



USO DE SOLUBILIZADOR DE FOSFATO NA MITIGAÇÃO DE EFEITO DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES EM SOJA

Maico André Michelin Bagnara

Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) e bolsista CAPES

César Tiago Forte

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Eduardo Henrique Santin Cechet

Acadêmico do curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

Renata Paula Zicatto

Acadêmica do curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

Leandro Galon

Professor do Curso de Agronomia e do Programa de Pós-Graduação de Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

1. Introdução

A cultura da soja é uma das mais relevantes para a segurança alimentar global, sendo fonte essencial de proteína vegetal e óleo comestível. Além de seu papel na alimentação humana, destaca-se na formulação de rações para animais e na indústria de biocombustíveis. Segundo a FAO (2025), a soja ocupa posição estratégica na agricultura mundial devido à sua elevada produtividade e versatilidade econômica. Sua expansão contribui significativamente para o desenvolvimento socioeconômico.

A presença de plantas daninhas nas fases iniciais da cultura da soja pode comprometer significativamente o potencial produtivo, principalmente devido à competição por água, luz e nutrientes. A interferência de espécies como *Digitaria insularis*, *Amaranthus* spp. e *Conyza* spp. podem reduzir a produtividade da soja em até 80% (KARAM et al., 2020). O uso de herbicidas pré-emergentes permite um controle mais eficiente dessas plantas ainda no banco de sementes ou nos estádios iniciais de germinação, reduzindo a pressão de seleção (PROCÓPIO et al., 2019).

Os herbicidas pré-emergentes atuam inibindo processos fisiológicos essenciais, como divisão celular e síntese de ácidos graxos, sendo seletivos para a soja quando aplicados corretamente. Entre os princípios ativos mais utilizados destacam-se



flumioxazin, sulfentrazone, diclosulam, metribuzin e imazethapyr, cujas características físico-químicas influenciam diretamente a persistência no solo, a seletividade às culturas e a eficácia de controle (OLIVEIRA Jr. et al., 2018).

O fósforo (P) é um nutriente essencial à soja, atuando na formação de ATP, fosfolipídios, ácidos nucleicos e no desenvolvimento do sistema radicular. Apesar disso, solos tropicais, como os do Cerrado brasileiro, apresentam baixos teores de fósforo disponível, devido à alta capacidade de adsorção pelos óxidos de ferro e alumínio presentes no solo (NOVAIS e SMYTH, 1999).

A baixa mobilidade do fósforo no solo limita sua absorção pelas raízes, principalmente nas fases iniciais da cultura. Estratégias como o uso de solubilizadores de fosfato (SF) têm sido estudadas para mitigar essa limitação (SILVA et al., 2022). Esses solubilizadores, como *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp. e ácidos orgânicos, atuam transformando compostos insolúveis de fósforo em formas assimiláveis.

Além da proteção contra patógenos e pragas iniciais, o tratamento com bioestimulantes, microrganismos promotores de crescimento e solubilizadores de nutrientes tem sido incorporado à tecnologia de sementes de soja. Quando associados a práticas de manejo como o uso de herbicidas pré-emergentes, podem proporcionar maior vigor inicial e desenvolvimento radicular (FERREIRA et al., 2021).

A interação entre herbicidas pré-emergentes e SF no tratamento de sementes ainda é pouco explorada na literatura científica. Contudo, há hipóteses de que o incremento no desenvolvimento, proporcionado pelos SF, possa potencializar a tolerância aos estresses iniciais, inclusive a efeitos fitotóxicos de herbicidas residuais no solo. Diante disso objetivou-se com o trabalho avaliar o desempenho de bactérias SF na redução de fitotoxicidade de herbicidas pré-emergentes aplicados na cultura da soja.

2. Metodologia

O experimento foi instalado a campo, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim/RS. Cada unidade experimental foi composta por uma área de 15 m² (5 x 3 m), sendo seis linhas espaçadas a 0,50 m entre si, profundidade de semeadura de aproximadamente 0,035 m, densidade final de aproximadamente 25 plantas m⁻², usando-se a cultivar de soja DM 54IX57 IPRO.



O delineamento utilizado foi de blocos casualizados, arranjado em esquema fatorial 2 x 12, com 4 repetições. Os tratamentos utilizados no experimento estão dispostos na Tabela 1, bem como, as doses e modalidade de aplicação.

Tabela 1 – Tratamentos utilizados em pré-emergência da cultura da soja com e sem a utilização de solubilizador de fosfato.

Tratamentos	Concentração (g/L)	Dose (g i.a.ha ⁻¹)	Dose P.C (L/kg ha ⁻¹)
Testemunha capinada	---	---	---
Testemunha infestada	---	---	---
Sulfentrazone + diuron (Stone)	175 + 350	245 + 490	1,40
S-metolachlor + fomesafen (Eddus)	518 + 114	1295 + 285	2,50
S-metolachlor + metribuzim (Boundary)	628 + 149	1570 + 372	2,50
Sulfentrazone + imazethapir (Allus)	300 + 80	360 + 96	1,20
Flumioxazina + imazethapir (Zethamaxx)	100 + 200	60 + 120	0,60
Sulfentrazone + S-metolachlor (Helva)	100 + 700	300 + 2100	3,00
Sulfentrazone (Boral)	500	600	1,20
Flumioxazina (Flumyzin)	500	75	0,15
S-metolachlor (Dual Gold)	960	1920	2,00
Metribuzim (Sencor)	200	100	0,50

Foi avaliado a fitotoxicidade aos 14 e 28 DAE (dias após a emergência da soja), atribuindo-se a nota zero a ausência de sintoma até 100% para morte das plantas da cultura. A colheita da soja foi realizada quando os grãos atingiram 15% de umidade, em área útil de 4,5 m² por unidade experimental, efetuando-se posteriormente a trilha. Para as análises, a umidade dos grãos foi ajustada para 13% e os dados extrapolados para kg ha⁻¹.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e, quando obteve-se efeito significativo, os mesmos foram submetidos ao teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$).

3. Resultados e discussão

Na avaliação aos 14 DAE (dias após a emergência), observou-se que os tratamentos que continham sulfentrazone, isolado ou em combinação, apresentaram as maiores porcentagens de fitotoxicidade, variando de 10 a 19% (Tabela 2). Isso indica uma ação fitotóxica desses herbicidas sobre a cultura. Os tratamentos com S-metolachlor combinado com fomesafen ou metribuzin, bem como flumioxazin, também apresentaram fitotoxicidade intermediária (em torno de 10 a 11%). Observou-se redução da



fitotoxicidade em pelo menos três combinações de herbicidas com a utilização de SF (Tabela 2). A inoculação com bactérias SF promove a promoção do crescimento por meio de interação entre micróbios e plantas, assim estabelecendo uma planta com maior energia (WANG et al., 2022; CHEN et al. 2023), favorecendo a planta em situações de estresses (herbicidas).

Tabela 2. Fitotoxicidade (%) e produtividade (Prod.) de grãos da soja (kg ha^{-1}) em função da aplicação de diferentes herbicidas pré-emergentes.

Tratamentos	Fitotoxicidade da soja (%)				Prod. (kg ha^{-1})	Prod* (kg ha^{-1})
	14 DAE	14 DAE*	28 DAE	28 DAE*		
Testemunha capinada	0 dA ¹	0 dA	0 cA	0 eA	3301 aB	3621 aA
Testemunha infestada	0 dA	0 dA	0 cA	0 eA	3476 aB	3684 aA
Sulfentrazone + diuron	12 bA	10 bB	8 bA	10 bA	3347 aA	3513 aA
S-metolachlor + fomesafen	11 bA	10 bA	7 bA	9 bA	2961 bA	3255 bA
S-metolachlor + metribuzim	10 bA	11 bA	9 bA	7 cA	3549 aA	3383 bA
Sulfentrazone + imazethapir	12 bA	11 bA	9 bA	9 bA	3254 aB	3603 aA
Flumioxazina + imazethapir	6 cA	6 cA	5 bA	0 eB	3203 aB	3667 aA
Sulfentrazone + S-metolachlor	12 bA	10 bB	9 bA	9 bA	3074 bB	3728 aA
Sulfentrazone	19 aA	18 aA	17 aA	18 aA	3124 bB	3776 aA
Flumioxazina	11 bA	12 bA	8 bA	3 dB	3450 aA	3384 bA
S-metolachlor	10 bA	9 bA	7 bA	7 cA	3238 aB	3719 aA
Metribuzim	10 bA	9 bB	8 bA	5 cA	2769 bB	3616 aA
Média Geral		8,9		6,85		3391,98
CV (%)		11,87		18,72		6,51

DAE - Dias após a emergência. Prod. - produtividade de grãos. CV - coeficiente de variação. ¹ Médias seguidas de letra minúsculas compara-se na coluna e médias seguidas de letras maiúscula na linha. * Adição de SF (solubilizador de fosfato).

Quando aplicado em pré-emergência os herbicidas S-metolachlor + fomesafen, sulfentrazone + S-metolachlor, sulfentrazone e metribuzin ocasionaram redução de 10% em produtividade quando ao se comparar com a testemunha (Tabela 2). Já para o fator SF os herbicidas que mais reduziram a produtividade foram flumioxazina, e S-metolachlor + fomesafen, comparandos a testemunha capinada com redução de 8%, o que indica um possível benefício da SF.

Observou-se uma diferença para o tratamento com sulfentrazone em relação a aplicação de SF, destacando-se um incremento de produtividade de 652 kg ha^{-1} (Tabela 2). A maior diferença em relação a produtividade quando compara-se a utilização ou não de bactérias SF está para o metribuzin com uma diferença de 847 kg ha^{-1} . As diferenças observadas provavelmente estão atreladas a fitotoxicidade do herbicida e a capacidade dessas bactérias mitigarem o estresse causado pelo herbicida, pelo maior aporte de energia



(CHEN et al., 2023).

4. Considerações finais

Os tratamentos (sulfentrazone + diuron, sulfentrazone + imazethapir, sulfentrazone + s-metolachlor, sulfentrazone), apresentaram as maiores fitotoxicidade para a cultivar de soja DM 54IX57 IPRO.

Já os tratamentos flumioxazina, s-metolachlor + fomesafen apresentaram as menor fitotoxicidade a cultivar de soja DM 54IX57 IPRO.

Os autores agradecem o Programa de demandas social - CAPES, ao grupo de pesquisa MASSA UFFS campus Erechim.

4. Referências

- CHEN, H. et al. Biochar assists phosphate solubilizing bacteria to resist combined Pb and Cd stress by promoting acid secretion and extracellular electron transfer. **Journal of Hazardous Materials**, v.452, n.15, p.134-176, 2023.
- FAO. Crop Prospects and Food Situation - Quarterly Global Report No. 1. Rome: Food and Agriculture Organization of United Nations. p. 46, 2025. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/ca8032en/ca8032en.pdf>> Acesso em: 08/06/2025.
- FERREIRA, J. L. et al. Tratamento de sementes com bioinsumos: uma nova abordagem no manejo sustentável da soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v 51, n.1, p.1-10, 2021.
- KARAM, D. et al. Manejo integrado de plantas daninhas na cultura da soja. **Embrapa Milho e Sorgo**, 2020
- OLIVEIRA J. R. S. et al. Mecanismos de ação de herbicidas. 2. ed. Guaíba: **Agropecuária**, 2018.
- PROCÓPIO, S. et al. Manejo de herbicidas pré-emergentes na cultura da soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.18, n. 4, p.1 – 8, 2019.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999.
- SILVA, E. et al. Solubilização de fosfato por microrganismos em sistemas agrícolas. **Ciência Agrônômica**, v.53, n.1, p.1 - 11, 2022.
- WANG, Z. et al. Screening of phosphate-solubilizing bacteria and their abilities of phosphorus solubilization and wheat. **BMC Microbiol.** v. 22, n. 296, p.1-5, 2022.