explantes. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.11, n.1, p.13-20, 1999.
- SPRANKLE, P.; MEGGIT, W.; PENNER, D. Adsorption, mobility and microbial degradation of glyphosate in soil. **Weed Science**, v.23, p.229-234, 1975a.
- SPRANKLE, P.; MEGGIT, W.F.; PENNER, D. Absorption, action, and translocation of glyphosate. **Weed Science**, v.23, p.235-240, 1975b.
- TILLMANN, M.A.A.; WEST, S.H. Identification of genetically modified soybean (*Glycine max* L. Merr.) seeds

resistant to glyphosate. **Scientia Agricola**, v.61, n.3, p.336-341, 2004.

TREZZI, M.M.; KRUSE, N.D.; VIDAL, R.A. Inibidores de EPSPS. In: VIDAL, R.A.; MEROTTO JR, A. (Ed.). **Herbicidologia**, Porto Alegre, p.37-45, 2001.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D. e FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 4, p.1-26.

WILLIAMS, G.M.; R. KROES E MUNRO, I.C. 2000. Avaliação de segurança e de risco do herbicida Roundup e seu componente ativo, glifosato, para humanos. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v.31, p.117-165, 2000.

YAMADA, T.; CAMARGO E CASTRO, P.R. Efeito do glifosato nas plantas: Implicações fisiológicas e agronômicas. **Encarte do Informações Agronômicas Nº119**. International Plant Nutrition Institute. 2007. p.32.