

**UniRV- UNIVERSIDADE DE RIO VERDE**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**RENDIMENTO DA SOJA EM RESPOSTA À APLICAÇÃO FOLIAR DE  
MAGNÉSIO E POTÁSSIO**

**IVAN ROBERTO BRUCCELI**  
*Magister Scientiae*

**RIO VERDE**  
**GOIÁS – BRASIL**  
**2021**

**IVAN ROBERTO BRUCCELI**

**RENDIMENTO DA SOJA EM RESPOSTA À APLICAÇÃO FOLIAR DE MAGNÉSIO  
E POTÁSSIO**

**Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para à obtenção do título de *Magister Scientiae*.**

**RIO VERDE  
GOIÁS - BRASIL  
2021**

Universidade de Rio Verde  
Biblioteca Luiza Carlinda de Oliveira  
Bibliotecário: Juatan Tiago da Silva – CRB 1/3158  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – (CIP)

B911r Bruceli, Ivan Roberto

Rendimento da soja em resposta à aplicação foliar de magnésio e potássio.  
/ Ivan Roberto Bruceli. – 2021.  
31 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Fernandes Boldrin.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) — Universidade de Rio Verde - UniRV, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Faculdade de Agronomia, 2021.

Inclui índice de tabelas e figuras.

1. Nutrição foliar. 2. Adubação. 3. Macronutrientes. 4. Enchimento de grão. I. Boldrin, Paulo Fernandes.

CDD: 633.34

IVAN ROBERTO BRUCCELI

RENDIMENTO DA SOJA EM RESPOSTA À APLICAÇÃO FOLIAR DE MAGNÉSIO  
E POTÁSSIO

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVAÇÃO: 20 de dezembro de 2021

*Paulo Fernandes Boldrin*

---

Prof. Dr. Paulo Fernandes Boldrin  
Presidente da Banca Examinadora  
Membro – FA/UniRV

*June Faria Scherrer Menezes*

---

Profª. Dra. June Faria Scherrer Menezes  
Membro - FA/UniRV

*Veridiana Cardozo Gonçalves Cantão*

---

Profª. Dra. Veridiana Cardozo Gonçalves Cantão  
Membro - FA/UniRV

*Mariana Pina da Silva Berti*

---

Profª. Dra. Mariana Pina da Silva Berti  
Membro – FA/UEG - Unidade Universitária de Ipameri

## **DEDICATÓRIA**

Dedico primeiramente a Deus, por ter me dado forças para chegar até aqui.

A minha esposa Maria Ângela e meus filhos José Henrique e Pedro, que sempre me apoiaram.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Programa de mestrado da Universidade de Rio Verde –Goiás.

Ao orientador Dr. Paulo Fernandes Boldrin, por todo apoio e orientação ao longo deste projeto.

A toda equipe que esteve presente na execução deste projeto: Eduardo Virgílio C. Soares, Gabriel Henrique Vian, Camilla Carvalho Zaltron, Luana de Souza Gomes, Roberto Gomes de Carvalho, Eduardo Neris, Suely A Schineider, Furtunato, Ana Carollina Reis, Mayara Cristina Souza Lopes.

A equipe de colaboradores JR Brucceci.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	IV
LISTA DE TABELAS.....	V
RESUMO.....	VI
ABSTRACT.....	VII
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	2
2.1 O Cultivo da Soja – Perspectiva Histórica e Econômica.....	2
2.2 Magnésio nas plantas.....	4
2.3 Potássio nas plantas.....	5
2.4 Adubação foliar e resultados agronômicos sobre o uso de Mg e K em adubações foliares.....	6
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	8
3.1 Descrição dos experimentos.....	8
3.2 Experimento 1: Fontes de Mg associados ao sulfato de K.....	8
3.3 Experimento 2: Doses de Sulfato de Mg.....	8
3.4 Análise de solo.....	9
3.5 Avaliações.....	10
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
4.1 Experimento 1 - Fontes de Mg associado ao sulfato de potássio.....	11
4.2 Experimento 2 - Doses de MgSO <sub>4</sub> .....	12
5 CONCLUSÕES.....	17
REFERÊNCIAS.....	17

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Área plantada e produção, no ano da safra de soja do ano de 2021.....	4
TABELA 2	Relação de Fonte de Mg associado ao sulfato de K e doses para a adubação foliar na cultura da soja ( <i>Glycine max</i> ), cultivar Brasmax Foco IPRO. Santo Antônio da Barra (GO), 2020.....	8
TABELA 3	Relação de Sulfato de Mg e suas respectivas doses para adubação foliar na cultura da soja ( <i>Glycine max</i> ), cultivar Brasmax Foco IPRO. Santo Antônio da Barra (GO), 2020.....	9
TABELA 4	Análise de solo da área experimental com profundidade de 0-20 cm e de 20-40 cm.....	9
TABELA 5	Resumo da análise de variância das avaliações realizadas. Santo Antônio da Barra (GO), 2020.....	11
TABELA 6	Número de vagens, número de grãos, número de grãos por vagens, massa de 1000 grãos (MMG) e produtividade em fontes de potássio e magnésio. Santo Antônio da Barra (GO), 2020.....	12
TABELA 7	Resumo da análise de variância das avaliações realizadas.....	13
TABELA 8	Número de vagens, número de grãos, número de grãos por vagens, massa de 1000 grãos (MMG) e produtividade em doses de sulfato de magnésio...	14

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Produtividade da soja (Foco IPRO) em função de doses de MgSO <sub>4</sub> . Santo Antônio da Barra (GO), 2020. (p<0,05).....	14
FIGURA 2	Teor foliar de Mg de acordo com as doses de MgSO <sub>4</sub> . Santo Antônio da Barra (GO), 2020.....	15
FIGURA 3	Teor foliar de Ca de acordo com as doses de MgSO <sub>4</sub> . Santo Antônio da Barra (GO), 2020.....	15
FIGURA 4	Teor foliar de K de acordo com as doses de MgSO <sub>4</sub> . Santo Antônio da Barra (GO), 2020. Ajuste de regressão não significativo.....	16

## RESUMO

BRUCCELLI, Ivan Roberto. UniRV - Universidade de Rio Verde, dezembro de 2021. **Rendimento da soja em resposta à aplicação foliar de magnésio e potássio.** Orientador: Prof. Dr. Paulo Fernandes Boldrin.

A prática de adubação foliar destina-se não somente a diminuir problemas causados pela deficiência de macro e micronutrientes, mas possivelmente fornecer os nutrientes específicos para cada fase do desenvolvimento da cultura, uma vez que eles podem estar com a disponibilidade reduzida no solo. Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da adubação foliar com magnésio (Mg) e potássio (K) sob os componentes de produtividade da cultura da soja e os teores foliares destes macronutrientes. Foram instalados dois experimentos: experimento 1 foi realizado com 8 tratamentos e 5 repetições, experimento 2 foi distribuído em 5 tratamentos com 5 repetições ambos com a cultura da soja (Brasmax Foco IPRO) na safra de 2019/2020. O primeiro experimento foi realizado com utilização de fontes de Mg ( $MgSO_4$ , MgO e  $MgCl_2$ ) isoladamente na dose de  $0,54 \text{ kg ha}^{-1}$  e associadas ao sulfato de  $K_2O$  ( $1 \text{ kg ha}^{-1}$ ). O segundo experimento foi realizado com aplicação foliar de 5 doses de Mg na forma de sulfato de Mg (0, 3, 6, 9 e  $12 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Em R1, foi avaliado o índice SPAD e foram coletadas folhas para determinação de teores foliares. No final do ciclo da cultura foram separadas 5 plantas dentro da parcela útil para avaliação do número de: vagens, massa mil grãos, número de grãos e número de grãos por vagem. Com as demais plantas da parcela útil determinou-se a produtividade para cada tratamento. Não houve diferença significativa entre os tratamentos de fontes de Mg associado ao sulfato de K. Para o experimento de doses de sulfato de Mg, à aplicação das doses incrementou a produção da cultura da soja. A dose de  $9 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $MgSO_4$  correspondeu à maior produtividade alcançada de  $4562,71 \text{ kg ha}^{-1}$ . A aplicação de sulfato de Mg aumentou os teores foliares de cálcio e Mg e a dose de aproximadamente  $9 \text{ kg ha}^{-1}$  assegurou os maiores teores foliares para esses nutrientes.

**Palavras-chave:** Nutrição foliar; adubação; macronutrientes; enchimento de grão.

## ABSTRACT

BRUCCELLI, Ivan Roberto, Ms., UniRV - University of Rio Verde, December 2021. **Soybean development in response to foliar application of magnesium.** Advisor: Prof. Dr. Paulo Fernandes Boldrin.

The practice of foliar fertilization is not only intended to reduce problems caused by macro and micronutrient deficiencies but possibly provide the specific nutrients for each stage of crop development since they can have reduced availability on the soil. This research aims to evaluate the influence of magnesium (Mg) and potassium (K) foliar fertilization on soybean crop yield components and on foliar macronutrient contents. Two experiments with soybean crop (Brasmax Foco IPRO) were installed in the 2019/2020 harvest. The first experiment was implemented using Mg sources ( $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{MgO}$ , and  $\text{MgCl}_2$ ) singly at a dose of  $540 \text{ g ha}^{-1}$  and associated with K sulfate ( $1 \text{ kg ha}^{-1}$ ). The second experiment was implemented with the foliar application of 5 doses of Mg in the form of Mg sulfate (0, 3, 6, 9, and  $12 \text{ kg ha}^{-1}$ ). In R1, the SPAD index was evaluated, and leaves were collected to determine leaf contents. At the end of the crop cycle, 5 plants were separated in the useful plot to evaluate the number of pods, weight of thousand grains, number of grains, and number of grains per pod. With the other plants of the useful plot, the productivity for each treatment was determined. There wasn't a significant difference between treatments of sources of Mg associated with K sulfate. For the Mg sulfate doses experiment, the application of Mg sulfate doses increased the production of the soybean crop. The dose of  $8.78 \text{ kg ha}^{-1}$  corresponded to the highest productivity. The Mg sulfate application increased the foliar of calcium and Mg content and the dose of approximately  $9 \text{ kg ha}^{-1}$  ensured the highest foliar contents for these nutrients.

**Keyword:** Foliar nutrition, fertilization, macronutrients, grain filling.

# 1 INTRODUÇÃO

O cultivo da soja (*Glycine max L.*) no Brasil é um dos elementos expressivos e de maior relevância em uma perspectiva econômica nacional, não apenas no âmbito rural, mas para a sociedade como um todo, sendo considerada como a cultura com maior participação no valor de produção e uma das principais culturas em extensão territorial. Apenas em 2020, movimentou aproximadamente cerca de 35,232 bilhões de dólares, alcançando a produção mundial de 362,947 milhões de toneladas, área plantada de 127, 842 milhões de hectares (AGROSTAT, 2020; USDA, 2021).

Os principais países produtores dessa cultura são Brasil, com uma produção de 135, 409 milhões de toneladas, área plantada de 38,502 milhões de hectares, atingindo 3.517 kg ha<sup>-1</sup> de produtividade e Estados Unidos o segundo maior produtor com 112,549 milhões de toneladas, 33,313 milhões de hectares de área plantada e 3.379 kg ha<sup>-1</sup> de produtividade, seguidos por Argentina, China e Índia. Somente os dois primeiros são responsáveis por 231 milhões de toneladas, que equivalem a 66% da produção mundial (COELHO, 2021; USDA, 2021).

A cultura da soja no Brasil apresenta um grande potencial de crescimento, assim o produtor busca inúmeras alternativas para aumentar cada vez mais a produção da cultura. Quando se trata de nutrição é uma cultura muito exigente e eficaz para absorver e utilizar nutrientes presentes no solo, principalmente: nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), fosforo (P), magnésio (Mg) e enxofre (S) (SILVA et al., 2017).

A adubação é um fator determinante para o aumento da produtividade e representa um percentual significativo no custo de produção da cultura. A aplicação de nutrientes nas folhas de forma suplementar ao solo, através de adubação foliar, pode manter a taxa de fotossíntese por um tempo maior, além de assegurar outros benefícios à cultura, o que possivelmente reflete em maior produção de grãos de soja (CHIOCHETTA JUNIOR, 2020).

Para a realização da adubação foliar, existem hoje no mercado inúmeros produtos comerciais contendo macro e micronutrientes, e a sua utilização tem aumentado nos últimos anos (STAUT, 2007). A prática de adubação foliar destina-se não somente a diminuir problemas causados pela deficiência de macro e micronutrientes, mas possivelmente fornece os nutrientes específicos para cada fase da cultura, uma vez que eles podem estar com a disponibilidade reduzida no solo (COELHO, 2018).

O Mg assume inúmeras funções no desenvolvimento das plantas, dentre elas, a participação no processo fotossintético, pois é um constituinte da molécula de clorofila e ainda assume várias reações enzimáticas. Quando em déficit na planta ocorre o amarelamento entre as nervuras das folhas mais senescentes, denominado de clorose amarelo-claro internerval, isso ocorre por esse macronutriente ser um constituinte da clorofila (TAIZ e ZEIGER, 2013).

O calcário é a principal fonte utilizada para fornecer Mg as culturas, sendo a sua principal atividade corrigir o solo, como fonte de Ca. No entanto, em solos com baixo teor de Mg, o calcário por si só não satisfaz a nutrição das plantas, necessitando assim de uma demanda maior do nutriente, através de uma adubação complementar. O fornecimento de Mg através do solo pode ser realizado por várias fontes como: óxido de Mg, sulfato de Mg e multifosfato (CARNEIRO et al., 2019).

A deficiência de K prejudica principalmente abertura e fechamento dos estômatos, que tem por função controlar a entrada e saída de água e gases nas plantas, o nutriente também atua no transporte de carboidratos, além de ativar diversas enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Com a diminuição do K disponível para a planta ocorre a inibição da síntese proteica, acarretando diminuição do crescimento e rendimento da planta e ainda o aumento da propensão a doenças e pragas.

Dito isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da adubação foliar de magnésio e potássio nos componentes de produtividade da cultura da soja.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 O Cultivo da Soja – Perspectiva Histórica e Econômica**

Nos últimos trinta anos a soja vem sendo cultivada, em 15 estados brasileiros, portanto, em várias condições ambientais, desde regiões frias, com altitudes superiores a 1.200 m, até regiões quentes, com baixas altitudes e latitudes, além da diversidade de solos. Essas diversidades como condições de cultivo, material genético e manejo da cultura nas regiões, são responsáveis pela oscilação na produção, por estado, o que resulta em diferentes potenciais, para a produção da cultura (GASPAR e CONLEY, 2015).

Há previsão de que na safra de 2021/2022, a produção do país aumentará para níveis recordes podendo chegar a 137,32 milhões de toneladas, mantendo assim, a competitividade, direcionando os produtos para o mercado internacional e esmagamento para a produção de óleo e farelo (CONAB, 2021).

O aumento da demanda da cultura da soja em um contexto mundial, se dá pelo crescimento no consumo de proteína animal, a preocupação com a saúde e o desenvolvimento de novas matrizes energéticas, caracterizando a soja como uma das principais commodities mundiais (mais de 60 países), sustentada por diferentes segmentos, dentre eles: a produção de carnes, a elaboração de bebidas à base de soja, a fabricação de óleos alimentícios e a geração de biocombustíveis. No Brasil, a produtividade média foi de 2.660 kg ha<sup>-1</sup>, nos 20 anos de análise (BALBINOT JUNIOR et al., 2018), a Conab (2021) estima que a área plantada de soja deva aumentar 3,5% alcançando quase 40 milhões de hectares, em setembro de 2021, a produtividade das lavouras terá uma melhora, de 0,29% a mais que a safra anterior, sendo estimada em 3.539 kg ha<sup>-1</sup> em 2022.

Segundo dados da safra 2020/21 a soja está incluída na estrutura econômica como um dos principais produtos na agricultura. Tal dado cabe a nível mundial e nacional, sendo o Brasil, o maior produtor mundial do grão, alcançando 141,26 milhões de toneladas na referida safra (EMBRAPA, 2021).

Amplamente difundida devido à grande variedade de utilização da cultura em diferentes segmentos, a soja exibe papel importante, para a economia brasileira sendo utilizada para a produção de proteína animal e sua finalidade tem se tornado crescente na alimentação humana, favorecendo uma sucessão agroindustrial, tornando-se também, uma possibilidade para o seu aproveitamento na fabricação de biocombustíveis (CONAB, 2017).

No ano de 2020, foram produzidos, em média, 46,84 milhões de toneladas de farelos de soja em grãos, usados, sobretudo, para alimentação proteica de aves, suínos e bovinos e alimentação humana industrial, sendo 8,42 milhões de toneladas referente ao óleo de soja (CONAB, 2020).

O panorama disponível no site do IBGE (2021), descreve a área plantada e produção da soja no ano de 2021 (Tabela 1).

Tabela 1 - Área plantada e produção, no ano da safra de soja do ano de 2021

<b>Brasil e Grande Região</b>	<b>Área plantada ha</b>	<b>Produção milhões t</b>
Brasil	38.502	135.409
Paraná	5.618	19.872
Rio Grande do Sul	6.055	20.164
Goiás	3.694	13.720
Mato Grosso	10.294	35.947

Fonte: CONAB (2021)

A produção de soja no Brasil deve avançar na temporada 2021/22, em comparação anual e atingir recorde com área plantada de 39.82 milhões de hectares, com uma produção de 136,97 milhões de toneladas. Isso ocorre devido ao manejo adequado, dentre eles a adubação, tanto como correção, quanto foliar, otimizando ao máximo a produção dessa cultura altamente importante, para o mercado mundial (USDA, 2021).

## 2.2 Magnésio nas plantas

Cakmak e Yazici (2010), descrevem que o Mg é considerado um macronutriente secundário, pois apesar do nutriente ser usado pelas plantas em grandes quantidades, essa demanda ocorre em quantidades menores, quando comparado com o N e o K. Em geral, as quantidades utilizadas pelas culturas é similar ao P, S e Ca. Usualmente é um pouco menos solicitado no metabolismo das plantas do que o Ca.

O Mg é considerado um nutriente móvel no floema, transportado até as raízes através do fluxo de massa, pois, quanto maior o raio iônico do elemento, menor a sua mobilidade (BATISTA et al., 2018).

Uma das funções importantes do Mg é participar da composição da clorofila, que equivale a 2,17% do seu peso molecular, tornando-se também, um ativador de enzimas em grandes quantidades (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O Mg é de extrema importância para se obter maior produtividade, principalmente por ser um nutriente bastante exportado e frequentemente esquecido, em programas de adubação (CAKMAK; YAZICI, 2010).

Os sintomas de deficiência de Mg são caracterizados por folhas com ou sem manchas de partes necróticas, manifestando principalmente, nas folhas mais velhas da planta (GOMES et al., 2019). A deficiência de Mg nas plantas pode influenciar o crescimento radicular e a

relação entre a raiz e a parte aérea da planta provocado pela concentração de fotoassimilados na parte superior causando déficit nas raízes (CAKMAK, 2013).

Dito isso, sem uma fonte disponível de Mg, as plantas não podem se desenvolver, por ser responsável pela formação da clorofila. Esses compostos são essenciais, para o crescimento e as funções da planta, como: carboidratos, lipídios e proteínas, que são responsáveis pela migração do fósforo na planta, na quantidade de vitaminas A e C e a resistência a fatores adversos, como déficit hídrico e doenças (BATISTA et al., 2018).

Dessa forma, uma vez que o  $Mg^{2+}$  está em contato com a raiz o nutriente está passível de ser absorvido (TAIZ e ZEIGER, 2013).

A deficiência de Mg se apresenta de forma negativa no crescimento da raiz, que mesmo antes dos sintomas na parte aérea, ocorre um problema crítico, para o desenvolvimento das lavouras, devido a importância de um bom sistema radicular para produção vegetal. Assim, esse fator merece atenção especial ao estado nutricional das plantas em relação ao Mg, antes do desenvolvimento de qualquer sintoma visível de deficiência (CAKMAK e YAZICI, 2010).

A deficiência do Mg também pode afetar funções e estruturas nas plantas, a floração é reduzida, o nível de clorofila, fotossíntese ou síntese proteica, também reduzem. Em trabalhos realizados por Hermans et al. (2004), no qual foram cultivadas beterrabas com baixo e elevado suprimento de Mg, a pesquisa avaliou os seguintes fatores: crescimento das plantas, fixação fotossintética de  $CO_2$ , concentração de clorofila, transporte de elétrons e concentração foliar de sacarose. Os resultados obtidos indicaram uma inibição severa no transporte de sacarose para fora das folhas deficientes em Mg.

Em geral, a deficiência do Mg nas plantas provoca clorose entre as nervuras, espalhando-se das margens, para o centro da folha, ocasionando a redução do crescimento, inibição da floração, necrose e morte prematura das folhas e degeneração dos frutos (TAIZ e ZEIGER, 2013).

### **2.3 Potássio nas plantas**

O K é um macronutriente catiônico, considerado em maior quantidade nas plantas. A principal forma de absorção do nutriente ocorre pelas raízes na forma de  $K^+$ . O K não faz parte de nenhuma estrutura ou molécula orgânica nas plantas, apesar disso auxilia em diferentes atividades bioquímicas referindo-se a um ativador de grande número de enzimas,

regulador da pressão osmótica, abertura e fechamento dos estômatos. O K é importante: na fotossíntese, na formação de frutos, resistência ao frio e às doenças (SALATA et al., 2011).

A deficiência de K nas plantas reflete em má utilização da água do solo e, conseqüentemente, comprometendo a absorção dos nutrientes. O K é conhecido como o nutriente da qualidade devido aos seus importantes efeitos sobre o tamanho, forma, cor, sabor e resistência à armazenagem no metabolismo da planta. A deficiência do nutriente promove redução significativa da área verde foliar, afetando a fotossíntese, além de afetar a floração, promovendo atrasos e diminuição no tamanho dos frutos (TAVARES et al., 2013).

Os teores de K são elevados nas folhas e mesmo nas partes colhidas, com exceção de grãos amiláceos. Após a absorção na forma de  $K^+$  pelas plantas o nutriente se mantém nesta forma, sendo o mais importante cátion na fisiologia vegetal. Não fazendo parte de compostos específicos, a função do K não é estrutural. Destacam-se o papel de ativador de funções enzimáticas e de manutenção da turgidez das células, sendo assim, controla a abertura e o fechamento dos estômatos, por meio da regulação da pressão de turgor das células guardas, encontradas ao redor dos estômatos (TAIZ e ZEIGER, 2013).

O K é extremamente móvel no floema das plantas, ocorrendo transporte a longas distâncias. É comum o K de folhas velhas ser distribuído para folhas novas. Órgãos novos das plantas são supridos preferencialmente e, assim tecidos meristemáticos e frutos novos têm altos teores do nutriente (MAGRO, 2012).

Das interações com outros nutrientes, o K interage especificamente, com o Mg e o Ca, sendo que o excesso de K inibe a absorção desses nutrientes e conseqüentemente ocorre a redução na produção. A preferência pela absorção de K acontece devido este ser um íon monovalente ( $K^+$ ) com menor grau de hidratação, se comparado aos divalentes ( $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ ) (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Os sintomas característicos observados por meio da deficiência de  $K^+$  são notados por manchas necróticas nas folhas, sendo que futuramente evolui para o tecido necrótico na borda da folha, sendo mais perceptível em folhas mais velhas, em razão do K ser um nutriente móvel (NUNES et al., 2018).

#### **2.4 Adubação foliar e resultados agrônômicos sobre o uso de Mg e K em adubações foliares**

A adubação foliar é uma ferramenta utilizada para suprir a necessidade de nutrientes às plantas. Abrangendo na captação dos nutrientes diretamente nas folhas, não sendo um

substituto da fertilização tradicional via solo, em que a raiz faz a assimilação nutricional, com a quantidade de nutrientes que a planta exige durante o seu cultivo são maiores ao que as folhas têm a capacidade de absorver. A sua utilização é recomendada para alguns momentos específicos em que a planta ou o solo demandam uma maior quantidade de nutriente (NACHTIGALL; NAVA, 2010).

A adubação foliar é recomendada como uma ferramenta para acrescentar qualidade na agricultura, possibilitando uma melhora na produtividade, com isso, vem aumentando o número de trabalhos científicos publicados sobre o assunto (PONTAROLO; GRALAK, 2020).

A adubação foliar é recomendada como complementação, principalmente na fase reprodutiva da planta, nesta circunstância considera-se que os nutrientes absorvidos pelas raízes não conseguem suprir à quantidade necessária, que as sementes em desenvolvimento necessitam (DUARTE, 2021).

Pesquisas realizadas por Altarugio et al. (2017), com soja, doses de Mg (50, 100, 250, 500, 1.000 e 1.500 g ha<sup>-1</sup> e controle sem Mg) e três épocas de aplicação nos estádios fenológicos V4, R1 e R5.1, demonstraram que aplicação foliar de Mg aumentou o índice SPAD linearmente com o aumento da dose de Mg, e que aumentou, aproximadamente em 8% o rendimento da soja quando comparado com o controle. Ainda foi observado um efeito positivo aumentando o número de ramos e vagens no caule principal.

Silva et al. (2017), ao analisarem a adubação foliar de acordo as fases fenológicas da soja averiguaram que aplicação de macro e micronutrientes no período vegetativo da soja ampliou a produção em função do aumento de biomassa de tecido fotossintético e de clorofila. Os autores ainda relatam que aplicação de K, Mg, S e B também reduz a perda de flores melhorando o enchimento de grãos e aumentando conseqüentemente a produção da soja.

Estudos realizados por Adhikari et al. (2019), com aplicações foliares de sulfato de K, verificaram efeito positivo nas atividades antioxidantes, polifenóis, flavonóides, carotenóides e clorofílicos, em comparação com os de cloreto de K, mas a contribuição da aplicação do sulfato de K não foi notável em comparação com o fertilizante no tratamento não pulverizado.

De acordo com Altarugio et al. (2017), aplicação foliar de Mg ocasionou em maior teor foliar de Mg, proporcionando acréscimo de 737 kg ha<sup>-1</sup> na produtividade sendo que a dose de Mg utilizada foi de 890 g ha<sup>-1</sup> de independente do estágio fenológico, já a mesma aplicação realizada especificadamente no estágio reprodutivo obteve aumento de 2 % na massa de 10, grãos, chegando à conclusão de que a adubação foliar de Mg apresenta bons resultados, nos parâmetros produtivos, na cultura do milho.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Descrição dos experimentos

Foram instalados dois experimentos na fazenda Laje do Capivara, situada no município de Santo Antônio da Barra (GO), com coordenadas geográficas -17.573559, -50.719147. O clima conforme classificação Koppen é do tipo Aw (CARDOSO; MARCUZZO; BARROS, 2014). O solo da área é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférico argiloso (SIBCS, 2018).

Ambos os experimentos foram realizados com a cultura da soja (Brasmax Foco IPRO, grupo maturação 7.2) na safra de 2019/2020, com delineamento experimental em blocos casualizados. A parcela experimental foi composta por 10 linhas de 5 m de comprimento espaçadas em 0,5 m.

#### 3.2 Experimento 1: Fontes de Mg associados ao sulfato de K

O experimento 1 foi realizado com 8 tratamentos e 5 repetições. Os tratamentos foram compostos por fontes de Mg associado ao sulfato de K (Tabela 2).

Tabela 2 - Relação de Fonte de Mg associado ao sulfato de K e doses para a adubação foliar na cultura da soja (*Glycine max*), cultivar Brasmax Foco IPRO. Santo Antônio da Barra (GO), 2020

	Tratamentos	Doses kg ha <sup>-1</sup>
1	Controle	-
2	Sulfato de Mg (MgSO <sub>4</sub> ) p.a.	0,54 de Mg
3	Óxido de Mg (MgO) p.a.	0,54 de Mg
4	Cloreto de Mg (MgCl <sub>2</sub> ) p.a.	0,54 de Mg
5	Sulfato de K (K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) p.a.	1 de K <sub>2</sub> O
6	Sulfato de Mg (MgSO <sub>4</sub> ) p.a.+ Sulfato de K (K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) p.a.	0,54 de Mg + 1,0 de K <sub>2</sub> O
7	Óxido de Mg (MgO) p.a.+ Sulfato de K (K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) p.a.	0,54 de Mg + 1,0 de K <sub>2</sub> O
8	Cloreto de Mg (MgCl <sub>2</sub> ) p.a. + Sulfato de K (K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) p.a.	0,54 de Mg + 1,0 de K <sub>2</sub> O

#### 3.3 Experimento 2: Doses de Sulfato de Mg

O experimento foi realizado distribuindo-se 5 tratamentos, com 5 repetições, sendo utilizadas de doses de Mg em forma de sulfato de Mg (Tabela 3).

Tabela 3 - Relação de Sulfato de Mg e suas respectivas doses para adubação foliar na cultura da soja (*Glycine max*), cultivar Brasmax Foco IPRO. Santo Antônio da Barra (GO), 2020

Tratamentos		Doses (kg ha <sup>-1</sup> )
1	Controle	-
2	Sulfato de Mg (MgSO <sub>4</sub> )	3,0
3	Sulfato de Mg (MgSO <sub>4</sub> )	6,0
4	Sulfato de Mg (MgSO <sub>4</sub> )	9,0
5	Sulfato de Mg (MgSO <sub>4</sub> )	12,0

### 3.4 Análise de solo

Foi realizada análise de solo da área experimental de amostras retiradas, em agosto de 2019, nas profundidades de 0-20 cm e de 20-40 cm, com a finalidade de fazer recomendações a respeito do manejo da fertilidade (Tabela 4). Antes do plantio foi realizado adubação conforme necessidade indicada pela análise do solo, utilizando o fertilizante formulado 05-37-00 com 0,5 % de B e 0,3 % de Zn. Foram aplicados 190 kg ha<sup>-1</sup> do formulado e 50 kg ha<sup>-1</sup> de KCl.

Tabela 4 - Análise de solo da área experimental com profundidade de 0-20 cm e de 20-40 cm

	pH	Al	H+Al	Ca	Mg	CTC	V	MOS		
	CaCl <sub>2</sub>	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					%	%		
<b>0 – 20</b>	5,3	0	5,8	5,33	1,31	13,1	55,3	4,18		
<b>20 – 40</b>	4,8	0,05	6,3	3,26	0,63	10,4	39,8	4,18		
	Areia	Silte	Argila	P (Meh)	S	K	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- % -----			----- mg dm <sup>-3</sup> -----						
<b>0 – 20</b>	35,5	15	49,5	29,0	3,8	239,0	3,1	15,7	41,5	3,7
<b>20 – 40</b>	35,5	15	49,5	11,1	38,8	99,0	4,5	29	38,8	3,8

Meh = Mehlich-1; MOS = matéria orgânica do solo

Os experimentos foram semeados no dia 21 de outubro de 2019, sendo realizado o tratamento de semente industrial (TSI) com Fortenza Duo® com o princípio ativo de Ciantraniliprole e Tiametoxam e o Maxin Advance® com o princípio ativo Tiabendazol; Metalaxil-M; Fludioxonil. Ainda houve a inoculação no sulco de plantio com 4 doses *Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii* e 1 *azospirillum sp.*

Após o semeio as plantas foram conduzidas seguindo padrão de manejo comercial, para controle de plantas daninhas, pragas e doenças.

Os tratamentos para ambos os experimentos, foram aplicados nas plantas via foliar, no estágio de desenvolvimento fenológico R5.1. A aplicação foliar foi realizada com aplicador

manual com bomba de CO<sub>2</sub> (pressão 20 psi e volume de calda correspondente a 150 L ha<sup>-1</sup>) e barra de aplicação com quatro pontas tipo leque XR 110.02, espaçadas 0,5 m entre si.

Os tratamentos receberam aplicação de óleo vegetal correspondente a dose de 200 mL ha<sup>-1</sup>.

### **3.5 Avaliações**

#### **Ensaio 1 - Fontes de Mg associados ao sulfato de K.**

Dez dias após aplicação dos tratamentos, foi realizada avaliação do índice SPAD utilizando o equipamento modelo Minolta SPAD-502, o qual emite luz na faixa de 650 a 940 nm através da folha, para a determinação do índice SPAD ocorreu em 15 folhas, por parcela.

No final do ciclo da cultura, foram coletadas 5 plantas por parcela dentro da área útil (8 m<sup>2</sup>) para as avaliações do número de vagens (média do número total de vagens), número de grãos (determinado pela média de grãos), número de grãos por vagem (determinado através de vagens contendo 1, 2, 3 ou 4 grãos) e massa de mil grãos (realizada através de mil sementes e posteriormente feito a pesagem).

Em seguida, a parcela útil foi colhida manualmente, submetida à trilhagem e determinação do peso e umidade, assim, foi determinada a produtividade de cada parcela. Destaca-se que para obtenção da produtividade, considerou-se os grãos com 13% de umidade.

#### **Ensaio 2 - Doses de sulfato de Mg**

Dez dias após aplicação dos tratamentos, além da determinação do índice SPAD, também foram coletadas folhas, para avaliação do teor foliar dos macronutrientes. Para essa avaliação foi realizada digestão nitro-perclórica (MALAVOLTA et al., 1997). Após a digestão, os teores totais de Ca e Mg foram determinados com espectrofotômetro de absorção atômica (GBC-Scientific, SavantAA, Dandenong, Victoria, Austrália). O P e S foram determinados utilizando espectrofotômetro colorimétrico (Metash Instruments, V-500 Spectrophotometer, Xangai, China) com comprimento de onda de 725 nm e 420 nm, respectivamente. O K foi determinado em fotômetro de chama (Analyser, 910M – microprocessado, São Paulo, Brasil). O teor de N foi determinado por titulometria através do método de Kjeldahl, após digestão em ácido sulfúrico (MALAVOLTA et al., 1997).

Com os dados, foi realizada análise de variância e quando significativos pelo teste de F ( $p < 0,05$ ), foram aplicados testes de médias, para os dados quantitativos Tukey ( $p < 0,05$ ) e regressões para comparar efeitos de doses, usando o programa SISVAR (FERREIRA, 2009).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Experimento 1 - Fontes de Mg associado ao sulfato de potássio

A análise de variância realizadas no ensaio 1 com os componentes da produtividade: número de vagens, número de grãos, número de grãos por vagem, peso de mil grãos, índice SPAD, nota-se que não houve diferença significativa para as características analisadas (Tabela 5).

Tal comportamento pode ser explicado pelo alto teor de K encontrado no solo. Resultados da pesquisa mostram que altos teores de K no solo resultam em baixas respostas as variáveis analisadas na cultura do milho (WENDLING et al., 2008).

Mesmo quando o teor de K do solo encontra-se alto, a adubação pode ser flexível, adotando estratégias durante o ciclo da cultura, para doses menores (em linha) ou em superfície, embora a dose esteja alta, algumas culturas poderão se beneficiar, principalmente, no estágio inicial da cultura (WENDLING et al., 2008).

Tabela 5 - Resumo da análise de variância das avaliações realizadas. Santo Antônio da Barra (GO), 2020

FV	GL	QM				
		Nº de vagens	Nº de grãos	Nº de grãos / vagem	Massa de 1000 grãos	Produtividade
Tratamentos	7	1016,995 <sup>ns</sup>	8720,428 <sup>ns</sup>	0,0355 <sup>ns</sup>	42,512 <sup>ns</sup>	18,644 <sup>ns</sup>
Repetição	4	1085,698 <sup>ns</sup>	12742,250 <sup>ns</sup>	0,072 <sup>ns</sup>	17,035*	2,935*
Erro	28	15234,656	105322,25	0,524	1042,326	443,085
CV (%)	-	12,53	13,08	6,27	4,84	6,47

GL = Grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; QM = Quadrados médios \* = significativo a 5%; ns = não significativo.

Alves et al. (1988), relatam que dependendo da dose de K aplicado no solo, pode haver maior absorção de K pela planta, acontecendo deste modo, maior concorrência entre os três íons (Ca, Mg e K) pelos sítios de troca, afetando o crescimento e desenvolvimento da planta.

Outros autores encontraram resultados semelhantes, sendo que não obtiveram resultados significativos para a variável produtividade ao aplicarem fertilizantes foliares à base de Mg, na cultura da soja (BESEN et al., 2019; PASSOS et al., 2014).

Os dados médios de: número de vagens, número de grãos, número de grãos por vagens, massa de mil grãos e produtividade são apresentados na tabela 6, constata-se que, não foram influenciados pelos tratamentos adotados ( $p < 0,05$ ) pelo teste t.

Tabela 6 - Número de vagens, número de grãos, número de grãos por vagens, massa de 1000 grãos (MMG) e produtividade em fontes de potássio e magnésio. Santo Antônio da Barra (GO), 2020

TRATAMENTO	Nº de vagens	Nº de grãos	Nº grãos/vagens	MMG kg	Produtividade sc ha <sup>-1</sup>
<b>Controle</b>	240,750 A	633,000 A	2,625 A	141,950 A	69,175 A
<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	233,500 A	560,500 A	2,425 A	141,700 A	71,000 A
<b>MgO</b>	224,750 A	578,750 A	2,575 A	143,825 A	73,250 A
<b>MgCl<sub>2</sub> + K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	210,000 A	500,750 A	2,400 A	148,050 A	76,600 A
<b>MgSO<sub>4</sub> + K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	206,250 A	512,250 A	2,450 A	150,625 A	71,725 A
<b>MgSO<sub>4</sub></b>	204,750 A	520,500 A	2,550 A	148,475 A	69,350 A
<b>MgO + K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	199,500 A	497,000 A	2,475 A	144,050 A	71,900 A
<b>MgCl<sub>2</sub></b>	190,750 A	507,500 A	2,675 A	148,600 A	71,600 A
<b>CV (%)</b>	12,390	13,420	6,700	4,880	5,220
<b>Média Geral</b>	213,781	538,781	2,521	145,909	71,825

Em cada coluna médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade.

Considera-se necessária a repetição desse experimento, realizando estudo em diferentes condições (como em solos com deficiência de Mg e K), para comprovar o comportamento da cultura.

#### 4.2 Experimento 2 - Doses de MgSO<sub>4</sub>

Para o experimento de doses de sulfato de Mg, não houve efeito significativo da aplicação das doses, para as variáveis: número de vagens, número de grãos, números de grãos por vagem, massa de 1000 grãos, índice SPAD, teor foliar de N, teor foliar de P e teor foliar de S. Sendo que: a produtividade, teor foliar de P, teor foliar de K, teor foliar de Ca e teor foliar de Mg apresentaram diferença significativa a 1% de probabilidade, pelo teste F (Tabela 7).

Tabela 7 - Resumo da análise de variância das avaliações realizadas

FV	GL	QM					
		Número de vagens	Número de grãos	Número de grãos/vagem	Massa de 1000 grãos	Produtividade	SPAD
Tratamentos	4	84,906 <sup>ns</sup>	1235,562 <sup>ns</sup>	0,008 <sup>ns</sup>	38,97 <sup>ns</sup>	36,649 <sup>**</sup>	0,696 <sup>ns</sup>
Repetição	4	1438,65 <sup>ns</sup>	8689,25 <sup>ns</sup>	0,012 <sup>ns</sup>	48,997 <sup>ns</sup>	20,211 <sup>ns</sup>	0,981 <sup>ns</sup>
Erro	16	569,618	4150,312	0,009	17,094	8,397	0,494
CV (%)		11,80	12,63	3,85	2,81	3,91	1,47

FV	GL	QM					
		Teor foliar de N	Teor foliar de P	Teor foliar de K	Teor foliar de Ca	Teor foliar de Mg	Teor foliar de S
Tratamentos	4	6,53 <sup>ns</sup>	0,696 <sup>ns</sup>	16,058 <sup>**</sup>	4,203 <sup>**</sup>	0,568 <sup>**</sup>	0,074 <sup>ns</sup>
Repetição	4	6,081 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>	3,05 <sup>ns</sup>	1,027 <sup>ns</sup>	0,033 <sup>ns</sup>	0,045 <sup>ns</sup>
Erro	16	7,205	1,251	2,093	0,908	0,058	0,033
CV (%)		5,01	20,46	10,05	8,63	10,43	10,59

GL = Grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; QM = Quadrados médios; \*\* = significativo a 1%; \* = significativo a 5%; ns = não significativo.

Altarugio et al. (2017), relataram resultados diferentes em que a aplicação foliar de Mg elevou o índice de SPAD em plantas de soja. A adubação foliar em estágio reprodutivo apresentou acréscimo de 2% na massa de 1000 grãos, concluíram que a aplicação foliar de Mg melhorou os parâmetros produtivos.

Branquinho et al. (2020), identificaram em seu trabalho efeito significativo para as variáveis: número de vagens por plantas, número de grãos por vagens, massa de 100 grãos e produtividade grãos, em relação a época de aplicação de fertilizante foliar de Mg. Os autores mencionam que, o maior número de vagens por plantas alcançado pela aplicação do produto contendo K e Mg ocorreu entre os estádios fenológicos R2-R4, esta diferença estatística se deu quando a comparação foi feita com o tratamento testemunha, que obteve o menor valor.

Foi observado aumento de produtividade para a cultura da soja, para as plantas que receberam até a dose de 8,78 kg ha<sup>-1</sup> de MgSO<sub>4</sub>, via foliar, correspondendo a uma produtividade de 4562,71 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 1), tendo o ganho de 6 sacos ha<sup>-1</sup> em comparação ao controle.

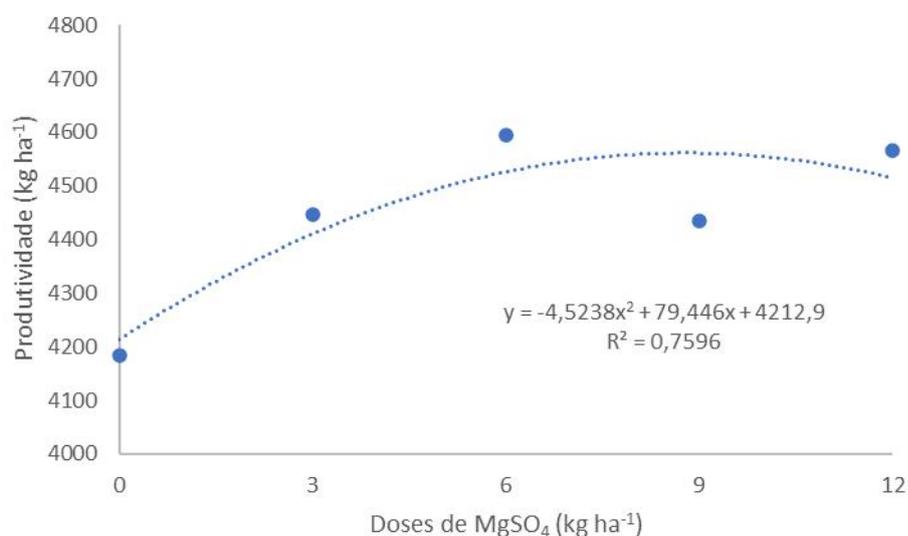


Figura 1 - Produtividade da soja (Foco IPRO) em função de doses de MgSO<sub>4</sub>. Santo Antônio da Barra (GO), 2020. (p<0,05).

Com aplicação de diferentes doses de fertilizante foliar de Mg (0, 150, 300, 450 g ha<sup>-1</sup>), Rodrigues (2021), observou que houve aumento na produtividade da cultura da soja em 10,4% e na cultura do milho de 13,2%.

Aplicação de Mg na fase de florescimento em plantas de soja cultivadas em vaso na dose de 100 mg L<sup>-1</sup> possibilitou aumento do crescimento das plantas e da produtividade (ODELEYE et al., 2007). Por ser um nutriente de suma importância e realizar uma função significativa no desenvolvimento de estruturas como sementes e raízes (ADNAN et al., 2020).

Observa-se na tabela 8, os dados médios de número de vagens, número de grãos, número de grãos por vagens, massa de mil grãos e produtividade, sendo possível constatar que não houve influência sob os tratamentos.

Tabela 8 - Número de vagens, número de grãos, número de grãos por vagens, massa de 1000 grãos (MMG) e produtividade em doses de sulfato de magnésio

TRATAMENTO	Nº de vagens	Nº de grãos	Nº grãos/vagens	MMG kg	Produtividade sc ha <sup>-1</sup>
<b>Controle</b>	205,000 A	505,250 A	2,47 A	144,636 A	69,73 B
<b>3,0 kg ha<sup>-1</sup> MgSO<sub>4</sub></b>	195,750 A	486,250 A	2,49 A	145,15 A	74,098 A
<b>6,0 kg ha<sup>-1</sup> MgSO<sub>4</sub></b>	206,500 A	528,500 A	2,55 A	151,636 A	76,58 A
<b>9,0 kg ha<sup>-1</sup> MgSO<sub>4</sub></b>	202,000 A	561,750 A	2,568 A	148,102 A	73,918 A
<b>12,0 kg ha<sup>-1</sup> MgSO<sub>4</sub></b>	202,250 A	513,750 A	2,538 A	147,16 A	76,11 A
<b>CV (%)</b>	11,800	12,630	3,850	2,810	3,910
<b>Média Geral</b>	202,300	510,100	2,523	147,336	74,084

Em cada coluna médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade.

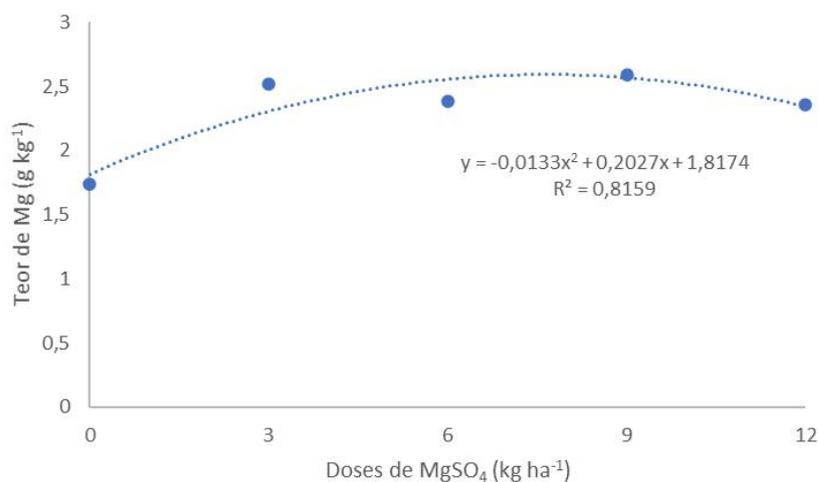


Figura 2 - Teor foliar de Mg de acordo com as doses de MgSO<sub>4</sub>. Santo Antônio da Barra (GO), 2020.

Conforme os dados da Figura 2, observa-se que, a dose 9 kg<sup>-1</sup> de MgSO<sub>4</sub> apresenta maior teor equivalente a 2,59 g kg<sup>-1</sup> de Mg. Resultados visto por Bergmann (1992), mostraram que quando em doses de altas concentrações de Mg nas plantas, pode ocorrer danos devido ao desequilíbrio entre Ca e Mg, causando assim prejuízos (Figura 2 e 3).

De forma semelhante ao teor foliar de Mg, o teor foliar de Ca apresentou na dose de 9 kg ha<sup>-1</sup> de MgSO<sub>4</sub>, maior teor foliar do elemento, resultando em 12,48 g kg<sup>-1</sup> de MgSO<sub>4</sub> (Figura 3). Essa relação Ca:Mg é associada as características químicas análogas desses nutrientes, como: perímetro iônico, valência, higroscopicidade e mobilidade (SALVADOR et al., 2011).

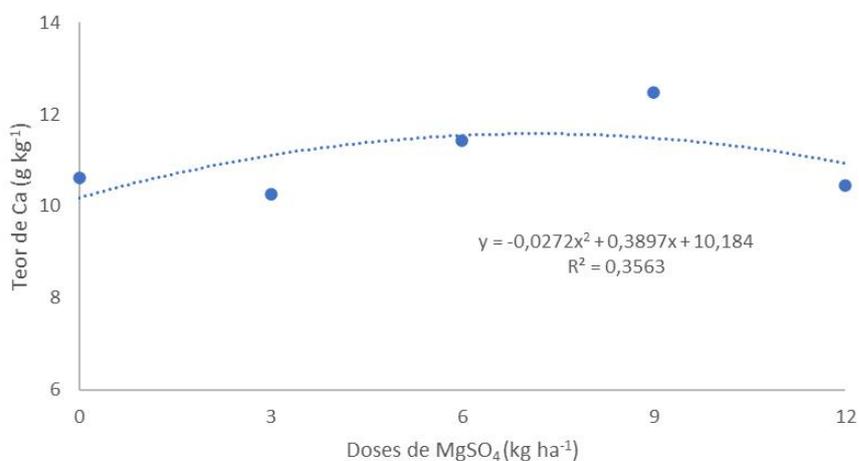


Figura 3 - Teor foliar de Ca de acordo com as doses de MgSO<sub>4</sub>. Santo Antônio da Barra (GO), 2020.

Não houve efeito das doses de  $\text{MgSO}_4$  sobre o teor foliar de K na cultura da soja, o valor médio encontrado foi de  $14,38 \text{ g kg}^{-1}$  de  $\text{MgSO}_4$  (Figura 4).

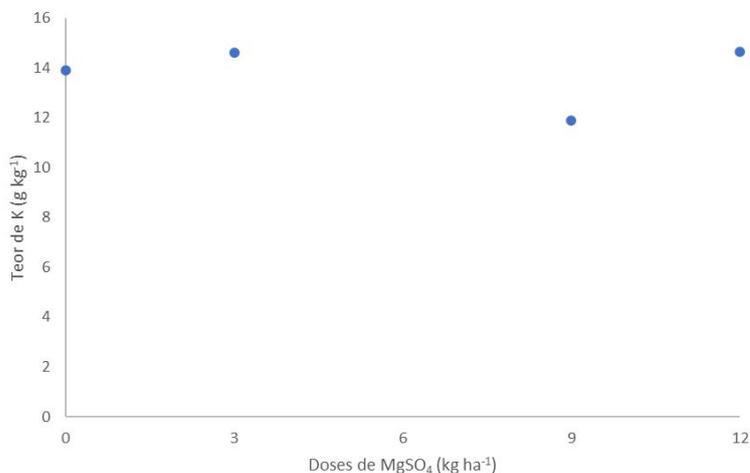


Figura 4 - Teor foliar de K de acordo com as doses de  $\text{MgSO}_4$ . Santo Antônio da Barra (GO), 2020. Ajuste de regressão não significativo.

Rodrigues (2021), não encontrou aumento no teor de outros nutrientes devido a aplicação foliar de Mg.

É importante enfatizar que o manejo adequado de fertilizantes envolve processos complexos de tomada de decisão, que levam em consideração as características do solo e da cultura, tipos de clima, rotação de culturas ou tipos de sucessão de culturas. Uma vez avaliados esses aspectos, começará a definir a fonte e dose dos nutrientes a serem aplicados via solo e as eventuais aplicações via foliar. Ressalta-se que os fertilizantes ocupam uma posição significativa nos custos variáveis de produção, tendo grande impacto na rentabilidade das lavouras. Adnan et al. (2020), concluíram que o Mg é um fator limitante da produção das culturas, e os efeitos negativos da baixa disponibilidade do nutriente podem ser minimizados com a aplicação foliar, os mesmos autores recomendam a adubação foliar com Mg, com quantidades a serem definidas em função da cultura e teor disponível no solo.

## 5 CONCLUSÕES

Aplicação foliar das fontes utilizadas de magnésio, isoladas, ou em associação ao potássio, e a fonte de potássio, não influenciaram na produtividade da cultura da soja.

A aplicação de doses de sulfato de magnésio incrementou a produção da cultura da soja. A dose de 9 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de magnésio correspondeu à maior produtividade alcançada.

A aplicação de sulfato de magnésio aumentou os teores foliares de cálcio e magnésio e a dose de aproximadamente 9 kg ha<sup>-1</sup> assegurou os maiores teores foliares para esses nutrientes.

## REFERÊNCIAS

ADHIKARI, B. DHUNGANA, S. K. KIM I. D. SHIN D. H; Effect of foliar application of potassium fertilizers on soybean plants under salinity stress, *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*.

ADNAN, M.; HAYYAT, M. S.; IMRAN, M.; REHMAN, F. U.; SAEED, M. S.; MEHTA, J.; TAMPUBOLON, K. Impact of Foliar Application of Magnesium Fertilizer on Agronomic Crops: A Review. *Indian Journal of Pure and Applied Biosciences*. v.8, n.6, p.281-288, 2020.

AGROSTAT - *Estatísticas de Comercio Exterior do Agronegócio Brasileiro*, 2019.

ALTARUGIO, L.M; LOMAN, M.H; NIRSCHL, M.G; SILVANO, R.G, ZAVASCHI, E, CARNEIRO, L.M.S, VITTI, G.C, LUZ, P.H.C; OTTO, R; Desempenh. produtivo de soja e milho submetidos à pulverização foliar de magnésio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.52 n.12, p.1185-1191. 2017.

ALVES, A.C.; BRAUNER, J.L.; CORDEIRO, D.S.; ZONTA, E.P.; CORREA, L.A.V. Exigências nutricionais em potássio, cálcio e magnésio do sorgo sacarino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.23, p.529-536, 1988.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C; PRIETO, J.P.C.; MORAES, M.T.; WERNER, F.; FERREIRA, A.F.; Crescimento e distribuição de raízes de soja em diferentes densidades de plantas. v.17 n.1, *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 2018.

BATISTA, MARCELO AUGUSTO; INOUE, TADEU TAKEYOSHI; NETO, MICHEL ESPER; MUNIZ, ANTONIO SARAIVA. Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral.

BRANDÃO-FILHO, JUT; FREITAS, PSL; BERIAN, LOS; GOTO, R. Hortaliças-fruto. **Maringá: EDUEM**, p. 113-161, 2018.

BERGMANN, W. Nutritional disorders of plants: development, visual and analytical diagnosis. New York: G.F. Verlag, 1992, 741p.

BESSEN, M.R.; COSTA, E.J.O.; ZAMPAR, E.O.J.; CONEGLIAN, C.F.; NETO, A.F.G.; IONUE, T.T.; MARCELO, A.B. Resposta da soja a aplicação foliar de nutrientes em diferentes estádios reprodutivos. Universidade Estadual de Maringá – UEM, Pós-Graduando em Agronomia. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.8, n.1, p.198-209, 2019.

BRANQUINHO, ISABELLA CAROLINE FRITZ; DECIAN, LEONARDO DIAS. Época de aplicação foliar de K e Mg na cultura da soja e seus efeitos nos teores de óleo, proteína e produtividade. 2020.

CAKMAK I, YAZICI A; Magnesium: a forgotten element in crop production. **Better Crops** v. 94 p. 23–25, 2010.

CARDOSO, MURILO RAPHAEL DIAS; MARCUZZO, FRANCISCO FERNANDO NORONHA; BARROS, JULIANA RAMALHO. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. 2014.

Carneiro, L. D. M. (2019). Fontes e doses de magnésio nas culturas da soja e do milho.

CHIOCHETTA JUNIOR, Jose Carlos. Efeito de fertilizantes de liberação gradual de nutrientes na dinâmica do nitrogênio no solo e na produção da cultura do milho (*Zea mays*). 2020. Tese de Doutorado.

COELHO, Antônio Marcos. Adubação foliar em milho utilizando fertilizantes multinutrientes. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2018.

COELHO, Jackson Dantas. Soja. 2021.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento - **Perspectivas para a agropecuária, v.06safra 2018\2019**, Brasília: Conab, 2018.

CONAB -Companhia Nacional de Abastecimento - **Compêndio de Estudos Conab**, v. 10 Brasília: Conab, 2017.

CONAB -Companhia Nacional de Abastecimento –. **Compêndio de Estudos Conab**, v.4 Brasília: Conab, 2016.

CONAB. Quinto levantamento de acompanhamento da safra brasileira de grãos 2020/21, 2021.

DUARTE, FERNANDO CONTARDO NEPOMUCENO. Resposta Da Soja À Adubação Foliar Com Fósforo No Período Reprodutivo: Mecanismos Governando As Respostas Da Planta. Tese De Doutorado. Instituto Agronômico. 2021.

GASPAR AP; CONLEY SP. Responses of canopy reflectance, light interception, and soybean seed yield to replanting suboptimal stands. **Crop Science** v.55 p. 377-385, 2015.

GODOY, C. V.; MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; LOPES, I. O. N.; FORCELINI, C. A. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2016/17: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. **Rev. Circ. Técnica**, Londrina, 2017.

HERMANS, C.; JOHNSON G.N.; STRASSER, R. J.; VERBRUGGEN, N. Physiological characterization of magnesium deficiency in sugar beet: acclimation to low magnesium differentially affects photosystems I and II. **Planta, New York**. v. 220, p. 344-355, 2004.

JUNIOR, FRANCISCO DE ASSIS GOMES; PEREIRA, BRUNO LAECIO DA SILVA; SILVA, MAIRTON GOMES; SOARES, TALES MILER. Sintomatologia de deficiência de macronutrientes em plantas de alface. **INFORME ECONÔMICO (UFPI)**, v. 38, n. 1, 2019.

MAGRO, F. O. **Efeito do composto orgânico e adubação potássica em atributos do solo e da beterraba**. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 2012. 109p. Tese Doutorado.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS 1997. 201 p.

NUNES, FRANCIS ALEX; ARAÚJO, JOÃO SEBASTIÃO DE PAULA; ROSA, RAUL CASTRO CARIELLO. Avaliação fitossanitária em bananeiras sob sistema agroecológico. 2018.

ODELEYE, F. O.; ODELEYE, O. M. O.; ANIMASHAUN, M. O. (2007). Effects of nutrient foliar spray on soybean growth and yield (*Glycine max* (L. Merrill) in South West Nigeria. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj*. 35(2), 22-32.

PASSOS, A. M. A. A.; REZENDE, P.M.; CARVALHO, E. R. Doses e épocas de aplicação de fosfito comercial na cultura da soja. *Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia*, v.10, n.18; p. 1357-1365, 2014.

PEREIRA, ADRIANO VILELA; ALVES, JOSÉ MILTON. Efeito da forma de coleta do solo na recomendação da adubação em agricultura de precisão. 2020.

PONTAROLO, DANIEL; GRALAK, ELIZA. ADUBAÇÃO FOLIAR NO TABACO. 1. Iniciação Científica-Resumos. I. Centro Universitário Campo Real. II. Instituto de Pesquisa e Extensão. Elaborada pelo bibliotecário Eduardo Ramanauskas CRB9–1813 CRB14-1702, p. 62. 2020.

RODRIGUES, VITOR ALVES. Nitrogen and magnesium foliar fertilization in soybean and maize. Dissertação de Mestrado. Unesp – Botucatu. 2021.

SALATA, A. C.; KANO, C.; GODOY, A. R.; EVANGELISTA, R. M.; CARDOSO, A. I. I. Produção e qualidade de frutos de ervilha torta submetidas a diferentes níveis de adubação potássica. *Nucleus*, v.8, n.2, p.127-134, 2011.

SALVADOR, J. T.; CARVALHO, T. C.; LUCCHESI, L. A. C. Relações cálcio e magnésio presentes no solo e teores foliares de macronutrientes. **Revista Acadêmica: 50 Ciência Animal**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 27-32, 2011.

SILVA, N. F. DA.; CLEMENTE, G. S.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; CUNHA, F. N.; & DA SILVA AZEVEDO, L. O. Use of Foliar Fertilizers for the Specific Physiological Management of Different Soybean Crop Stages. **American Journal of Plant Sciences**, v. 8, n. 04, p. 810, 2017.

STAUT, L.A. Adubação foliar com nutrientes na cultura da soja. 2007. Artigo em Hypertexto.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, p.918, 2013.

TAVARES L. C.; TUNES L. M.; BRUNES A. P; FONSECA D. A. R.; RUFINO C. A.; BARROS A. C. S. A. Potássio via recobrimento de sementes de soja: efeitos na qualidade fisiológica e no rendimento. **Ciência Rural**, v. 43 n.7, p. 1196-202, 2013.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, Disponível em <<http://www.usda.gov>> Acesso em 12-02-2020.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, Disponível em <<http://www.usda.gov>> Acesso em 22-03-2022.

WENDLING, Ademir; ELTZ, FLÁVIO LUIZ FOLLETO; CUBILLA, MARTIN MARIA; AMASO, TELMO JORGE CARNEIRO; MIELNIEZUK, JOÃO. Recomendação de adubação potássica para trigo, milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1929-1939, 2008.