

Associação entre glyphosate e fertilizantes foliares à base de enxofre e seus efeitos na soja RR[®]

Association between glyphosate and foliar fertilizers based on sulfur and their effects on soybean RR[®]

Silvana Ohse^{a*}, Anderson C. Finger^b, Náiali M. de Souza^c

^aDepartamento de Fitotecnia e Fitossanidade, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, Brasil. ^bUniversidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, Brasil. ^cInstituto Federal Catarinense, Araquari, SC, Brasil.

Resumo: **Introdução:** Os efeitos decorrentes da aplicação de herbicidas em mistura com fertilizantes foliares na soja são de extrema importância para o sucesso da produção.

Objetivo: Avaliar o efeito de formulações de glyphosate aplicadas em mistura com fertilizantes sulfatados na cultura da soja.

Métodos: O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial 4 x 3, sendo três formulações de glyphosate: Roundup WG, Roundup Ultra e Glizmax, acrescido de testemunha capinada. O segundo fator correspondeu a dois fertilizantes à base de enxofre: Nutrixofre e Tiosulfato de amônio, além de um nível sem a adição do fertilizante.

Resultados: A mistura dos herbicidas com os fertilizantes não afetou o controle de plantas daninhas para Roundup WG e Roundup Ultra. A mistura Glizmax + Nutrixofre resultou em menor controle de plantas daninhas. A massa de 100 grãos foi incrementada pela aplicação de Roundup WG e, reduzida quando da aplicação de Glizmax, independentemente da mistura com enxofre. Os tratamentos compostos somente da aplicação de fertilizantes sulfatados e a testemunha absoluta, apresentaram os maiores teores de S no tecido foliar. O uso de Glizmax resultou em menores produtividades quando em mistura com fertilizantes. A mistura Roundup WG + Tiosulfato de amônio resultou em maior ganho produtivo.

Conclusões: A aplicação de herbicidas a base de glyphosate em mistura com fertilizantes sulfatados afetou a produtividade da soja. O maior ganho produtivo foi obtido a partir da aplicação de Roundup WG em mistura com Tiosulfato de amônio.

Abstract: **Background:** The effects of applying herbicides in a mixture with foliar fertilizers on soybeans are extremely important for successful production.

Objective: To evaluate the effect of glyphosate formulations applied in mixture with sulphate fertilizers on the soybean crop.

Methods: The experiment was conducted in a randomized block design with four replications. The treatments were arranged in a 4 x 3 factorial scheme, with three glyphosate formulations: Roundup WG, Roundup Ultra and Glizmax, plus a weeded control. The second factor corresponded to two sulphur-based fertilizers: Nutrix Sulphur and Ammonium Thiosulphate, plus a level without the addition of the fertilizer.

Results: Mixing the herbicides with the fertilizers did not affect weed control for Roundup WG and Roundup Ultra. The Glizmax + Nutrixofre mixture resulted in lower weed control. The mass of 100 grains was increased when Roundup WG was applied and reduced when Glizmax was applied, regardless of the mixture with sulphur. The treatments consisting only of the application of sulphate fertilizers and the absolute control had the highest levels of S in the leaf tissue. The use of Glizmax resulted in lower yields when mixed with fertilizers. The Roundup WG + ammonium thiosulphate mixture resulted in greater yield gains.

Conclusions: The application of glyphosate-based herbicides in mixture with sulphate fertilizers affected soybean yields. The greatest yield gain was obtained from the application of Roundup WG in mixture with ammonium thiosulphate.

Palavras-chave: adubação foliar, *Glycine max*, herbicida.

Keywords: foliar fertilization, *Glycine max*, herbicide.

Journal Information:

ISSN: 2763-8332

Website: <https://www.weedcontroljournal.org/>

Journal da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas

Como citar: Ohse S, Finger AC, Souza NM. Associação entre glyphosate e fertilizantes foliares à base de enxofre e seus efeitos na soja RR[®]. Weed Control J. 2025;24:e202500808.

<https://doi.org/10.7824/wcj.2025;24:00808>

Aprovado por:

Editor-Chefe: Cristiano Piasecki

Editor Associado: Daniel Valadão Silva

Conflitos de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesses em relação à publicação deste manuscrito.

Recebido: Novembro 20, 2022

Aprovado: Dezembro 7, 2024

* Corresponding author:

<sohse@uepg.br>



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons, que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Copyright: 2025

1. Introdução

A soja é a aleuroleaginosa mais cultivada no mundo, tendo produzido 395,91 milhões de toneladas (t) em 138,52 milhões de ha na safra 2023/24 com consumo de 401,74 milhões de t (Usda, 2024), denotando a necessidade de se aumentar os estoques. A soja é principal commodity brasileira, com 70% destinado à exportação, comprovando autossuficiência do país. Todavia, o aumento da população e a redução dos estoques garantem seu comércio. Além disso, a soja brasileira conquistou a União Europeia e o Japão pelo alto teor de proteína e padrão de qualidade Premium (Embrapa, 2022). Com advento da soja geneticamente modificada (GM), o manejo de plantas daninhas na cultura foi significativamente facilitado. Contexto que levou o Brasil a ampliar a área cultivada com soja GM, chegando a 96,5% em 2013/14 (Usda, 2019), deixando-nos atrás apenas dos USA (Isaaa, 2019).

Associado ao cultivo da soja GM está o consumo do herbicida glyphosate e seus sais, ingrediente ativo mais vendido no Brasil, com 266,088 t comercializadas em 2022 (Ibama, 2022). O herbicida é inibidor da 5-enol-piruvil-shiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs), enzima imprescindível à síntese dos aminoácidos aromáticos (Taiz et al., 2021), controlando a maioria das espécies infestantes em pós-emergência por ser de amplo espectro e não seletivo. A mistura de diferentes agroquímicos em tanque tornou-se prática comum, principalmente por reduzir o número de aplicações, consequentemente custos. Entretanto, misturar fertilizantes e herbicidas em tanque pode levar à ocorrência de interações antagônicas e sinérgicas, podendo ou não prejudicar o controle de plantas infestantes (Silva et al., 2007). Assim, Carvalho et. al. (2009; 2012) evidenciaram aumento da absorção e eficácia do glyphosate em mistura com fontes de N e, Cavalieri et al. (2012) no acúmulo de nutrientes e produção da soja GM. Em contrapartida,

Mueller et al. (2006) identificaram redução da eficácia do glyphosate em mistura com cátions divalentes (Ca, Mg, Mn e Zn).

Algumas regiões do Brasil são deficientes em S. Isso se deve à baixa fertilidade dos solos, baixo teor de matéria orgânica (MO), exportação de nutrientes via grãos e uso de fertilizantes com pouco ou nenhuma quantidade de S em sua composição (Malavolta, 2006). O S é essencial às plantas por ser constituinte dos aminoácidos cistina, cisteína e metionina, atuando em vários processos metabólicos (Vitti et al., 2015; Taiz et al., 2021). A soja consome cerca de 15,4 kg de S t⁻¹ de grãos, a depender da disponibilidade, tratos culturais, fatores ambientais e genótipo (Sfredo e Lantman, 2007), com teor foliar adequado entre 2,0 e 4,1 g ha⁻¹ (Sfredo; Lantman, 2007). O S pode ser repostado pelo aumento da MO ou pelo uso de fertilizantes, tanto via solo como foliar (Vitti et al., 2006). Rezende et al. (2009) observaram aumento na produtividade e no teor foliar de S na soja quando aplicado via foliar. Todavia, Vitti et al. (2007) não constataram diferença entre a reposição via solo e foliar para as variáveis.

Considerando a utilização de misturas em tanque e a necessidade de reposição de S, Faircloth et al. (2004), no algodoeiro, detectaram menor eficiência da mistura de glyphosate com tiosulfato de amônio em relação ao sulfato de amônio, sem refletir na produtividade. Roman et al. (2007) e Silva et al. (2007) constataram que a mistura de sulfato de amônia com glyphosate maximizou a absorção do herbicida pelas plantas infestantes. Mueller et al. (2006) não observaram redução no antagonismo quando do uso da formulação de glyphosate à base de amônia, isopropilamina e

potássio em adição com sulfato de amônio, em compensação, Brachtvogel e Sodré (2021) não constataram sinergismo. Ante à divergência e escassez de informações sobre a interação entre herbicidas e fertilizantes, principalmente sobre o alvo biológico (plantas daninhas), o objetivo deste estudo foi avaliar a influência entre formulações de glyphosate aplicadas em mistura com fertilizantes foliares à base de S na soja RR, com ênfase na resposta de controle das plantas daninhas e produtividade da cultura.

2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido no campo experimental da Fazenda Escola Capão da Onça, pertencente à Universidade Estadual de Ponta Grossa, em solo classificado como Cambissolo Vermelho Distrófico (Embrapa, 2018). Segundo a classificação a de Wilhelm Köppen, o clima da região dos Campos Gerais é do tipo Cfb, ou seja, mesotérmico (subtropical e temperado), sempre úmido (sem estação seca definida) e possui verões com temperaturas amenas (Nitsche et al., 2019). Durante o ciclo da soja a precipitação foi de 775 mm e a temperatura variou entre 12 e 33 °C, com temperatura média de 20,6 °C (Figura 1). A maior precipitação ocorreu no mês de fevereiro (310,2 mm) e a menor no mês de março de 2016 (121,8 mm), com média de 131,6 mm. A precipitação encontra-se dentro da faixa considerada ideal para a cultura, que segundo Chavarria et al. (2015) deve estar entre 550 e 800 mm, bem como, a temperatura para plantas C₃ (Taiz et al., 2021).

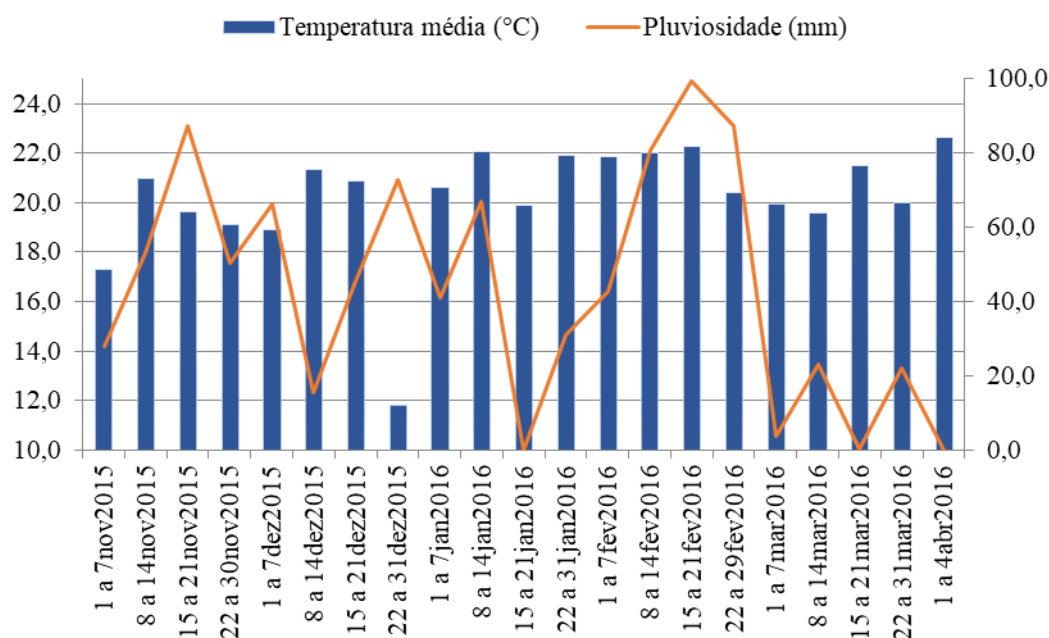


Figura 1. Pluviosidade e temperaturas médias semanais ocorridas durante o período experimental (novembro/2015 a abril/2016) (Estação Agrometeorológica Mini Farm - BASF, 2016).

O solo do local do experimento é intemperizado, profundo, bem estruturado, possui argila do tipo 1:1, baixa fertilidade natural, com predominância de óxidos de ferro e alumínio, CTC inferior a 17 cmol_c kg⁻¹ (Embrapa, 2018).

A análise química do solo, na profundidade de 0 a 20 cm denotou: 5,2 de pH em CaCl₂; 3,97 cmol_c dm⁻³ de H⁺ Al; 0,0 cmol_c dm⁻³ de Al trocável; 1,9 cmol_c dm⁻³ de Ca trocável; 0,8 cmol_c dm⁻³ de Mg trocável; 0,17 cmol_c dm⁻³ de

K trocável; 35,9 mg dm⁻³ de P; 17 g dm⁻³ de C orgânico; CTC 2,84%; CTC efetiva de 6,81 cmolc dm⁻³; 2,4 de relação Ca/Mg; 19,3 de relação Ca+Mg/K e 41,7; 0,0; 27,9; 11,7 e 2,1% de saturação de bases (V); saturação por Al; saturação por Ca; saturação por Mg e saturação por K, respectivamente. O teor de S-SO₄; Cu; Mn; Fe; Zn e B foram de 4,8; 0,38; 8,08; 77,9; 0,61 e 0,18 mg dm⁻³, respectivamente.

O teor de S revelado pela análise química (4,8 mg dm⁻³), classificou o solo como de “baixo teor” do macronutriente (Embrapa, 2014). A solubilidade dos nutrientes, de acordo com Malavolta (2006) é influenciada pelo pH, o qual está dentro da faixa considerada ideal (5,2 a 6,0), para propiciar boa solubilidade e, por conseguinte, boa absorção dos nutrientes. Nesta condição de pH não se evidencia presença de Alumínio (Al⁺³) trocável, por consequência, também não apresenta saturação por Al (M%), implicando que a calagem está sendo realizada de forma adequada e que as raízes das plantas não terão impedimento para seu crescimento, visto que, o Al⁺³ é tóxico às raízes por reduzir a absorção de Fe⁺² e Ca⁺², interferindo deleterianamente no metabolismo do P (Taiz et al., 2021).

A área experimental utilizada encontrava-se sob sistema de plantio direto há 6 anos, apresentando como cultura antecessora o trigo. A dessecação no local foi realizada aos 20 dias antes da semeadura da soja (DAS), com o herbicida Trop (glyphosate) na dose de 2,0 L ha⁻¹. A cultivar utilizada foi a BMX Potência RR. As sementes de soja foram tratadas com fungicida/inseticida Standak Top® (tiofanato metílico+fipronil) na dose 200 mL 100 kg⁻¹, mais o inoculante Biomax®, utilizado na dose 120 mL 100 kg⁻¹ de semente. A semeadura ocorreu em 27/11/2015, utilizando-se espaçamento de 0,45 m entre linhas, densidade de oito sementes m⁻², visando população de 280 mil plantas ha⁻¹. A adubação de base aplicada na semeadura foi de 300 kg ha⁻¹ da formulação 00-20-20. O controle de pragas e doenças da soja foi realizado de acordo com a necessidade da cultura ao longo do ciclo.

Os tratamentos obedeceram ao esquema fatorial (4x3), entre três formulações de glyphosate (Roundup WG-Monsanto [2 kg ha⁻¹]; Roundup Ultra-Monsanto [2 kg ha⁻¹]; Glizmax- Dow Agrosience [2,5 L ha⁻¹] e testemunha sem herbicida) e dois fertilizantes à base de enxofre (Nutrixofre-Samaritá [2 L ha⁻¹]; Tiosulfato de amônio-IQR-Química [2 L ha⁻¹] e sem fertilizante), totalizando 12 tratamentos, delineados em blocos ao acaso com 4 repetições. As doses dos herbicidas foram selecionadas em razão do índice de utilização na região dos Campos Gerais, encontrando-se dentro da recomendação para a cultura. O Nutrixofre é um fertilizante mineral simples, que em solução apresenta S em suspensão, composto por 55% de S (800 g L⁻¹) e densidade de 1,45 g cm⁻³. Pode ser utilizado na soja, em aplicação via solo (20 L ha⁻¹) ou via foliar (1 a 2 L ha⁻¹) em V₃. O Tiosulfato de amônio, composto por 58 a 61% de (NH₄)₂S₂O₃, possui de 25 a 26,5% de S e 11 a 12,5% de N, na densidade de 1,310 a 1,350 g L⁻¹ e pH de 7,5 a 9,0. As formulações de glyphosate foram escolhidas entre as que possuíam registro de uso para a cultura da soja GM e resultado favorável quanto à compatibilidade física entre as misturas dos herbicidas com os fertilizantes, em pré-teste

realizado em laboratório.

As parcelas foram constituídas por 4 m de comprimento por 3 m de largura perfazendo 12 m² de área. A área útil foi composta por 3 linhas de soja com 2 m de comprimento, totalizando 2,7 m². Os herbicidas e misturas com os fertilizantes foram aplicados aos 28 DAS, com a cultura em estágio fenológico V₃ para V₄. A aplicação dos tratamentos deu-se com pulverizador costal com pressão constante mantida por CO₂ comprimido a 0,3 bar, equipado com uma barra de 3 m, pontas XR 110.02 espaçados a 0,5 m, com consumo de calda equivalente a 150 L ha⁻¹. A velocidade de deslocamento foi de 1 m s⁻¹ e a barra foi conduzida a 0,5 m acima da superfície dos alvos. O tratamento testemunha absoluta foi conduzido sem aplicação de herbicida ou fertilizante sulfatado, na presença da vegetação de plantas infestantes. Os tratamentos compostos somente por aplicação dos fertilizantes sulfatados foram mantidos livres de plantas infestantes, por meio da remoção manual durante todo o ciclo.

As variáveis avaliadas foram: a infestação de plantas daninhas presentes na área antes da aplicação dos tratamentos. Amostragens aleatórias foram realizadas na área útil de cada parcela, utilizando-se quadrados de 0,25 cm de lado, coletando-se as plantas daninhas que ocupavam essa área. A análise dessa vegetação foi realizada através da determinação da densidade e frequência absoluta e relativa das espécies. Aos 10 e 20 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA) foram realizadas avaliações visuais do controle de plantas daninhas, utilizando-se de escala percentual onde 0% representa ausência de controle, e 100% controle total das plantas daninhas. Para determinação dos teores de S nas folhas de soja, aos 15 DAA foi coletado o terceiro trifólio a partir do ápice, de 20% das plantas da área útil de cada parcela, compondo três subamostras para cada tratamento, utilizando-se do método descrito por Vitti (1989).

Avaliou-se o “stand” inicial da soja aos 24 dias depois da semeadura (DDS) e no final do ciclo aos 130 DAS, a altura de plantas em V₅, R₁ e R₈, considerando-se a distância em centímetros a partir da superfície do solo até a extremidade do caule principal. A colheita ocorreu aos 124 dias de ciclo da soja. Após a colheita, avaliou-se o número de ramificações e o número de legumes por planta, número de grãos por legume em cinco plantas da área útil das parcelas, e massa de 100 grãos de soja. A produtividade foi avaliada após a colheita manual em x m² na área útil das parcelas, procedendo-se a trilha do material com equipamento tratorizado estacionário. A produtividade final de grãos (kg ha⁻¹) foi padronizada para 13% de umidade e posteriormente calculada a produtividade relativa à testemunha absoluta.

Os dados obtidos foram processados estatisticamente através da análise da variância. Para as variáveis com valores significativos, procedeu-se a aplicação do teste de Tukey para comparação das médias, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico ASSISTAT versão 7.7 beta (Silva e Azevedo, 2009). Os dados de porcentagem de plantas daninhas foram transformados em arco seno y²=(x+0,5) e os gráficos gerados no programa Microsoft Excel.

3. Resultados e Discussão

Espécies eudicotiledôneas (folhas largas) predominaram quando da avaliação da infestação de plantas daninhas realizada aos 25 dias depois da semeadura (DDS),

verificando-se maiores densidades para as espécies picão-preto (*Bidens pilosa*), picão-branco (*Galinsoga parviflora*) e poaia-branca (*Richardia brasiliensis*). A espécie nabo (*Raphanus* spp.) apresentou-se com alto grau de importância para o controle, embora em menor densidade, com plantas altas e grande produção de massa fresca (Figura 2).

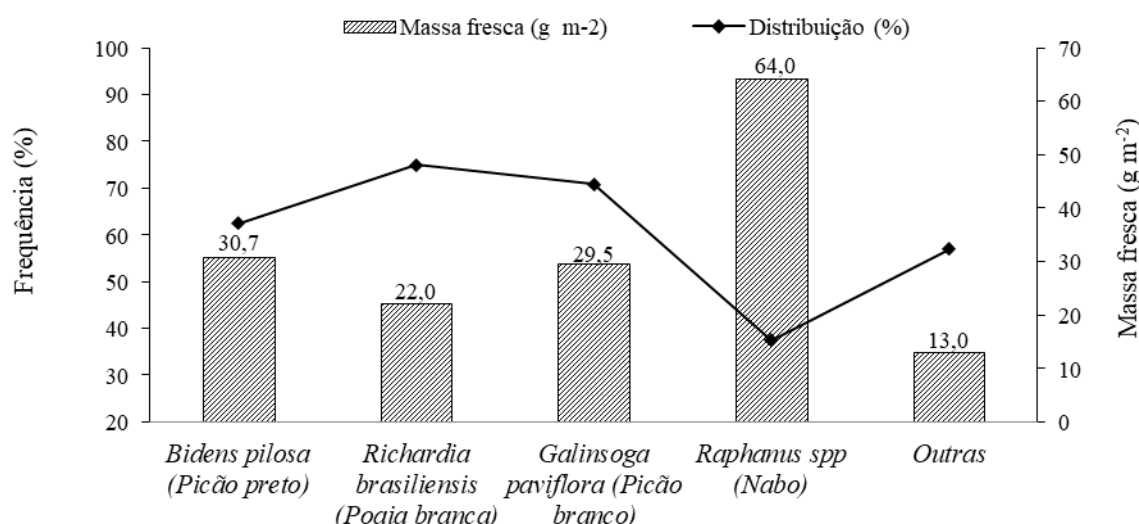


Figura 2. Composição da infestação de plantas daninhas na área experimental no momento da aplicação dos tratamentos (mistura de herbicidas a base de glyphosate e fontes de fertilizantes sulfatados).

Aos 10 e 20 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos foram realizadas avaliações visuais da porcentagem de controle das plantas daninhas (Figura 3). A presença de poaia-branca contribuiu para o baixo nível de controle inicialmente observado (10 DAA) em alguns tratamentos, visto tratar-se de uma espécie naturalmente tolerante ao herbicida glyphosate (Cerdeira et al., 2011). No entanto, na última avaliação (20 DAA) foram obtidos níveis satisfatórios de controle sob as espécies que compunham a comunidade infestante.

Aos 10 DAA, a adição dos fertilizantes sulfatados aos herbicidas, no momento da aplicação, não afetou o controle de plantas daninhas para os tratamentos Roundup WG e Roundup Ultra (Figura 3). As plantas daninhas apresentaram evolução nos sintomas de intoxicação conforme esperado. Os níveis de controle obtidos aos 20 DAA foram satisfatórios para Roundup WG e Roundup Ultra, ultrapassando 80% de controle. A mistura que resultou em melhor controle de plantas daninhas foi a do Roundup WG com a fonte de S tiosulfato de amônio (RWG+TIOSS), não diferindo do tratamento com Roundup ULTRA em mistura com Nutrixofre (RULTRA+NUTRI) aos 20 DAA (Figura 3).

Por outro lado, o herbicida Glizmax, a mistura de Roundup com Nutrixofre e do Glizmax com Nutrixofre e com Tiosulfato de amônio não foram eficientes no controle

de plantas daninhas (Figura 3). No caso da mistura do Glizmax + Nutrixofre tal resultado pode ser decorrente da maior formação de precipitados, uma vez que, no teste preliminar das misturas, realizado em laboratório, constatou-se a formação de duas fases para a mistura. Este efeito também prejudicou a distribuição da calda no momento da aplicação, com entupimento de algumas pontas da barra de pulverização. O precipitado formado em algumas misturas pode provocar falhas na distribuição do herbicida sobre as plantas, afetando assim a resposta de controle. O problema de incompatibilidade entre diferentes produtos pode ser minimizado, por exemplo, com o uso de adjuvantes e redutores de pH de calda. No entanto, este assunto requer mais pesquisa.

Após submissão dos dados obtidos nas avaliações à análise estatística, constatou-se que as variáveis altura de plantas aos 40, 50 e 134 dias depois da semeadura (DDS), o estande inicial e final na cultura, o número de ramificações por planta, o número de legumes por planta e o número de grãos de soja por legume, não diferiram significativamente em função das misturas entre herbicidas e fertilizantes sulfatados aplicados via foliar (Tabela 1). Por sua vez, verificou-se diferenças significativas para massa de 100 grãos (MCG), produtividade e produtividade relativa da soja.

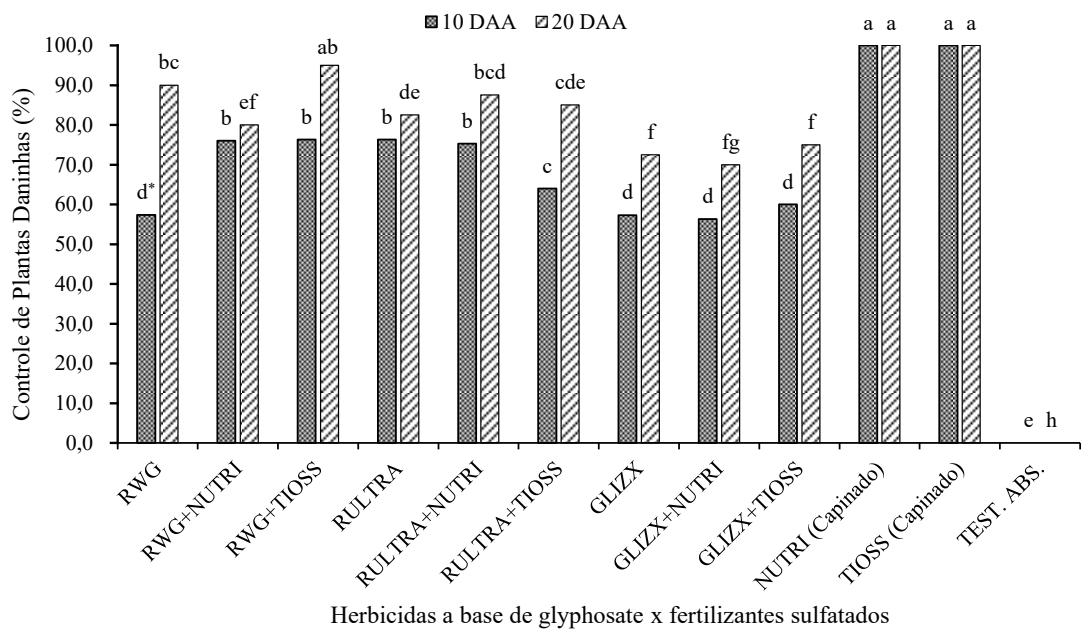


Figura 3. Controle de plantas daninhas (%) aos 10 e 20 dias após aplicação (DAA) em função da mistura de herbicidas a base de glyphosate e fontes de fertilizantes sulfatados. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. R= Roundup; RWG= Roundup WG; RULTRA= Roundup ULTRA; GLIZX= Glizmax; NUTRI= Nutrixofre; TIOSS= Tiossulfato de amônio; TEST. ABS.= Testemunha Absoluta sem controle.

Tabela 1. Altura de plantas de soja (AP) aos 40, 50 e 134 dias após semeadura (DAS), estande inicial (EI) e final (EF), número de ramificações por planta (NRP), número de vagens por planta (NVP) e número de grãos por vagem (NGV) na cultura da soja submetida a misturas de glyphosate e fertilizantes sulfatados.

Fontes de Variação	AP - 40 DAS (cm)	AP - 50 DAS (cm)	AP - 134 DAS (cm)	EI (plantas m ⁻¹)	EF (plantas m ⁻¹)	NRP	NVP	NGV
Média	21,08	36,53	94,83	12,48	11,67	6,17	64,27	2,56
CV (%)	10,68	9,28	5,69	24,13	19,73	11,86	16,20	10,78

Entre os herbicidas estudados a maior MCG foi alcançada com os tratamentos à base de Roundup WG, independentemente da presença ou não de S na mistura aplicada (Tabela 2). Os tratamentos com Glizmax resultaram em menor MCG de soja e, da mesma forma, independente da presença ou não de S na mistura aplicada. As plantas de soja

tratadas somente com S, e capinadas durante todo o ciclo, apresentaram MCG equivalentes aos obtidos com os tratamentos com herbicidas, independente da fonte de S utilizada. As plantas de soja desenvolvidas sem herbicida e sem aplicação dos fertilizantes foliares apresentaram MCG significativamente inferior a todos os demais tratamentos.

Tabela 2. Massa seca de 100 grãos de soja após a colheita em experimento de misturas de glyphosate e fertilizantes sulfatados.

Herbicidas	Massa seca de 100 grãos (g)			Médias ¹
	Nutrixofre	Tiossulfato de amônio	Sem enxofre	
Roundup WG	13,8 a A*	14,4 a A	13,0 a A	13,7 a
Roundup Ultra	13,2 a A	13,3 a A	13,0 a A	13,1 ab
Glizmax	12,8 a A	12,7 a A	11,6 ab A	12,4 b
Sem herbicida	13,5* a A	14,6** a A	9,9 b B	12,7 ab
Médias ²	13,3 A	13,7 A	11,9 B	
DMS Linha		1,90		
DMS Coluna		2,20		
CV (%)		8,71		

*Médias seguidas pela mesma letra (maiúscula na linha e minúscula na coluna) não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. * Tratamento com Nutrixofre/Sem herbicida e Capinado durante todo o ciclo. ** Tratamento com Tiossulfato de amônio/Sem herbicida e Capinado durante todo o ciclo. DMS_{Herbicida} = 1,2. DMS_{Enxofre} = 1,0.

A massa de 100 grãos foi superior em 15,1 (Tiossulfato de amônio) e 11,8% (Nutrixofre) quando da aplicação de S em relação à testemunha sem S, independentemente do uso ou não do herbicida (Tabela 2). O resultado pode estar associado ao fato de a semente de soja ser uma aleuroleaginosa quanto ao tipo de reserva, apresentando inclusive, maior porcentagem de proteína (31,7 a 57,9%) que óleo (8,0 a 25,4%) (Pipolo et al., 2015) e, como o S faz parte de três aminoácidos proteicos (cistina, cisteína e metionina), sua adição pode ter contribuído para a síntese de proteínas de reserva, maximizando o enchimento de grãos.

A produtividade de soja foi significativamente afetada

pelos herbicidas e fertilizantes sulfatados aplicados isoladamente, e pelas misturas estudadas (Tabela 3). Entre os herbicidas avaliados, as misturas à base de Glizmax resultaram em menor produtividade, sendo a mistura com Tiossulfato de amônio a menos eficiente. A soja tratada com os herbicidas Roundup WG e Roundup Ultra apresentou médias de produtividade equivalentes. De modo geral, a adição dos fertilizantes sulfatados aos herbicidas a base de glyphosate não maximizou a produtividade da soja, cv. BMX Potência RR. No entanto, a mistura Roundup WG + Tiossulfato de amônio, foi a que resultou em maior produtividade, entre as misturas avaliadas.

Tabela 3. Produtividade de soja submetida a misturas de glyphosate e fertilizantes sulfatados.

Herbicidas	Produtividade de soja (kg ha ⁻¹)			Médias ¹
	Nutrixofre	Tiossulfato de amônio	Sem enxofre	
Roundup WG	3545,6 a AB*	3728,4 ab A	2926,3 a B	3400,1 a
Roundup Ultra	3136,6 ab A	3229,9 bc A	2916,9 a A	3094,5 a
Glizmax	2709,4 b A	2656,7 c A	2399,1 ab A	2588,4 b
Sem herbicida	3323,0* ab A	3959,8** a A	2165,0 b B	3149,3 a
Médias ²	3178,6 A	3393,7 A	2601,8 B	
DMS Linha	642,2			
DMS Coluna	707,9			
CV (%)	12,16			

*Médias seguidas pela mesma letra (maiúscula na linha e minúscula na coluna) não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. * Tratamento com Nutrixofre/Sem herbicida e Capinado durante todo o ciclo. ** Tratamento com Tiossulfato de amônio/Sem herbicida e Capinado durante todo o ciclo. DMS_{Herbicida} = 408,7. DMS_{Enxofre} = 321,1.

Analisando-se as fontes de S separadamente, constata-se que o Tiossulfato de amônio aplicado isolado (com capina durante todo ciclo) resultou em maior produtividade. Por sua vez, a soja tratada com Nutrixofre em mistura com o herbicida Roundup WG apresentou maior produtividade (Tabela 3). Da mesma forma que, para a variável MCG (Tabela 2), a produtividade de soja sem herbicida e sem aplicação dos fertilizantes foliares, foi significativamente inferior a todos os demais tratamentos. A aplicação de S resultou em produtividade 29,1% (Tiossulfato de amônio) e 20,0% (Nutrixofre) superior à testemunha sem S, independentemente do uso de glyphosate (Tabela 3).

A produtividade relativa (ao tratamento sem herbicida e sem enxofre/com infestação todo ciclo) apresentou influência significativa das misturas testadas (Tabela 4). A produtividade relativa média entre herbicidas mostrou que as plantas de soja tratadas com Roundup WG produziram 58,9% a mais, independente do fertilizante sulfatado utilizado em mistura, quando comparadas ao tratamento sem herbicida e sem S. De forma semelhante, as plantas de soja tratadas somente com Tiossulfato de amônio (capinadas durante todo o ciclo) produziram em média 58,4% a mais que na ausência de herbicida e de S. A mistura Roundup WG + Tiossulfato de amônio aumentou em 74,5% a produtividade quando comparada com o tratamento sem herbicida e sem S. Embora, sem significância estatística, entre as misturas avaliadas, o

herbicida Glizmax apresentou os menores ganhos de produtividade.

Vale lembrar que o S elementar atua também como fungicida, tendo sido o primeiro a ser empregado na agricultura. Possui baixa toxicidade e não deixa resíduos nas partes tratadas. Possuem compostos que agem pela área de contato, matando e erradicando estruturas de fungos na superfície da planta. É recomendado como oídio, acaricida e para algumas doenças fúngicas importantes como a ferrugem da soja (Zambolim et al., 2012). Com a soja no estádio V₆ para R₁ foram coletadas as amostras de folhas para avaliação do teor de S. Observa-se que a aplicação via foliar de S, independentemente do fertilizante utilizado supriu as necessidades de S para a cultura da soja (Figura 4).

A aplicação de fertilizantes sulfatados Nutrixofre e Tiossulfato de amônio (sem infestação durante todo o ciclo da cultura) e a testemunha absoluta, com plantas desenvolvidas com infestação, suscitaram os maiores teores de S no tecido foliar da soja. No entanto, os teores de S encontrados quando da aplicação destes tratamentos (2,5; 2,6 e 2,1 g ha⁻¹ de S, respectivamente), são considerados pela pesquisa, no limite inferior de suficiente a médio (2,1 a 4,0 g ha⁻¹ de S) (Embrapa, 2014). Considerando as mesmas pesquisas, as plantas cujos tratamentos foram à base de glyphosate (1,1 a 1,6 g ha⁻¹ de S), apresentaram baixo teor de S (1,5 a 2,0 g ha⁻¹) (Embrapa, 2014), redução média de 33,3% se comparados à testemunha absoluta (Figura 4). Tais observações corroboram com

Cavalieri et al. (2012), os quais inferiram que para diferentes cultivares de soja transgênica, o acúmulo de nutrientes e produção de massa seca podem ser alterados em função da aplicação do glyphosate. Adicionalmente, algumas

formulações de glyphosate também podem reduzir a produtividade e o teor foliar de vários nutrientes em plantas de soja GM (Santos et al., 2007).

Tabela 4. Produtividade Relativa (ao tratamento sem herbicida e sem enxofre) de soja submetida a misturas de glyphosate e fertilizantes sulfatados.

Herbicidas	Produtividade Relativa de soja (%)			Médias ¹
	Nutrixofre	Tiossulfato de amônio	Sem enxofre	
Roundup WG	165,5 a A*	174,5 a A	136,7 a A	158,9 a
Roundup Ultra	146,1 a A	151,0 ab A	134,9 a A	144,0 ab
Glizmax	126,1 a A	123,8 b A	113,0 a A	120,9 b
Sem herbicida	154,8* a A	184,2** a A	100,0 a B	146,3 ab
Médias ²	148,1 A	158,4 A	121,2 B	
DMS Linha		43,00		
DMS Coluna		47,40		
CV (%)		17,47		

*Médias seguidas pela mesma letra (maiúscula na linha e minúscula na coluna) não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. * Tratamento com Nutrixofre/Sem herbicida e Capinado durante todo o ciclo. ** Tratamento com Tiossulfato de amônio/Sem herbicida e Capinado durante todo o ciclo. DMS_{Herbicida} = 27,4. DMS_{Enxofre} = 21,5.

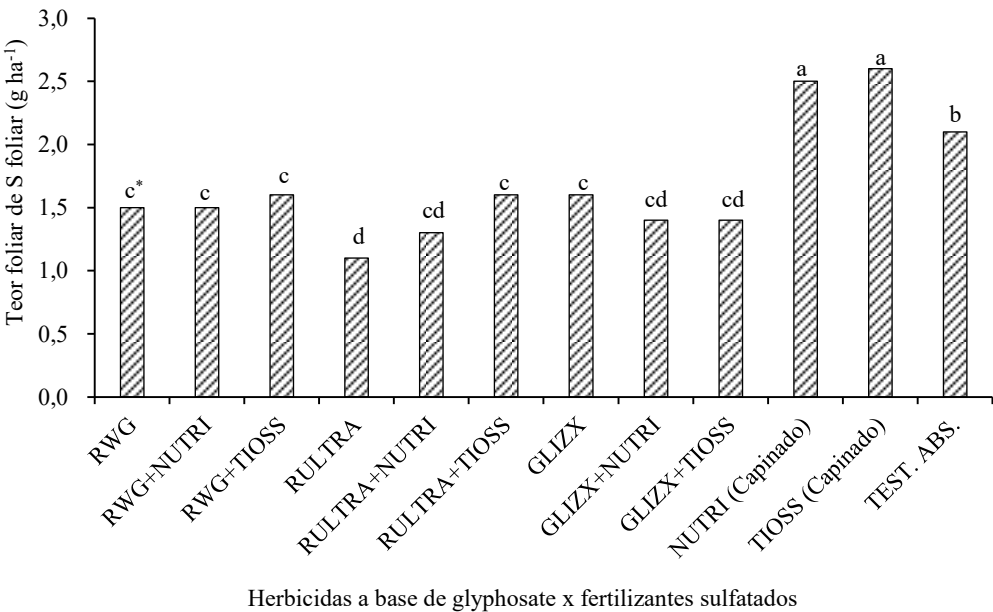


Figura 4. Teor de enxofre em folhas de soja aos 15 DAA ou (48 DAS) em função da mistura de herbicidas a base de glyphosate e fontes de fertilizantes sulfatados. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. R= Roundup; RWG= Roundup WG; RULTRA= Roundup ULTRA; GLIZX= Glizmax; NUTRI= Nutrixofre; TIOSS= Tiossulfato de amônio; TEST. ABS.= Testemunha Absoluta sem controle.

O acúmulo de S avaliado em plantas de soja tratadas com Roundup Ready e Roundup Ultra apresentou-se superior aos teores obtidos com as formulações Roundup Transorb e Roundup Original. Algumas cultivares de soja transgênica apresentam maior acúmulo de S quando tratadas com Roundup Ready quando comparadas a plantas tratadas com Roundup WG (Cavalieri et al., 2012). Possivelmente, a cultivar utilizada neste experimento apresenta o mesmo tipo de sensibilidade aos herbicidas testados, como observado nos

trabalhos citados. Importante ressaltar que para as cultivares de soja transgênica fatores como dose de glyphosate aplicada, formulação, estágio fenológico de desenvolvimento e grupos de maturação das cultivares podem influenciar em maior ou menor intensidade os efeitos causados pelo glyphosate. A aplicação de S via foliar resulta em ganhos significativos para a cultura da soja. Há que se levar em conta, não somente o aspecto nutricional, mas também a possibilidade do efeito

protetor contra doenças. No experimento em questão é possível que os ganhos produtivos com as misturas de herbicidas com fertilizantes sulfatados tenham ocorrido devido ao efeito protetor, capaz de inibir a ação de patógenos presentes na superfície foliar, uma vez que o local onde o experimento foi realizado apresentava intenso foco de desenvolvimento de ferrugem da soja e oídio. Dependendo da pressão de plantas daninhas e das espécies presentes, reaplicações de glyphosate fazem-se necessárias, levando em conta recomendação diferenciada de doses em função da sensibilidade das espécies e estágio de desenvolvimento da cultura. Nessas reaplicações é plausível considerar-se também, a possibilidade de reaplicações de fertilizantes sulfatados. Ante o exposto, mais estudos devem ser realizados visando à obtenção de informações para otimização e uso das diversas formulações de glyphosate, em mistura com fertilizantes sulfatados, na cultura da soja.

Referências

- Brachtvogel EL, Sodré A. Doses de Glyphosate com adjuvantes no controle de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Pesquisa Agropecuária. 2021;4(1):44-57. Disponível em: <https://doi.org/10.33912/pagrov.411.914>
- Carvalho SJP, Damin V, Dias ACR, Melo MSC, Nicolai M, Christoffoleti PJ. Dessecação de plantas daninhas com glyphosate em mistura com ureia ou sulfato de amônio. Planta Daninha. 2009; 27(2):353-361. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582009000200019>
- Carvalho SJP, Damin V, Dias ACR, Tarozzo Filho H, Christoffoleti PJ. Glyphosate application using solution of urea + ammonium sulfate. Revista Brasileira de Herbicidas. 2012; 11(1):84-95. Disponível em: <https://doi.org/10.7824/rbh.v11i1.148>
- Cavaliéri SD, Velini ED, Silva FML, São José AR, Andrade GJM. Acúmulo de nutrientes e matéria seca na parte área de dois cultivares de soja RR sob efeito de formulações de glyphosate. Planta Daninha. 2012; 30(2):349-358. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582012000200014>
- Cerdeira AL, Gazziero DLP, Duke SO, Matallo MB. Agricultural Impacts of Glyphosate-Resistant Soybean Cultivation in South America. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2011; 59(11):5799-5807. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/jf102652y>
- Chavarria G, Durigonii MR, Kleini VA, Kleber H. Restrição fotossintética de plantas de soja sob variação de disponibilidade hídrica. Ciência Rural. 2015; 45(8):1387-1393. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20140705>
- Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Radar da tecnologia. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 6 set. 2022.
- Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018. 355p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs>. Acesso em: 6 set. 2022.
- Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil. Embrapa Soja. Sistema de Produção, n.16, p.1-265, 2014. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/975595/1/SP16online.pdf>. Acesso em: 9 out. 2022.
- Faircloth WH, Monks CD, Patterson MG, Wehtje GR. Cotton and weed response to glyphosate applied with sulfur-containing additives. Weed Technology. 2004; 18(2):404-411. Disponível em: <https://doi.org/10.1614/WT-03-137R1>.
- Ibama. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Relatórios de Comercialização de Agrotóxicos. Boletim 2022. Disponível em: < <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#sobreosrelatorios>>. Acesso em: 9 dez. 2024.
- Isaaa. International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications. Pocket K No. 16 - Biotech Crop Highlights in 2015, Isaaa Website, (16), p.4-9, 2019. Disponível em: <http://www.isaaa.org/resources/publications/pocketk/16/>. Acesso em: 3 mar. 2022.
- Malavolta, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agron mica Ceres, 2006. 638p.
- Mueller TC, Main CL, Thompson MA, Teckel LE. Comparison of glyphosate salts (isopropylamine, diammonium, and potassium) and calcium and magnesium concentrations on the control of various weeds. Weed Technology. 2006; 20(1):164-171. Disponível em: <https://doi.org/10.1614/WT-05-038R.1>

- Nitsche PB, Caramori PH, Ricce WS, Pinto LFD. Atlas Climático do Estado do Paraná. Londrina, PR:IAPAR, 2019. Disponível em: <http://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Atlas-Climatico>. Acesso em: 3 mar. 2022.
- Pipolo AE, Hungria M, Franchini JC, Balbinot Junior AA, Debiasi H, Mandarino JMG. Teores de óleo e proteína em soja: fatores envolvidos e qualidade para a indústria. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 16p. (Comunicado Técnico, 86). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1025298>
- Rezende PM de, Carvalho ER, Santos JP, Andrade MJB de, Alcantara HP de. Enxofre aplicado via foliar na cultura da soja. Ciência e Agrotecnologia. 2009; 33(5):1255-1259. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000500008>
- Roman ES, Beckie H, Vargas L, Hall L, Rizzardi MA, Wolf TM. Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação. Passo Fundo: Berthier, 2007. 160p.
- Santos JB, Ferreira EA, Reis MR, Silva AA, Fialho CMT, Freitas MAM. Avaliação de formulações de glyphosate sobre soja Roundup Ready. Planta Daninha. 2007; 25(1):165-171. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582007000100018>
- Sfredo GJ, Lantman AF. Enxofre Nutriente Necessário para maiores Rendimentos da Soja. Londrina: Embrapa soja, 2007. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 53). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/470730/1/2007CircularTecnica.n.53.Enxofre21x28OK.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2021.
- Silva FAS de, Azevedo CAV de. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: World Congress on Computers in Agriculture, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009. Disponível em: . Acesso em: 18 abr. 2021.
- Silva JF, Silva JF, Ferreira LR, Ferreira FA. Herbicidas: absorção, translocação, metabolismo, formulação e misturas. In: Silva, A.A.; Silva, J.F. (Ed.), Tópicos em manejo de plantas daninhas. Viçosa: Ed. UFV, 2007. p.149-188.
- Taiz L, Zeiger E, Moller IM, Murphy, A. Fundamentos da Fisiologia Vegetal. 1ª.ed. Porto Alegre: Artmed, 2021. 584 p.
- Usda. United States Department of Agriculture - National Agricultural Statistics Service. Disponível em: <https://www.nass.usda.gov/Statistics>. Acesso em: 09 dez. 2024.
- Usda. United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service (FAS). Grain: world markets and trade. United States: USDA/FAS, nov. 2019. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdon-line/circulars/grain.pdf>. Acesso em: 6 set. 2022.
- Vitti GC, Favarin JL, Gallo LA, Piedade SMS, Faria MRM, Cicarone F. Assimilação foliar de enxofre elementar pela soja. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2007; 42(2):225-229. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000200011>
- Vitti GC, Lima E, Cicarone F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: Fernandes MS. (Org.). Nutrição mineral de plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 104 p, 2006.
- Vitti GC, Otto R, Saviato J. Manejo do enxofre na agricultura. International Plant Nutrition Institute, Piracicaba. Informações agronômicas n.152, 2015.
- Vitti GC. A avaliação e interpretação do enxofre no solo e na planta. FCAV, UNESP, 1989. 37p.
- Zambolim L, Ventura JA, Zanão Junior LA. Efeito da nutrição mineral no controle de doenças de plantas. Viçosa – MG, Eds., 2012. 322p.