

RESPOSTAS PRODUTIVAS E QUALITATIVAS DA SOJA MEDIANTE A APLICAÇÃO DE PRODUTOS MITIGADORES DO ESTRESSE CAUSADO PELO GLIFOSATO

LUÍS DILÉO LIMBERGER JÚNIOR¹; ANA CAROLINA DE OLIVEIRA ALVES²;
ISADORA PORTO DA SILVA³; MIREGE ROBAINA VIVIAM⁴; SIDNEI DEUNER⁵

¹Universidade Federal de Pelotas – luislimberger62@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – aco.alves@outlook.com

³Universidade Federal de Pelotas – isadoraportos@hotmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – viviamirege@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – sdeuner@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) é uma cultura agrícola que desempenha papel fundamental no cenário agroindustrial, sendo relevante para o setor econômico e o abastecimento alimentar global. Nas últimas safras, tem apresentado um crescimento anual de aproximadamente 3% na produção mundial, atingindo 420,78 milhões de toneladas na safra 2024/25, sendo o Brasil, o maior produtor global, correspondendo a 40% dessa produção (USDA, 2025).

Para garantir uma boa produtividade dessa oleaginosa, é essencial adotar um manejo integrado e eficiente que inclua, entre outras práticas, o controle de plantas daninhas. Com o objetivo de melhorar esse controle, em 1996, nos Estados Unidos, foram desenvolvidas cultivares transgênicas com a tecnologia *Roundup Ready* (RR). Essa tecnologia confere à soja resistência ao glifosato, um herbicida sistêmico de amplo espectro e não seletivo, que se tornou o defensivo mais utilizado até os dias atuais (BASTOS, 2020). Porém, ainda que a cultura apresente tolerância, há evidências de que esse herbicida pode provocar efeitos prejudiciais em diversos processos fisiológicos e bioquímicos, como a redução da eficiência fotossintética, menor acúmulo de nutrientes, diminuição da produção de biomassa e, por fim, a consequente redução no rendimento de grãos (ZOBIOLE et al., 2010).

No Brasil, aproximadamente 97% da área cultivada com soja é composta por cultivares transgênicas RR (BASTOS, 2020), evidenciando a importância de estudos que verifiquem se os efeitos nocivos da aplicação de glifosato são significativos para a produção da cultura. Caso sejam, é essencial identificar quais estratégias podem ser adotadas para minimizar esse estresse. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as respostas produtivas e qualitativas da cultura da soja à aplicação de diferentes produtos foliares, com o intuito de mitigar os efeitos negativos causados pelo glifosato às plantas.

2. METODOLOGIA

O estudo foi conduzido no Instituto Científico de Pesquisa Exata Agriscience, no município de Pelotas – RS, durante a safra 2024/25. A semeadura ocorreu na primeira quinzena de dezembro, utilizando sementes comerciais da cultivar Brasmax Zeus IPRO. As parcelas apresentavam quatro metros de comprimento com cinco linhas espaçadas em 0,45 metros entre si, considerando uma população de 14 plantas por metro linear. O experimento foi implementado em delineamento de blocos casualizados, com oito tratamentos (Tabela 1) e quatro repetições, totalizando 32 unidades experimentais. A aplicação tanto do

glifosato quanto dos demais produtos foi realizada quando as plantas atingiram o estágio vegetativo V4. O manejo da adubação e demais tratamentos culturais seguiram as recomendações técnicas da cultura para a região Sul (Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, 2012). Ao atingirem a maturação fisiológica, foi realizada a colheita dos grãos para análise das seguintes variáveis: produtividade (kg ha^{-1}), massa de mil grãos (g), teor de proteína (%), e germinação (%). O teor de proteína foi determinado através de espectrometria de infravermelho próximo (NIRS) utilizando um espectrômetro (NIRS™ DS2500, FOSS, Dinamarca). A avaliação da germinação foi realizada aos cinco dias após a colocação das sementes em câmara germinadora, seguindo critérios das Regras para Análise de Sementes (RAS). As análises estatísticas foram realizadas por meio da análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade através do programa estatístico Statistix 9 (TALLAHASSEE, 2009).

Tabela 1. Tratamentos utilizados no estudo.

Tratamentos	Descrição	Dose do Glifosato (g e.a. ha^{-1})	Dose do Tratamento (L ha^{-1})
T1	Testemunha com capina	-**	-
T2	Testemunha com glifosato	1000	-
T3	Micronutrientes (Starter Mn*)	1000	2,0
T4	Extrato de algas (Stingray)	1000	0,3
T5	Aminoácidos (Concorde)	1000	1,0
T6	Aminoácido isolado (Foltron Plus)	1000	1,0
T7	N + K_2O + C orgânico (Megafol)	1000	1,0
T8	Macro e micronutrientes (Crop+)	1000	0,5

*Produtos comerciais utilizados. **Sem aplicações.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade obtida com o tratamento 3 apresentou um incremento superior a 400 kg ha^{-1} em relação aos tratamentos sem fertilização (Tabela 2). Esse resultado sugere que a nutrição foliar contribuiu para respostas positivas, favorecendo o equilíbrio nutricional, aumentando a eficiência fisiológica e proporcionando proteção adicional à cultura (STOLLER, 2025). Entretanto, as demais variáveis não apresentaram diferença significativa em função da aplicação ou não do glifosato (T1 e T2), indicando que neste estudo, o herbicida não provocou alterações relevantes no metabolismo das plantas, comprometendo estes parâmetros.

Tabela 2. Produtividade, massa de mil grãos, germinação e teor de proteína em grãos de soja sob diferentes tratamentos.

Tratamentos	Produtividade (kg ha^{-1})	MMG (g)	Germinação (%)	Proteína (%)
T1	4726,5 c*	186,6 a	94,7 ab	33,27 a
T2	4824,0 bc	191,4 a	91,8 ab	33,67 a
T3	5227,5 a	192,2 a	96,8 a	33,52 a
T4	5053,5 abc	186,5 a	90,3 b	33,51 a
T5	5079,0 abc	193,3 a	95,8 ab	33,63 a
T6	5037,0 abc	190,2 a	91,3 ab	33,75 a
T7	4933,5 abc	190,6 a	92,8 ab	33,58 a
T8	5160,0 abc	193,3 a	93,0 ab	33,36 a
CV (%)	4,68	16,15	6,47	0,87

*Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). CV (%): coeficiente de variação.

No estudo realizado por ZOBIOLE et al. (2010), constatou-se que quando a soja é submetida ao glifosato, sofre um desequilíbrio nutricional, ocorrem reduções nas concentrações de nutrientes na parte aérea, nos parâmetros fotossintéticos, e na produção de biomassa, o que compromete o rendimento da cultura. Entretanto, os resultados produtivos obtidos neste estudo não evidenciam tais efeitos, corroborando com os achados de FORTE et al. (2019), em que a produtividade e a massa de mil grãos não foram afetadas pela ação do herbicida quando respeitada a dose recomendada para a cultura, assim como, a adição de nutrientes foliares não resultou em aumento produtivo.

Quanto à germinação das sementes (Tabela 2), ALBRECHT et al. (2012) relataram que o percentual pode ser reduzido quando a dose de glifosato ultrapassa 1440 g e.a. ha⁻¹, ou é aplicada no estágio reprodutivo. No presente estudo, tal efeito não foi observado, possivelmente devido à menor dose utilizada e ao momento de aplicação. Observou-se, contudo, maior germinação no T3 em comparação ao T4. Ainda segundo o mesmo autor, deficiências nutricionais favorecem a produção de sementes malformadas, enquanto FERRAZZA et al. (2010) destacam melhor desempenho germinativo quando produtos à base de extratos de algas são utilizados no tratamento de sementes.

Com relação ao teor de proteína, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 2). Estudos anteriores indicam que a aplicação do herbicida não reduz a eficiência da fixação biológica de nitrogênio (BÄRWALD BOHM et al., 2014). Considerando que o nutriente está diretamente relacionado à síntese de proteínas (DELARMELINO-FERRARESI et al., 2014), tal resultado justifica a estabilidade observada neste parâmetro.

É provável que uma série de fatores possam ter influenciado os resultados obtidos neste experimento, sendo um deles a ausência da combinação de estresses, que é frequentemente observada em grandes áreas agrícolas onde não é possível ter controle total das condições ambientais. Entre as eventuais interações, destaca-se que a soja tende a ser mais afetada quando exposta ao estresse hídrico juntamente a aplicação do glifosato (PETTER et al., 2016), o que pode comprometer a capacidade de recuperação da planta. No entanto, a área onde o estudo foi conduzido conta com sistema de irrigação por aspersão, fornecendo recursos hídricos em quantidade suficiente para o desenvolvimento adequado das plantas.

Embora não tenham sido observados impactos adversos no desempenho produtivo e qualitativo, devido ao uso do glifosato, destaca-se o benefício que a nutrição foliar (T3) oferece para o aumento do rendimento. SANTOS et al. (2025) apontam que adubação foliar com micronutrientes pode melhorar o estado nutricional e potencializar a produção de grãos. Tal tipo de fertilização pode ser realizada de forma conjunta com outros insumos, evitando custos adicionais de operação, favorecendo a eficiência da cultura e resultando em incremento de até 400 quilogramas por hectare na produtividade.

4. CONCLUSÕES

Nas condições de cultivo da soja no experimento realizado, o herbicida glifosato não causou estresse significativo às plantas de soja. Entretanto, a aplicação via foliar dos biofertilizantes, associados ao herbicida, resulta em ganhos em produtividade da cultura.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, Leandro Paiola et al. RR soybean seed quality after application of glyphosate in different stages of crop development. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, p. 373-381, 2012.

BASTOS, Giovanna Dalmo Barros. A Tecnologia RR na produção da soja. 2020.
BÄRWALD BOHM, Giani Mariza et al. Glyphosate effects on yield, nitrogen fixation, and seed quality in glyphosate-resistant soybean. **Crop Science**, v. 54, n. 4, p. 1737-1743, 2014.

DELARMELINO-FERRARESI, Leisli M.; VILLELA, Francisco A.; AUMONDE, Tiago Z. Desempenho fisiológico e composição química de sementes de soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 14-18, 2014.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul** (39.: 2012: Passo Fundo, RS). Atas e resumos... / XXXIX Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul; organizada por Leila Maria Costamilan... [et al.]. – Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. 1 CD-ROM. (Documentos / Embrapa Trigo, ISSN 1984-0713;5). Disponível em:
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79907/1/atas-e-resumos-reuniao-soja-2012.pdf>

FORTE, César Tiago et al. Efeitos do glifosato e de fertilizantes foliares na soja resistente ao glifosato (GR). **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 8, p. 1251-1257, 2019.

FERRAZZA, Douglas; SIMONETTI, Ana Paula Moraes Mourão. Uso de extrato de algas no tratamento de semente e aplicação foliar, na cultura da soja. **Revista Cultivando o Saber**, v. 3, n. 2, p. 48-57, 2010.

PETTER, Fabiano André et al. Effect of glyphosate and water stress on plant morphology and nutrient accumulation in soybean. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 2, 2016.

SANTOS, Luiz Augusto Mateus et al. Produtividade da soja em resposta à aplicação foliar de micronutrientes. **Trends in Agricultural and Environmental Sciences**, p. e250003-e250003, 2025.

Statistix (2009) Statistix 9: Software analítico Tallahassee, FL

STOLLER. Starter Mn Platinum. Disponível em:
<https://www.stoller.com.br/produtos/nutricaoedefesa/starter/>. Acesso em: 14 ago. 2025.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Production, Supply and Distribution**. Online. Washington, D.C.: Foreign Agricultural Service, 2025. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/2222000>. Acesso em: 20 jul. 2025.

ZOBIOLE, Luiz HS et al. Glyphosate affects seed composition in glyphosate-resistant soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 7, p. 4517-4522, 2010.