

Morfofisiologia de sementes de soja Intacta sob o manejo com Glifosato

Carolina Castilho^{1*}; Norma Schlickmann Lazaretti¹

¹Curso de Agronomia, Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, Paraná.

^{1*}carolinacastilho_@hotmail.com

Resumo: Diversas cultivares de soja RR estão apresentando plântulas com folhas primárias encarquilhadas e danificadas, fato este que pode estar atrelado ao uso de herbicidas nas lavouras de produção de sementes. Desse modo, o objetivo deste experimento é avaliar se a aplicação de Glifosato é a responsável pelo entrelaçamento das folhas primárias nas plântulas de soja. O experimento ocorreu entre outubro de 2020 e abril de 2021, sendo realizado em área rural de Catanduvas (PR), com análises feitas no Centro Universitário FAG. Para fins estatísticos, foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados, que compreendeu na aplicação de 1,7 Kg ha⁻¹ de Glifosato nos estágios R5, R6 e R7 individualizados e combinados, somando 7 tratamentos (R5; R6; R7; R5R6; R5R7; R6R7; testemunha), com quatro repetições cada, totalizando 28 parcelas. O plantio foi realizado em outubro de 2020, com aplicações que se estenderam até fevereiro de 2021, quando foi realizada a colheita. Após, as amostras foram enviadas para análises. As variáveis avaliadas foram teor de água dos grãos, produtividade, sementes germinadas nos testes de germinação e no vigor (envelhecimento acelerado), plântulas com as folhas primárias entrelaçadas no teste de germinação e no vigor (envelhecimento acelerado). Como resultados obteve-se maior produtividade quando aplicado o Glifosato em estágio R5. Sobre as folhas primárias entrelaçadas os maiores valores foram observados quando o Glifosato foi aplicado em R5 + R7. Concluiu-se assim que o Glifosato interfere na porcentagem de folhas primárias entrelaçadas. Ainda, a alta produtividade observada em R5 demanda mais estudos para verificar sua causa.

Palavras-chave: *Glycine max*; Herbicida; Roundup Ready.

Morphophysiology of Intact soybean seeds under glyphosate management

Abstract: Several RR soybean cultivars are showing seedlings with wilted and damaged primary leaves, a fact that may be linked to the use of herbicides in seed production plantations. Thus, the objective of this experiment is to evaluate whether the application of glyphosate is responsible for the interlacing of the primary leaves in soybean seedlings. The experiment took place between October 2020 and April 2021, being carried out in a rural area of Catanduvas (PR), with analyses performed at the FAG University Center. For statistical purposes, the experimental design in randomized blocks was used, which comprised the application of 1.7 kg ha⁻¹ of Glyphosate in R5, R6 and R7 stages individually and combined, adding 7 treatments (R5; R6; R7; R5R6; R5R7; R6R7; control), with four repetitions each, totaling 28 plots. Planting was performed in October 2020, with applications extending until February 2021, when harvesting was performed. Afterwards, the samples were sent for analysis. The variables evaluated were grain water content, productivity, germinated seeds in the germination test and in the vigor (accelerated aging) test, seedlings with the primary leaves intertwined in the germination test and in the vigor (accelerated aging) test. The results showed the highest yield when glyphosate was applied at the R5 stage. On the interlaced primary leaves the highest values were observed when glyphosate was applied in R5 + R7. It was thus concluded that glyphosate interferes in the percentage of interlaced primary leaves. Still, the high yield observed in R5 demands further studies to verify its cause.

Keywords: *Glycine max*; Herbicide; Roundup Ready.

Introdução

Na atualidade, a cultura da soja se configura como a principal fonte de renda do país e dos produtores rurais, liderando o ranking dos produtos mais exportados há mais de duas décadas. Tal crescimento é reflexo de intensos avanços científicos e a constante disponibilização de tecnologias a toda cadeia produtiva, incluindo o produtor.

A mecanização e a criação de cultivares altamente produtivas adaptadas às diversas regiões, o desenvolvimento de pacotes tecnológicos relacionados ao manejo de solos, ao manejo de adubação e calagem, manejo de pragas e doenças, além da identificação e solução para os principais fatores responsáveis por perdas no processo de colheita, são fatores promotores desse avanço (FAXO *et al.*, 2017).

Soma-se a isso o uso de defensivos que, por serem amplamente utilizados nas lavouras brasileiras, faz do Brasil o maior consumidor de defensivos no mundo, em especial o Glifosato, consoante Melo (2019). Ainda que esta informação não se refira a quantidade utilizada por área plantada, mas sim em quantidade total, devido à grande área de produção, tais valores são bastante expressivos. Os maiores índices de utilização de defensivos condizem com as zonas de maior atividade de monoculturas de soja, milho, algodão, cítricos, cana e arroz (GURGEL *et al.*, 2017).

O Glifosato (N-(fosfometil)glicina) é um herbicida não seletivo, sistêmico de ação total, com indicação de aplicação em pré e pós emergente, e detentor de 60% do mercado mundial da classe. Vários trabalhos mencionam impasses de fitotoxicidade, limitação da produtividade, presença de resíduos e outros insumos nas plantas e sementes, ocasionando, muitas vezes, redução no valor comercial e um produto com qualidade inferior (BERVALD *et al.*, 2010).

Em suma, o princípio ativo do Glifosato inibe a ação de uma enzima que é primordial para o crescimento dos vegetais (AMARAL, 2018), no qual a enzima enolpiruvilchiquimato-3-fosfato-sintase (EPSPs), que catalisa uma reação-chave na via do ácido chiquímico, uma rota metabólica específica de plantas, necessária para a produção de muitos compostos secundários, incluindo auxina e aminoácidos aromáticos (TAIZ *et al.*, 2017). Ainda que as variedades de soja RR contenham a enzima EPSPs proveniente de *Agrobacterium* sp., que as garante resistência ao Glifosato, problemas podem ocorrer em seu metabolismo secundário (LYDON e DUKE, 1989), no metabolismo do AIA (ácido indol-3-acético) (LEE, 1982), na produção de fitoalexinas (KEEN, HOLLIDAY e YOSHIKAWA, 1982), na rizosfera (KREMER, MEANS e KIM,

2005), na fixação biológica do nitrogênio (MARÍA *et al.*, 2006), na nutrição mineral (ZOBIOLE *et al.*, 2009), na fotossíntese (ALBRECHT e ÁVILA, 2011), uso da água e biomassa (ZOBIOLE *et al.*, 2010) e na produção de metabólitos com potencial de injúria (REDDY, RIMANDO e DUKE, 2004), que se aplicado em estágios específicos, podem comprometer a qualidade final da planta e da semente.

Assim, consoante Taiz *et al.* (2017), todo e qualquer estresse irá acarretar em efeitos negativos sobre a planta, bem como em seu desenvolvimento. Desse modo, este efeito estressante poderia levar a um menor incremento na massa das sementes (“*strain*” ou resposta da planta), o que indicaria uma formação deficiente e sementes mal formadas, não propiciam melhor desempenho fisiológico do material colhido (MARCOS FILHO, 2015).

Possíveis danos à qualidade das sementes de soja Geneticamente Modificada (GM), pela aplicação de Glifosato em pós-emergência, podem ser provenientes da ocorrência de alterações metabólico/fisiológicas, que causem má formação das sementes ou danos, como as provocadas pelo AMPA (ácido aminometilfosfônico) que poderiam levar a anormalidades na germinação ou desempenho da plântula (REDDY, RIMANDO e DUKE, 2004). Cabe salientar, que o AMPA é o principal metabolito do Glifosato. Albrecht e Ávila (2010) observaram queda na qualidade das sementes com o incremento na dose de Glifosato, justificada pelo possível efeito deletério de altas doses deste herbicida. Não somente, devido a esta possibilidade de danos causados pelo Glifosato, Alberch *et al.* (2011) ressalta que interferências possam acontecer no âmbito do desempenho fisiológico das sementes, ainda que escassas as pesquisas sobre o seu potencial fisiológico.

No entanto, a consequência do uso do Glifosato nos estágios reprodutivos da espécie, por parte dos produtores sobre o comportamento de plantas transgênicas em condições de campo e seu reflexo na qualidade de sementes ainda necessita de informações. Desta forma, a qualidade fisiológica e entrelaçamento das folhas primárias de sementes de soja GM devem ser estudadas a fim de obter informações necessárias para o manejo da soja com essa tecnologia, quanto ao uso do Glifosato.

Diante disso, o objetivo deste experimento foi avaliar se a aplicação de Glifosato em diferentes estágios reprodutivos é a responsável pelo entrelaçamento das folhas primárias nas plântulas de soja.

Material e Métodos

O experimento a campo foi realizado em uma área de produção comercial de grãos na Linha Alto Santana, no município de Catanduvas, no Estado do Paraná. A região conta com solo do tipo latossolo distroférico típico, com média pluviométrica de aproximadamente 1800 mm anuais e com temperatura média anual de 21°C, consoante dados da SIMEPAR (2020).

A cultivar de soja a utilizada foi a 55I57RSF (Zeus), que foi submetida a aplicações do herbicida Glifosato, na dosagem de 1,7 Kg ha⁻¹, além da testemunha. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso (DBC), com sete tratamentos e quatro repetições, totalizando 28 parcelas. Cada parcela foi composta por 8 linhas, espaçadas de 0,47 metro entre si, com 7 metros de comprimento, totalizando uma área de 23 m². Os tratamentos consistiram em aplicações de Glifosato nos estágios: T1 – testemunha; T2 – R5; T3 – R6; T4 – R7; T5 – R5 e R6; T6 – R6 e R7; T7 – R5 e R7.

As aplicações do Glifosato foram realizadas entre os meses de novembro de 2020 e janeiro de 2021, momento em que as plantas se encontravam no estágio fenológico R5, 56 e R7 (desde o enchimento de grãos até a maturação). A colheita das sementes foi realizada no mês de fevereiro de 2021, de maneira manual em cada parcela, que possui 12 m² de área útil. Posterior ao corte das plantas, as de mesma parcela foram agrupadas em fardos identificados, que foram transportadas ao Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz (FAG), onde foram debulhadas.

Após a debulhadas, as sementes de soja foram transferidas ao Laboratório de Análises de Sementes do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz (FAG) para determinar o teor de água das sementes. Para isso, foi utilizado um determinador de umidade digital (método expedito), que determinou uma média de teor de água.

As variáveis avaliadas foram Teor de água dos grãos, produtividade, sementes germinadas nos testes de germinação e no vigor (envelhecimento acelerado), plântulas com as folhas primárias entrelaçadas no teste de germinação e no vigor (envelhecimento acelerado).

O teste de germinação foi conduzido em germinador sob temperatura constante de 25°C, utilizando do rolo de papel filtro como substrato, que foi umedecido com quantidade de água correspondente 2,5 vezes a massa do substrato seco. Assim, cinco dias após instalado o teste e obedecendo os critérios das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), foram computadas sementes germinadas nos testes de germinação, apresentando resultados em porcentagem.

Por fim, para determinação do vigor pelo método de envelhecimento acelerado foram utilizadas caixas de plástico (com dimensões 11 cm x 11 cm x 3 cm) como compartimentos individuais. A umidade relativa no interior dessas caixas foi obtida pela adição de 40 mL de água, a fim de se obter, aproximadamente, 100 % da U. R. do ar, consoante descrição efetuada por Marcos Filho, Novembre e Chamma (2000). As amostras de cada tratamento foram distribuídas a fim de se constituir uma camada única, tomando toda a superfície da tela metálica suspensa no interior de cada caixa. O envelhecimento acelerado foi conduzido a 41 °C por 48 horas no interior da câmara B.O.D. Após, foi realizado o teste de germinação a 25 °C, durante 5 dias, e foi computada a porcentagem média de sementes germinadas para cada tratamento.

A determinação da porcentagem de plântulas com folhas primárias entrelaçadas foi avaliada simultaneamente ao teste de germinação e vigor, no qual os cotilédones das plântulas foram abertos para que fossem visualizadas as folhas primárias, sendo estimado o número de plântulas com as folhas primárias entrelaçadas.

Para cálculo da produtividade, foi realizada a pesagem das amostras com auxílio de uma balança, e teve seus resultados expressos em kg, com a utilização de 3 casas após a vírgula. Após, tais resultados foram transformados para kg ha⁻¹, para fins de comparação.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com auxílio do programa Sisvar 5.7 (FERREIRA, 2014).

Resultados e Discussão

Na Tabela 01 estão apresentados os resultados do teor de água e produtividade da soja quando submetida a diferentes épocas de aplicação do Glifosato, sendo que no teor de água não houve diferença significativa, visto que a colheita de todos os tratamentos foi realizada no mesmo dia. Já na produtividade ocorreu diferença, a menor produtividade obtida foi quando aplicado o Glifosato em R6 + R7 (2145,41 kg ha⁻¹). A melhor produtividade foi obtida quando aplicado o Glifosato no estágio R5, com 4134,51 kg por hectare. Diferença essa muito significativa, pois representa em torno de 1516 kg a mais por hectare, o que difere de resultados obtidos por Santos *et al.* (2007), que avaliaram a aplicação de Glifosato na cultivar CD 219 RR, e o emprego do Glifosato interferiu no acréscimo de intoxicação das plantas, bem como na redução de seu rendimento.

Stefanello (2011) relata que a fitotoxicidade observada em soja RR pode ser atribuída a aplicação de Glifosato em função dos ingredientes inertes existentes em cada formulação comercial de Glifosato.

Tabela 1 – Teor de Água (%) dos grãos na colheita e produtividade (kg ha⁻¹) da soja em função da aplicação de Glifosato em diferentes estágios reprodutivos. Cascavel – PR, 2021.

Tratamentos	Teor de Água (%)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Testemunha	11,63a	2355,27b
R5	12,48a	4134,51a
R6	11,55a	2788,68b
R7	10,80a	2384,17b
R5 + R6	11,53a	2618,55b
R5 + R7	11,03a	2241,40b
R6 + R7	12,10a	2145,41b
C. V. (%)	10,33	17,3
DMS	2,75	1060,56

Médias seguidas de mesma letra na coluna não se diferenciam estatisticamente entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey. C.V. = Coeficiente de variação. DMS = Diferença mínima significativa.

Quando observados os resultados de sementes germinadas nos testes de germinação e vigor apresentados na Tabela 2, não ocorreram diferenças significativas nos resultados obtidos na germinação, mas o mesmo não foi constatado no vigor, uma vez que menores resultados foram obtidos quando aplicado Glifosato em R6 (36%), e os melhores resultados foram expressados quando ocorreu aplicação em R5 + R7 (67%), R6 + R7 (67%) e na Testemunha (66%), com diferença em torno 31 pontos percentuais.

Tal resultado se justifica pelo fato de que, consoante Daltro *et al.* (2010) e Marcandalli, Lazarini e Malaspina (2011), a qualidade fisiológica das sementes em geral é comprometida quando utilizado Glifosato na dessecação devido aos seus efeitos fitotóxicos nas plântulas e, principalmente, nas raízes, ratificando que a antecipação da colheita pode afetar a maturação fisiológica e conseqüentemente a qualidade das sementes. Ainda o mesmo fenômeno de menor vigor em estágio R6 foi evidenciado em estudos realizados por Marcandalli, Lazarini e Malaspina (2011), uma vez que, em seus estudos, na avaliação do vigor das sementes por meio do teste de envelhecimento acelerado, observou-se que as sementes obtidas no tratamento R6, apresentaram, com exceção da última amostragem, menor vigor, principalmente, quando comparado com as sementes do tratamento R8. Não somente, também em estudo proposto por Marcandalli, Lazarini e Malaspina (2011), verificou-se que nas avaliações realizadas após a aplicação dos herbicidas, com exceção de dois dias após, o comprimento de raiz obtido com o

tratamento R6 foi menor que em R8. Comportamento bem semelhante foi observado para com o teste de envelhecimento acelerado. Na avaliação da interação dos estádios de aplicação x dessecantes, novamente o comprimento de raiz em R8 foi superior a R6, com exceção do tratamento testemunha, o que demonstra o efeito residual do tratamento nas sementes menos desenvolvidas.

No entanto, ressalta-se que tal diferença de vigor apresentada no estágio R6 pode estar relacionada também as condições climáticas no momento da aplicação, uma vez que, semelhante a estudo proposto por Costa *et al.* (1983), no qual estes observaram pequena superioridade no vigor das sementes dessecadas no estágio R 7.5, quando comparadas a R6, com paraquat, esta diferença foi atribuída às condições climáticas em que as sementes da colheita normal ficaram submetidas durante a sua permanência no campo.

No que tange os resultados de folhas primárias entrelaçadas (Figura 1) na germinação e vigor (Tabela 2), ocorreu significância e os maiores valores foram observados quando o Glifosato foi aplicado em R5 + R7, 12 e 9 % na germinação e no vigor respectivamente. Sendo o Glifosato inibidor da produção de auxina, e a auxina o responsável pelo crescimento e desenvolvimento da parte aérea das plantas (TAIZ *et al.*, 2017), os resíduos desta molécula nas sementes favorecem o entrelaçamento das folhas primárias, pela não expansão e divisão celular.

Figura 1 – Ganho plumular da soja, a esquerda folhas primárias normais e a direita folhas primárias entrelaçadas. Cascavel – PR, 2021.



Daltro *et al.* (2010) observando os efeitos de dessecantes utilizados em etapas de pré-colheita sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja, constatou fitotoxicidade no sistema radicular de plantas de soja em decorrência do uso de Glifosato, o que afetou na perda de qualidade das sementes. Efeito semelhante foi observado nas raízes das plântulas que apresentaram as folhas primárias entrelaçadas.

Tabela 2 – Sementes germinadas nos testes de germinação e vigor (%) e plântulas com as folhas primárias entrelaçadas no teste de germinação e vigor (%) da soja em função da aplicação de Glifosato em diferentes estágios reprodutivos. Cascavel – PR, 2021.

Tratamentos	Sementes Germinadas no teste de		Folhas primárias entrelaçadas no teste de	
	Germinação	Vigor	Germinação	Vigor
Testemunha	75a	66a	0a	1a
R5	63a	48ab	3b	2a
R6	56a	36b	3b	2a
R7	67a	53ab	10c	7c
R5 + R6	55a	48ab	4b	5b
R5 + R7	69a	67a	12d	9d
R6 + R7	64a	67a	10c	7c
C. V. (%)	18,81	21,52	15,56	17,11
DMS	27,71	27,28	2,12	1,76

Médias seguidas de mesma letra na coluna não se diferenciam estatisticamente entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey. C.V. = Coeficiente de variação. DMS = Diferença mínima significativa.

Ações de hormônios, dentre eles a auxina e condições ambientais, como a disponibilidade de água modulam a expansão da célula mediante alteração da extensibilidade da parede ou das propriedades de produção da parede (TAIZ *et al.*, 2017). Lazaretti (2020), em estudos realizados buscando verificar as causas e reflexos das folhas primárias entrelaçadas em soja, constatou que a condução do teste de germinação e emergência da soja em substrato encharcado (acima do recomendado pelas RAS) favoreceram o surgimento da anormalidade nas folhas primárias (plúmula). De acordo com Kerbauy (2004), tal realidade se dá pela baixa de oxigênio absorvida pela raiz, causando acúmulo de ácido 1-minociclopropano carboxílico que, quando atinge a porção superior da planta é convertido em etileno, impossibilitando a expansão celular do gancho apical.

Conclusões

Com relação a porcentagem de folhas primárias entrelaçadas, verificou-se que houve um aumento nos valores quando aplicado Glifosato, em especial em R7, de maneira isolada ou combinada, sugestionando que esta possa ser uma das causas deste entrave.

Ainda, a alta produtividade observada em R5 demanda mais estudos para verificar a causa de tamanha diferença quando comparada aos demais tratamentos.

Referências

ALBRECHT, L. P.; ÁVILA, M. R. Manejo de glyphosate em soja RR e a qualidade das sementes. **Informativo Abrates**, v. 20, n. 2, p. 45-54, 2010.

ALBRECHT, L. P.; ALONSO, D. G; CONSTANTIN, J.; DE OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; DE LUCCA E BRACCINI, A.; ALBRECHT, A. J. P. Qualidade fisiológica das sementes de soja RR em resposta ao uso de diferentes tratamentos contendo glyphosate em aplicação sequencial. **Bioscience Journal**, v.27, n. 2, 2011.

AMARAL, L. J. B. do. **Análise de vigor de sementes de soja submetidas a diferentes concentrações de Glifosato**. 2018. Tese (Graduação em Agronomia) – Centro Universitário de Anápolis – UniEvangélica, Anápolis.

BERVALD, C. M. P.; MENDES, C. R.; TIMM, F. C.; MORAES, D. M.; BARROS, A. C. S. A.; PESKE, S. T. Desempenho fisiológico de sementes de soja de cultivares convencional e transgênica submetidas ao Glifosato. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n. 2, p. 9-18, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.

COSTA, N.P.; FRANÇA NETO, J.B.; PEREIRA, L.A.G.; HENNING, A.A.; TURKIEWICZ, L.; DIAS, M.C.L. Antecipação de colheita de sementes de soja através do uso de desseccantes. **Revista Brasileira de Sementes**, v.5, p.183-198, 1983.

DALTRO, E. M. F.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; FRANÇA NETO, J. B.; GUIMARÃES, S. C.; GAZZIERO, D. L. P.; HENNING, A. A. Aplicação de desseccantes em pré-colheita: efeito na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1, p. 111-122, 2010.

FAXO, A.; GLASS, F.; GUTH, P.; DUTRA, R. **Evolução do cultivo da soja no Brasil de 1980 a 2015**. 13º ENCITEC. 2017.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n. 6, p. 1039-1042, 2014.

GURGEL, A.M.; GUEDES, C.A.; GURGEL, I.G.D, AUGUSTO, L.G.S.; Perda da função reguladora do estado no registro de ingredientes ativos de agrotóxicos no Brasil: reflexos da substituição do controle estatal pelo mercado enquanto mecanismo de regulação. **Revista Eletrônica de Comunicação, Informação & Inovação em Saúde**, v.11, n. 3, sep. 2017.

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**, v.72, n. 11, p. 1467-1470, 1982.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

KREMER, R. J.; MEANS, N. E.; KIM, S. Glyphosate affects soybean an root exudation and rhizosphere micro-organisms. **International Journal of nvironmental and Analytical Chemistry**, v.85, n. 15, p. 1165-1174, 2005.

LAZARETTI, N. S. **Causas e Reflexos do Entrelaçamento das Folhas Primárias em Plântulas de Soja**. 2020. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon.

LEE, T. T. Mode of action of glyphosate in relation to metabolismo of indol-3-acetico acid. **Physiologia Plantarum**, v.54, p. 289, 1982.

LYDON, J.; DUKE, S. O. Pesticide effects on secondary metabolism of higher plants. **Pesticide Science**, v.25, p. 361-373, 1989.

MARCANDALLI, L. H.; LAZARINI, E.; MALASPINA, I. C. Épocas de aplicação de desseccantes na cultura da soja: qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 2, p. 241-250, 2011.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2ª.ed. Londrina, PR. ABRATES, 2015. 660 p.

MARCOS FILHO, J.; NOVENBRE, A.D.L.C.; CHAMMA, H.M.C.P. Tamanho da semente e teste de envelhecimento acelerado para soja. **Scientia Agrícola**, v.57, n. 3, p. 473-482, 2000.

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**, v.54, n. 7, p. 2621-2628, 2006.

MELO, L. **Brasil usa 500 mil toneladas de agrotóxicos por ano, mas quantidade pode ser reduzida, dizem especialistas**. G1, 27 maio 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2019/05/27/brasil-usa-500-mil-toneladas-de-agrotoxicos-por-ano-mas-quantidade-pode-ser-reduzida-dizem-especialistas.ghtml>. Acesso em: 28 setembro 2020.

REDDY, K. N.; RIMANDO, A. M.; DUKE, S. O. Aminomethylphosphonic acid, a metabolite of glyphosate, causes injury in glyphosate-treated, glyphosate-resistant soybean. **J. Agric. Food Chem.**, v.52, n. 16, p. 5139-5143, 2004.

SANTOS, J. B.; FERREIRA, E. A.; REIS, M.R.; SILVA, A. A.; FIALHO, C. M. T.; FREITAS, M. A. M. Avaliação de formulações de glyphosate sobre soja Roundup Ready. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 165-171, 2007.

SIMEPAR. **Gráficos da estação de Cascavel. Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná**. 2020. Disponível em: <http://simepar.br/prognozweb/simepar/dados_estacoes/24535333>. Acesso em: 5 de outubro de 2020.

STEFANELLO, F. F.; MARCHETTI, M. E.; DA SILVA, E. F.; STEFANELLO, J.; DORETO, R. B. S.; NOVELINO, J. O. Efeito de glyphosate e manganês na nutrição e produtividade da soja transgênica. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 3, p. 1007-1014, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

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

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