

Resposta da cultura da soja a aplicação de fertilizantes foliares para mitigação de estresse por glifosato

Taís Glienke dos Santos^{1,*}; Rodrigo José Rizer de Meira¹; Brenda Martinelli Santos¹; Fernanda Garbin de Oliveira¹; Augustinho Borsoi¹; Esmael Lopes dos Santos¹

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

* ta_glienke@hotmail.com

Resumo: O objetivo do trabalho foi avaliar a resposta da cultura da soja a aplicação de fertilizantes foliares para mitigação de estresse por herbicida. O experimento foi conduzido na cidade de Cascavel – PR, no Centro de desenvolvimento tecnológico do Centro universitário da fundação Assis Gurgacz – FAG, na safra de 2020/2021. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com cinco tratamentos e cinco repetições totalizando 25 unidades experimentais, onde cada unidade experimental foi constituída por 8 linhas com espaçamento entre elas de 50 cm de 4 m de comprimento. Sendo composto de 5 tratamentos: T1 - glifosato em V4; T2- Mo (comum) em V3 e glifosato em V4, T3 – Produto a base de manganês + glifosato em V4; T4 - Produto a base de manganês + glifosato em V4 e Produto a base de boro + Mo em R1 e T5 – Produto a base de boro + Mo + glifosato em V4 e Produto a base de boro em R1 e R5. Os parâmetros avaliados foram, nodulação das raízes, estande final de plantas, número de vagens e rendimento de grãos da cultura. Para nodulação das raízes, estande final de plantas, número de vagens não foi encontrado diferença estatística significativa entre os tratamentos. Já para rendimento de grãos foi observado diferença significativa ($p < 0,05$), sendo que os tratamentos T1, T2, T3 e T5 obtiveram rendimento estatisticamente igual entre si e se diferenciaram do T4 que obteve menor rendimento. Nas condições estudadas os diferentes tratamentos aplicados não evidenciaram resposta da cultura da soja na mitigação do estresse pela aplicação de glifosato.

Palavras-chave: *Glycine max* (L) Merr.; Herbicida; Fertilizante foliar.

Response of soybean crop to the application of foliar fertilizers for stress mitigation by glyphosate

Abstract: The objective of this work was to evaluate the response of soybean crop to the application of leaf fertilizers to mitigate herbicide stress. The experiment was conducted in the city of Cascavel - PR, at the Center for Technological Development of the University Center of the Assis Gurgacz Foundation - FAG, in the 2020/2021 harvest. The experimental design used was randomized blocks, with five treatments and five replications totaling 25 experimental units, where each experimental unit consisted of 8 lines with spacing between them of 50 cm of 4 m in length. Being composed of 5 treatments: T1 - glyphosate in V4; T2- Mo (common) in V3 and glyphosate in V4, T3 - Product based on manganese + glyphosate in V4; T4 - Product based on manganese + glyphosate in V4 and Boron + Mo based product in R1 and T5 - Boron + Mo + glyphosate based product in V4 and Boron-based product in R1 and R5. The parameters evaluated were, nodulation of the roots, final stand of plants, number of pods and grain yield of the crop. For nodulation of the roots, final plant stand, number of pods was not found statistically significant difference between treatments. For grain yield, a significant difference was observed ($p < 0.05$), and treatments T1, T2, T3 and T5 obtained statistically equal yield among themselves and differed from T4, which obtained lower yield. Under the conditions studied, the different treatments applied did not show a response of the plant in the mitigation of stress by the application of glyphosate.

Keywords: *Glycine max* (L) Merr.; Herbicide; Foliar fertilizer.

Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) tem como centro de origem o a região a qual corresponde à China Antiga. Alguns autores afirmam que a leguminosa se constituía na base alimentar do povo chinês há mais de 5.000 anos. No Brasil a soja foi introduzida por Gustavo D' Utra, no ano de 1882, na Bahia, porém não se obteve sucesso, foi então que no ano de 1892, foi estudada novamente no Instituto agrônomo de Campinas, e a partir destes estudos foi obtido melhores resultados, por imigrantes japoneses. Nos anos de 1908-1913, a soja foi cultivada em áreas pequenas e utilizada para a alimentação de famílias de imigrantes japoneses (CÂMARA, 2015).

Na safra 2020/2021 no mundo a soja atingiu 362,947 milhões de toneladas, em uma área plantada de 127,842 milhões de hectares, isso segundo dados da USDA de 08/06/2021. No Brasil teve uma produção de 135,41 milhões de toneladas, em área plantada de 38,51 milhões de hectares, e produtividade alcançada de 3.517 kg ha⁻¹. Já no Paraná teve uma produção de 19,87 milhões de toneladas, em uma área de 5,618 milhões de hectares, com uma produtividade total de 3.537 kg ha⁻¹. Isso segundo dados da CONAB em levantamento em maio de 2021 (EMBRAPA, 2021).

A produtividade da soja pode ser aumentada ainda mais, por meio da prática da inoculação, a mesma faz com que a raiz da soja fique maior e assim é possível a visualização de seus nódulos. O N que a planta absorve é facilitado pelas bactérias e por consequência se tem aumento em sua produtividade (LORENCETTI, 2019).

A utilização do herbicida glifosato traz algumas consequências, podendo ocasionar a imobilização de nutrientes como Fe e Mn, causando como consequência o amarelecimento das folhas, o chamado “*Yellow flashing*”, esse amarelecimento ficará por algum tempo, este tempo dependerá das habilidades que a cultivar tiver para repor os níveis que sejam adequados destes elementos que foram imobilizados, através de absorção radicular ou foliar (JUNIOR *et al.*, 2015).

Quando se trata da aplicação do glifosato na cultura da soja em relação a nodulação, podemos observar que ele acaba prejudicando a eficiência na fixação de N, reduzindo então o crescimento dessas bactérias, pode também gerar um efeito fitotóxico que poderá afetar a atividade fisiológica e o balanço nutricional da mesma, além de que com seu uso não é possível observar incrementos na produtividade da soja (CORREIA, 2013).

Os micronutrientes possuem uma grande influência na fixação simbiótica de N na soja, além de ocasionar um aumento na produtividade com a diminuição de custos, cobalto, boro e molibdênio principalmente, sendo que o Molibdênio realiza o transporte de elétrons

durante reações bioquímicas das plantas. Já o Cobalto regula a concentração do oxigênio nos nódulos e impede a inativação da nitrogenase. E o Boro é responsável por ativar a fosforilase a qual é responsável pela síntese do amido, sendo que este é uma substância de reserva das raízes, sementes e tubérculos das plantas (CERETTA *et al.*, 2005).

O metabolismo do manganês pode ser retardado por aplicações do glifosato na soja, porém MANEIRA (2017) que fala que a aplicação de manganês suplementar em tempo hábil, pode corrigir os sintomas da deficiência do manganês e ainda resultar em maiores produtividades.

O uso de Mn foliar e outros micronutrientes é uma alternativa para mitigação de estresse causado pelo uso de glifosato, com alguns relatos, mas sem estudos relevantes sobre o tema. Neste sentido, esta pesquisa tem como objetivo a avaliação da eficiência do uso de fertilizantes foliares em relação a aplicações de glifosato na cultura da soja RR.

Material e métodos

O experimento foi conduzido entre o dia 20 de novembro de 2020 à 16 de março de 2021, na fazenda escola do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz, localizada em Cascavel - PR, com as coordenadas geográficas 24°56'28.9"S 53°30'41.7"W e altitude média de 710 m.

Segundo Nitsche *et al.* (2019) o clima da região é subtropical mesotérmico super úmido (Cfa), com precipitação anual de 1400 mm e temperatura média de 19 °C. O solo predominante da região é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico de acordo com Embrapa (2018). O solo na área comercial da fazenda vem sendo cultivado em sistema de plantio direto, sendo a cultura anterior o trigo.

Para início do experimento foi realizada a coleta de solo na profundidade de 0-20 cm, com auxílio de um trado holandês, executando a coleta em dez pontos ao acaso de maneira zig-zag, e, posteriormente realizada a homogeneização, a análise de solo obtida teve por objetivo verificar as condições em que o solo se encontrava, para posteriormente nos dar uma melhor interpretação dos resultados do experimento. Os dados obtidos na análise de solo se encontram na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - Análise química do solo da área experimental, na profundidade de 0-20 cm.

Prof	pH	M.O.	K	Ca	Mg	Al
Cm	(CaCl)	g kg ⁻¹	cmolc dm ⁻³			
00-20	5,10	38,70	0,60	7,36	1,74	0,00
	V	P	Fe	Mn	Cu	Zn
	%	mg dm ⁻³				
00-20	60,97	13,51	22,30	22,10	3,00	2,40

Extrator: P e K (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ mol L⁻¹); Al, Ca, Mg = (KCl 1 mol L⁻¹)

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com cinco tratamentos e cinco repetições (Tabela 2), totalizando 25 unidades experimentais, onde cada unidade experimental foi constituída por 8 linhas com espaçamento entre elas de 50 cm de 4 m de comprimento.

Tabela 2- Descrição dos tratamentos utilizados na cultura da soja.

Tratamento	Produto e época de aplicação	Dose utilizada
T1	Testemunha (Sem CoMo na semente) e Glifosato ^(a) em V4	1,5 kg ha ⁻¹
T2	Mo (comum) em V3 e Glifosato em V4	200 mL ha ⁻¹ + 1,5 kg ha ⁻¹
T3	Produto a base de manganês ^(b) + Glifosato em V4	1,5 L ha ⁻¹ + 1,5 kg ha ⁻¹
T4	Produto a base de manganês + Glifosato em V4 e Produto a base de boro ^(c) + Mo ^(d) em R1	1,5 L ha ⁻¹ + 1,5 kg ha ⁻¹ e 1 L ha ⁻¹ + 200 mL ha ⁻¹
T5	Produto a base de boro + Mo + Glifosato em V4 e Produto a base de boro em R1 e R5	1 L ha ⁻¹ + 200 mL ha ⁻¹ + 1,5 kg ha ⁻¹ e 200 + 200 mL ha ⁻¹

^(a) Glifosato WG: Sal de amônio, 792,5 g kg⁻¹ (79,25 % m/m); ^(b) Produto a base de manganês: N= 4,0 %, S = 3,0 %, Mn= 3,0 %, Zn= 3,0 %; ^(c) Produto a base de boro: B= 8,0 %; ^(d) Molibdênio: Mo= 16,3 %.

A semeadura foi realizada com o auxílio de uma semeadora experimental de 4 linhas, para a montagem das unidades experimentais teve o repasse de 2 vezes para que fosse possível chegar as 8 linhas em cada unidade. Após 17 dias de plantio, foi realizado o raleio das unidades, deixando de 13 a 15 plantas por m, recomendação para a cultivar utilizada, a 95R90IPRO[®] (Intacta RR2 PRO[®]).

Na semeadura foi realizada a adubação em linha com 400 kg ha⁻¹ de uma mistura de Super Simples e fertilizante a base de Cálcio (13,5 % de fósforo, 9,3 % de enxofre e 17,5 % de cálcio). A adubação com potássio foi realizada 10 dias após o plantio (Figura 1), utilizando cloreto de potássio (KCl) na dose de 120 kg ha⁻¹. Foi realizada a inoculação da semente da soja com as bactérias *Bradyrhizobium* na semente e coinoculado com *Azospirillum*, aplicado no sulco de semeadura.

Os tratamentos foram aplicados de forma manual com aplicação em pulverizador costal, fazendo o uso de EPI. Onde a quantidade de calda utilizada, sempre foi realizado o cálculo do há, sendo as doses diminuídas para a área em m² que a parcela possuía, as aplicações foram realizadas com condições ambientais adequadas, ou seja, sem vento nos momentos de aplicação, e sendo realizadas ou no início da manhã, ou ao final da tarde.

Os parâmetros avaliados foram, nodulação das raízes, sendo que foi avaliado em 10 plantas por parcela, arrancando as plantas com auxílio de uma pá de corte e contando o número de nódulos. O estande final de plantas com a contagem de 3 linhas centrais em 2 m de cada linha, a mensuração de altura de plantas, sendo que foi utilizado 10 plantas por parcela no momento da colheita. O número de vagens foi contabilizado em 10 plantas por parcela, em sequência em uma das linhas centrais. A produtividade da cultura foi avaliada colhendo 3 linhas de 2 m de comprimento, descartando as bordaduras, trilhando e corrigindo a umidade para 13 %.

Os dados obtidos forma submetidos ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnovv, atestada a normalidade, foi realizada a análise da variância (ANOVA) e quando significativo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro, com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014).

Figura 1- Aplicação de KCl 12 dias após o plantio e desenvolvimento da cultura.



Resultados e Discussão

Na Figura 2 estão apresentados os dados de precipitação, evapotranspiração e deficiência hídrica para a área experimental durante o período de condução do experimento, onde pode-se observar que no início do experimento foi observado problemas com deficiência hídrica antes da implantação do experimento e baixa precipitação no início do desenvolvimento da cultura. Já no mês de janeiro ocorreram precipitações elevadas em excesso e vários dias nublados, chegando ao final do ciclo com novo período de baixa precipitação, resultando em queda de prematura de folhas. O ciclo da cultura foi de 116 dias.

Figura 2- Balanço hídrico climatológico decendial de agosto de 2020 a março de 2021. Cascavel-PR., safra 2020/21.

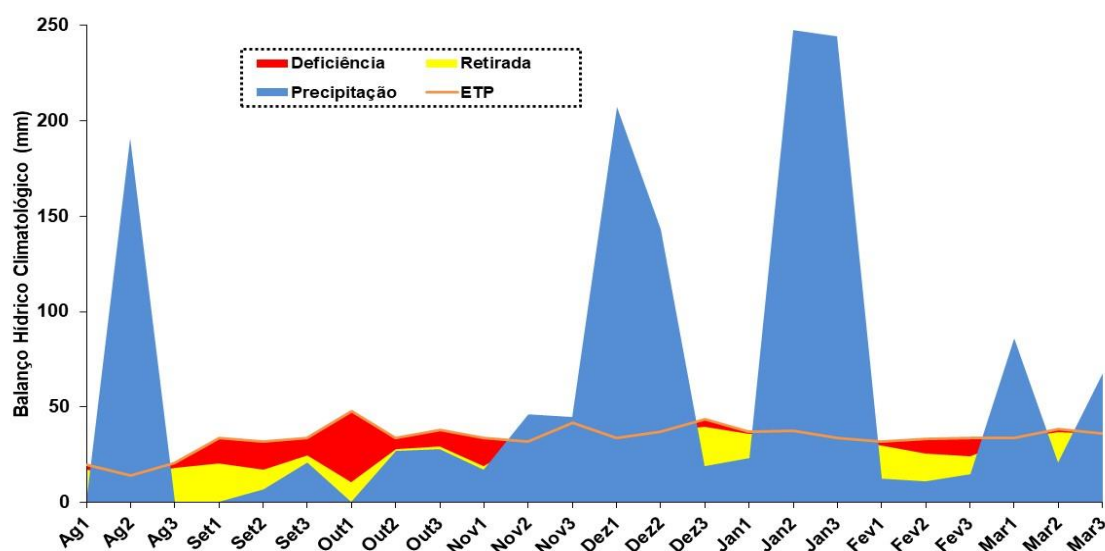
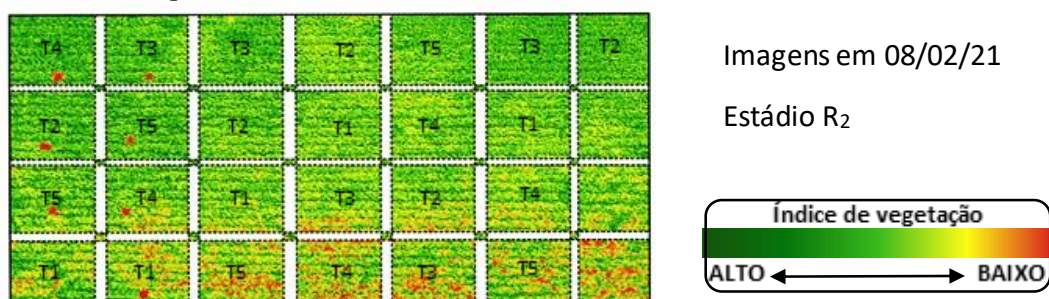


Figura 3. Índice de vegetação (MPRI) da cultura da soja e espacialização das parcelas no experimento. FAG, Cascavel-PR., safra 2020/21.

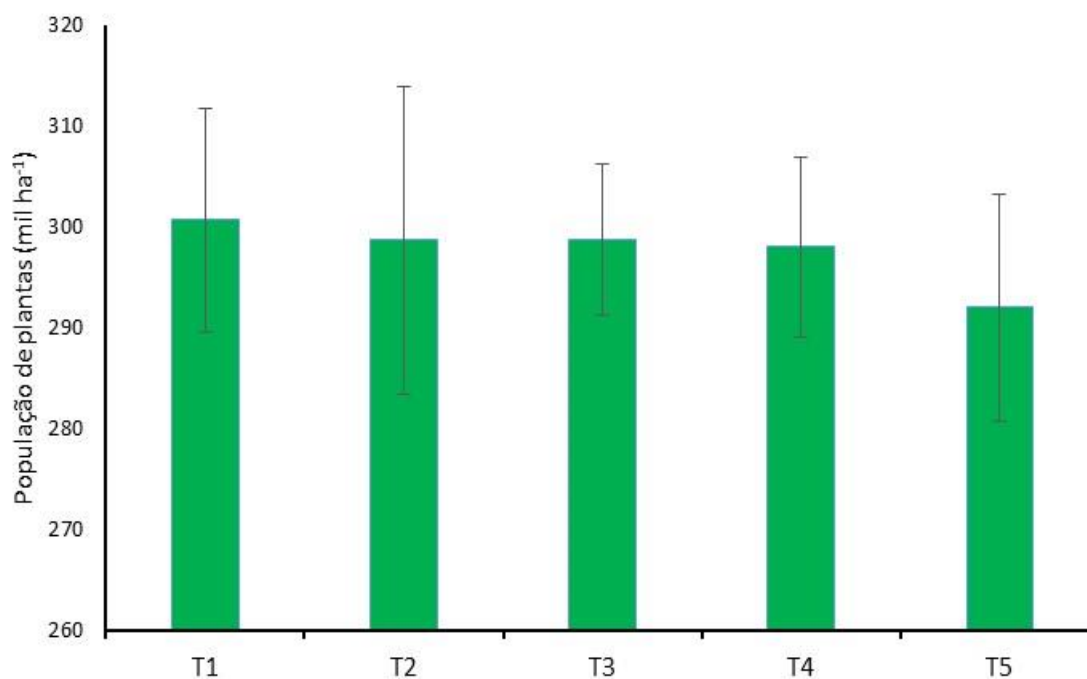


A análise de variância não revelou dados significativos estatisticamente para as variáveis população de plantas, massa de 100 grãos, número de vagens com 1, 2, 3 e 4 grãos

($p > 0,05$). Já para a variável produtividade de grãos foi observado diferença entre os tratamentos ($p < 0,05$).

A população de plantas (Figura 4) média foi de 260.000 pl ha⁻¹, ficando dentro do considerado ideal para cultivar utilizada.

Figura 4. População de plantas (mil ha⁻¹) conforme os tratamentos na cultura da soja. Cascavel-PR, safra 2020/21. As barras de erro demonstram a variação dos dados.



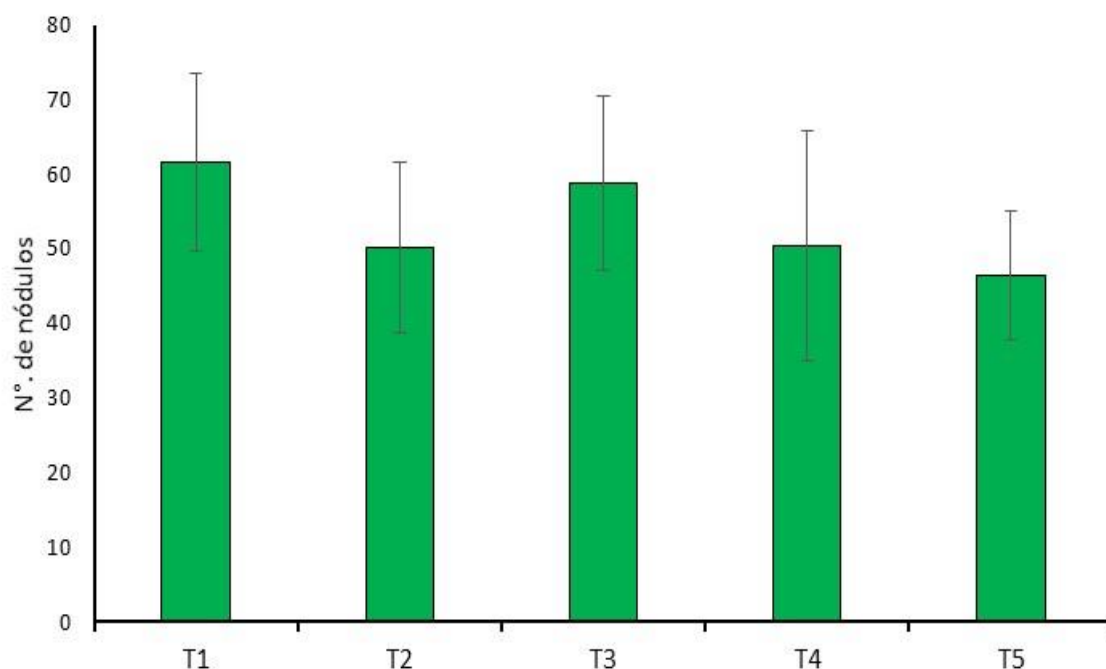
Observa-se que, não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos, para a população de plantas. Onde mesmo não sendo estatística a diferença o T1 que é sem Co/Mo, com glifosato, foi onde tivemos ESTANDE de plantas com 300.666,7 pl ha⁻¹. Já como possível observar o T5 Produto a base de B/Mo/glif + floxi em R1 e R5, obteve-se uma população de 292.000 pl ha⁻¹.

Os nódulos podem ter redução de forma indireta por conta do efeito fitotóxico do herbicida glifosato o qual foi utilizado na experimentação (CORREIA, 2013). Na Figura 5 verifica-se que o tratamento 1 com glifosato, foi o que apresentou 61,66 nódulos em média por planta, ao contrário de CORREIA (2013), que relata que os nódulos podem ter redução de forma indireta pelo efeito fitotóxico do glifosato.

O tratamento em que obteve-se o resultado médio de 46,44 nódulos em média por planta qual tinha a presença de Produto a base de B/ Mo/ Glifosato, portanto, além de ter apresentado redução, em um tratamento que apresenta o glifosato junto, vimos que somente

ele apresentou mais nódulos, portanto isso indica que o Boro e o molibdênio podem causar interferência na nodulação da soja.

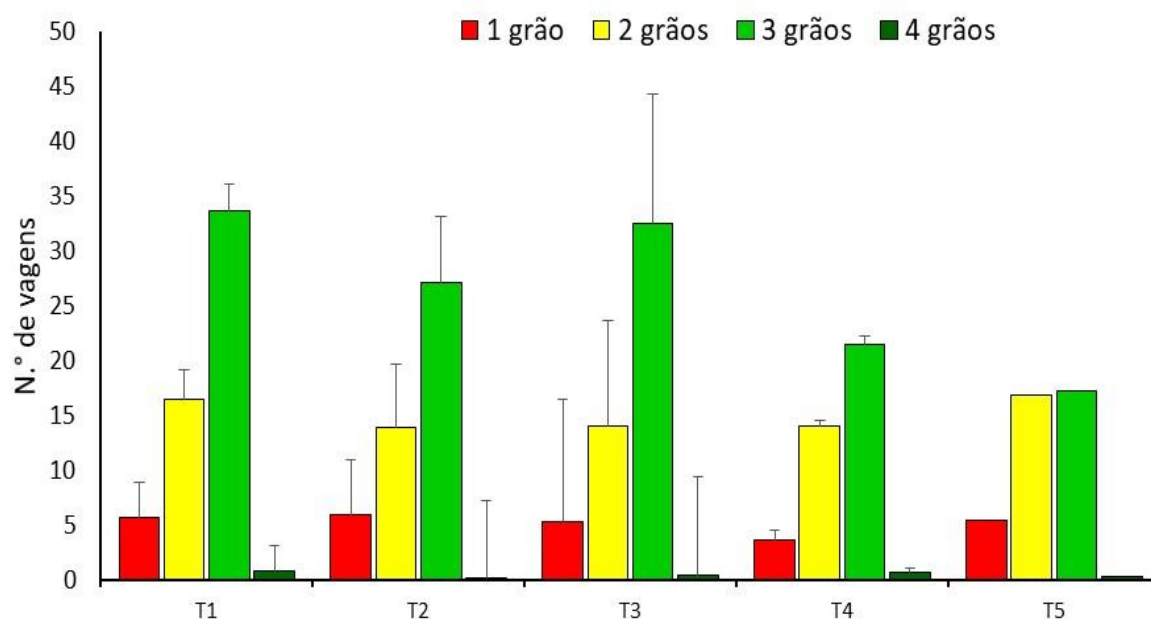
Figura 5. Número de nódulos conforme os tratamentos na cultura da soja. Cascavel-PR, safra 2020/21.



De acordo com King *et al.* (2001) os efeitos do glifosato na nodulação foram considerados inconsistentes. O glifosato atua na síntese de aminoácidos precursores dos flavonóides, o esperado é que a aplicação desse glifosato na soja cause interferência na nodulação, entretanto, como avaliado no experimento de Maltby *et al.* (2006) com soja convencional, a aplicação prévia do herbicida não resultou nesse efeito. Ainda segundo os autores a inibição do crescimento de *Bradyrhizobium* spp., em meio de cultura, sofre alteração de acordo com as estirpes estudadas e ocorre somente em concentração muito superiores às aquelas utilizadas em condições de campo.

Quanto ao número de vagens com 1, 2, 3 e 4 grãos pode-se observar que o T1 e o T5 não apresentaram diferenciação em relação ao T2, T3 e T4, contudo o T4 teve diferenciações quando comparado ao T2 e T3, sendo que ao serem comparadas as médias submetidas ao teste de Tuckey é possível verificar ainda que não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos (Figura 6).

Figura 6- Número de vagens com 1, 2, 3 e 4 grãos conforme os tratamentos na cultura da soja. Cascavel-PR, safra 2020/21.



Em relação a massa o rendimento de grãos (Figura 7 e 8), os tratamentos 1,2 e 3 foram iguais estatisticamente, portanto observou-se diferença entre o T2 e T3 em relação ao T5 também é possível observar que o T4 se manteve dentro da curva, também se observa que onde foi obtido a maior massa de grãos obteve-se o maior rendimento de grãos. LIMA *et al.* (2018), também observou resultados onde com molibdênio o rendimento de grãos é maior de que em seus outros tratamentos, e frisou a importância do Mo no transporte de elétrons durante as reações bioquímicas das plantas.

Pode se observar que a produtividade do T4 teve resultado médio de 2766,919 kg ha⁻¹, e isso pode ter sido influenciado pela dose em excesso de manganês utilizada no tratamento. A necessidade total de água na cultura da soja, para obtenção do máximo rendimento, varia entre 450 a 800 mm/ciclo.

Tanto o excesso, quanto o déficit de água são prejudiciais à obtenção de uma boa uniformidade na população de plantas, ou seja, diminui a qualidade e produtividade do grão. Porém, segundo SANTOS *et al.* (2017) o excesso de água gera perdas, prejudicando a aeração do solo e causando o apodrecimento das raízes, ou seja, pode diminuir significativamente a produtividade da cultura.

Os resultados médios obtidos pela cultura da soja podem ser atribuídos como consequência da irregularidade na distribuição das chuvas na região durante o ciclo da cultura e também as condições de solo, com alta fertilidade e disponibilidade de nutrientes.

Figura 7. Rendimento de grãos (kg ha^{-1}) conforme os tratamentos na cultura da soja. Cascavel-PR, safra 2020/21.

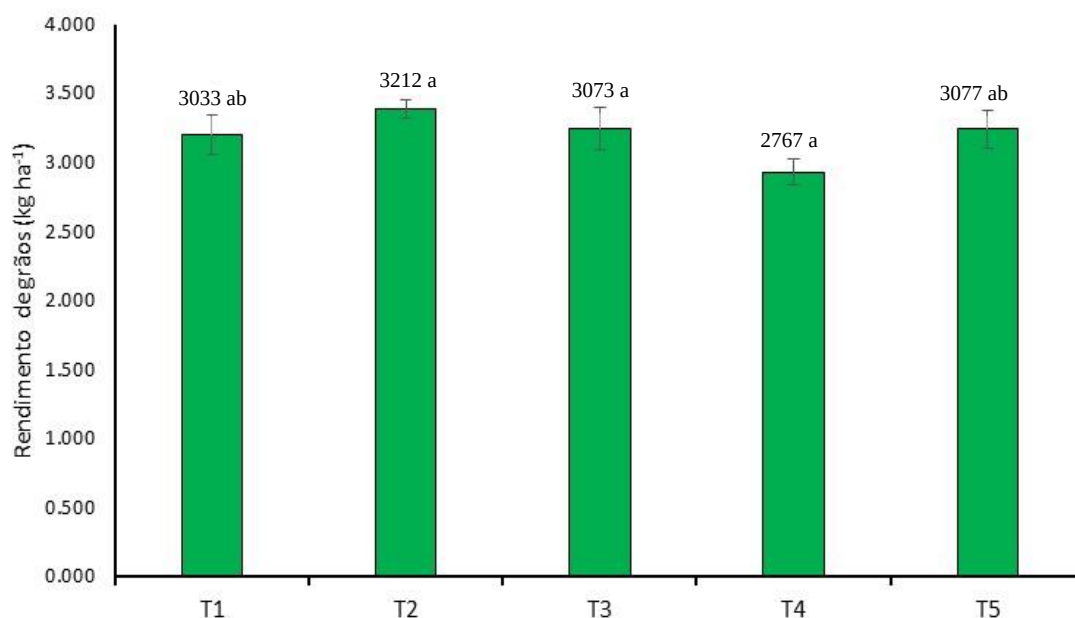
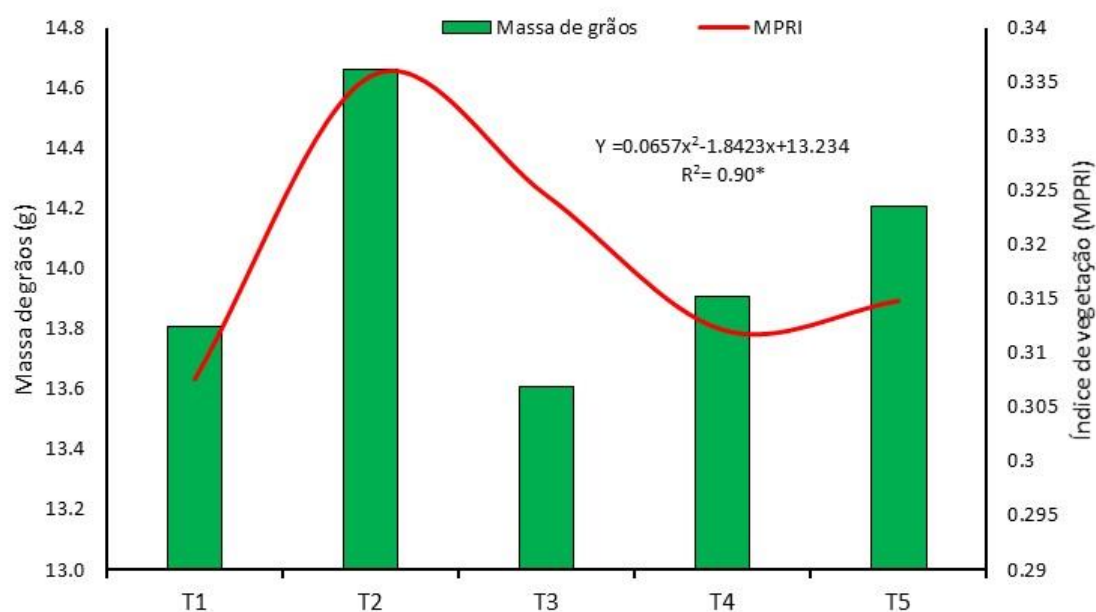


Figura 8. Correlação entre a massa de grãos e o rendimento de grãos conforme os tratamentos na cultura da soja. Cascavel-PR, safra 2020/21.



Conclusão

O rendimento de grãos foi afetado, tendo em vista que as alterações climáticas não foram adequadas para o ideal desenvolvimento da cultura, portanto os demais fatores analisados não foram modificados com a utilização dos fertilizantes foliares os quais foram aplicados de diversas formas e em vários momentos do ciclo da cultura após aplicação de glifosato na cultura da Soja RR.

Referências

CÂMARA, G. M. S. **Introdução ao agronegócio Soja**. Piracicaba, 2015. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5746644/mod_resource/content/1/LPV%200584%202017%20-%20REVISAO%20Soja%20Apostila%20Agronegocio%20%282%29.pdf>. Acesso em: 22 de janeiro de 2021.

CERETTA, C. A.; PAVINATO, A.; PAVINATO, P. S.; MORREIRA, I. C. L.; GIROTTI, E.; TRNTIN, E. Micronutrientes na soja: Produtividade e análise econômica. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, 2005.

CORREIA, A. M. P. **Desempenho da soja transgênica ao glifosato e seu efeito na nodulação e produtividade da cultura**. 2013. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados Mato Grosso do Sul, Dourados, 2013.

EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Soja em números (Safrá 2019/2020)**. 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 23 de Janeiro de 2021.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, 2018. 353p.

ESPÍNDOLA, C. J.; CUNHA, R. C. C. A dinâmica geoeconômica recente da cadeia produtiva da soja no Brasil e no mundo. **GeoTextos**, v. 11, n. 1, 2015.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J. **Inoculação e inoculante**. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONTAG01_70_271020069133.html>. Acesso em: 23 de janeiro de 2021.

JUNIOR, A. M.; WAGNER, J.; MENEGUZZI, C. Efeitos do herbicida glifosato e da aplicação foliar de micronutrientes em soja transgênica. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 2, p. 499-508, 2015.

KING, C. A.; PURCELL, L. C.; VORIES, E. D. Plant growth and nitrogenase activity of glyphosate-tolerant soybean in response to foliar glyphosate applications. **Agronomy Journal**, v. 93, p. 179-186, 2001.

LIMA, A. P. S.; PAVAN, T. R.; WENGGEN, D.; VALBRING, L.; CARRICO, E. N. G.; SORDI, C. **Produtividade de soja sob adubação com macronutrientes, micronutrientes e extrato de algas no solo**. 2018. Disponível em: <<https://maissoja.com.br/produtividade-de-soja-sob-adubacao-com-macronutrientes-micronutrientes-e-extrato-de-algas-no-solo/>>. Acesso em: 17 de junho de 2021.

LORENCETTI, C. **Sojicultor aposta em inoculação no sulco e consegue aumento de produtividade**. 2019. Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/programas/informacao/rural-noticias/sojicultor-aposta-em->

inoculacao-no-sulco-e-consegue-aumento-de-produtividade/>. Acesso em: 31 de janeiro de 2021.

MALTY, J. S.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Efeitos do glifosato sobre microrganismos simbiotróficos de soja, em meio de cultura e casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 2, p. 285-291, 2006.

MANEIRA, R. **Utilização de manganês e glifosato na soja RR**. 2017. Disponível em:<http://www.nortox.com.br/wp-content/uploads/2017/12/informativo_2.pdf>. Acessado em: 15 de Janeiro de 2021.

NITSCHKE, P.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. S.; PINTO, L. F. D. **Atlas Climático do Estado do Paraná**. Londrina, PR: IAPAR, 2019.

NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. **Vantagens da inoculação anual da soja**. 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/publicacao/1092711/vantagens-da-inoculacao-anual-da-soja>>. Acesso em: 21 de Janeiro de 2021.

SANTOS, A. C.; OLIVEIRA, B. A.; GOMES, I. F.; GROFF, A. M. Fatores de produção e sua influência na produtividade e qualidade da soja. In: XI ENCONTRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL, 2017, Campo Mourão-PR. **Anais...** Campo Mourão, Paraná, 2017, p. 1-8.