

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

**MANEJO NUTRICIONAL NO ESTÁDIO REPRODUTIVO DA
CULTURA DA SOJA**

PAULO VITOR CRUVINEL NASCIMENTO

Magister Scientiae

RIO VERDE
GOIÁS – BRASIL

2023

PAULO VITOR CRUVINEL NASCIMENTO

MANEJO NUTRICIONAL NO ESTÁDIO REPRODUTIVO DA CULTURA DA SOJA

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**

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação-- (CIP)

Nascimento, Paulo Vitor Cruvinel

Manejo nutricional no estágio reprodutivo da cultura da soja. / Paulo Vitor Cruvinel Nascimento. - 2023.
64 f.: il.

Orientadora: Profa. Dra. June Faria Scherrer Menezes
CoOrientador: Prof. Dr Rafael de Souza Nunes

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) — Universidade de Rio Verde - UniRV, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Faculdade de Agronomia, 2023.

Inclui índice de tabelas e figuras.

1. *Glycine max*. 2. Manejo nutricional. 3. Massa de grãos. 4. Produtividade.
I. Menezes, June Faria Scherrer. II. Nunes, Rafael de Souza

CDD:

Elaborada

FOLHA DE APROVAÇÃO

DEDICATÓRIA

A Deus, que me concedeu saúde, força e sabedoria para a conclusão do Mestrado em Produção Vegetal da UniRV, pois sem a ajuda Dele, não seria possível esta conclusão.

Aos meus pais: Marcelo Emanuel do Nascimento e Valdete Peres Cruvinel, pela força e confiança depositada em minha pessoa para que pudéssemos concluir mais esta etapa de suma importância em minha jornada profissional.

Aos meus amigos e pessoas, que estiveram comigo durante toda a condução dos experimentos. Em especial, gostaria de agradecer ao GAPES, empresa que me concedeu a oportunidade de trabalho e abriu as portas para a condução do experimento, nos auxiliando do início ao fim.

A minha orientadora June Faria Scherrer Menezes e Coorientador Rafael de Souza Nunes, pelo auxílio em todas as etapas deste projeto tão importante.

AGRADECIMENTO

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da UniRV e aos professores que me ensinaram tanto neste período. Tenho a certeza de que saio um profissional mais completo e comprometido após um período de desafios e conquistas.

A minha orientadora Dra. June Faria Scherrer Menezes e ao meu Coorientador Rafael de Souza Nunes, por tantos ensinamentos, pela paciência e atenção que sempre tiveram, não somente para comigo, mas com todos os colegas do curso. Obrigado, pelo exemplo de profissional a seguir!

Ao professor Gustavo André Simon, pelo auxílio nas análises estatísticas.

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Grupo Associado em Pesquisa do Sudoeste Goiano (GAPES). Agradeço a oportunidade da condução do experimento na estação experimental, além de todos os auxílios para o sucesso deste trabalho.

A minha família, que sempre apoiou meus sonhos e fez de tudo para que eles se realizassem. Cada oração, cada ajuda, cada ensinamento me fez chegar até aqui, e por isso sou eternamente grato!

SUMÁRIO

REVISÃO DE LITERATURA	11
A CULTURA DA SOJA	11
BALANÇO DE NUTRIENTES DA CULTURA DA SOJA	12
POTÁSSIO	14
MAGNÉSIO	15
BORO	16
REFERÊNCIAS	18
CAPÍTULO 1	24
1.1. INTRODUÇÃO	26
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	27
1.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
1.3.1. LOCALIDADE RIO VERDE	Erro! Indicador não definido.
1.3.2. LOCALIDADE DE CRISTALINA - GO	Erro! Indicador não definido.
1.3.3. LOCALIDADE DE PLANALTINA – DF	Erro! Indicador não definido.
1.3.4. LOCALIDADE DE JABORANDÍ - BA	Erro! Indicador não definido.
1.4. CONCLUSÕES	38
1.5. REFERÊNCIAS	39
CAPÍTULO 2	42
2.1. INTRODUÇÃO	44
2.2. MATERIAL E MÉTODOS	46
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
2.3.1. EXPERIMENTOS REALIZADOS EM RIO VERDE	48
2.3.2. EXPERIMENTOS REALIZADOS EM CRISTALINA	50
2.3.3. EXPERIMENTO REALIZADO EM PLANALTINA	51
2.3.4. EXPERIMENTO REALIZADO EM JABORANDI	52
2.4. CONCLUSÕES	54
2.5. REFERÊNCIAS (CAPÍTULO 2)	55
CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
REFERÊNCIAS	57
ANEXO	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Exigências nutricionais para a produção de 1 t de grãos de soja.....	13
Tabela 2. Análise química e física do solo da área experimental em Rio Verde - GO.	27
Tabela 3. Análise química e física do solo da área experimental em Planaltina - DF, na profundidade de 0-20 cm.....	28
Tabela 4. Análise química e física do solo da área experimental em Jaborandí - BA.....	29
Tabela 5. Análise química e física do solo da área experimental Cristalina - GO.	29
Tabela 6. Tratamentos correspondentes as concentrações de K e as doses de KNO ₃ utilizadas no ensaio 1.	30
Tabela 7. Resultados parciais da análise estatística para a aplicação de doses de nitrato de potássio via foliar na cultura da soja no estágio reprodutivo R5.1 para as variedades Foco e DM73i75 em Rio Verde. Rio Verde - GO. Safra 2021/2022.....	36
Tabela 8. Produtividade de grãos e massa de mil grãos de soja das variedades Foco e DM73i75 com aplicação de doses de nitrato de potássio via foliar no estágio reprodutivo R5.1 em Rio Verde - GO na Safra 2021/2022.....	36
Tabela 9. Resultados parciais da análise estatística para a aplicação de doses de nitrato de potássio via foliar na cultura da soja no estágio reprodutivo R5.1 em Cristalina - GO para as variedades Desafio e Olimpo. Safra 2021/2022.	Erro! Indicador não definido.
Tabela 10. Produtividade de grãos e massa de mil grãos de soja das variedades Desafio e Olimpo com aplicação de doses de nitrato de potássio via foliar no estágio reprodutivo R5.1 em Cristalina - GO na Safra 2021/2022.....	Erro! Indicador não definido.
Tabela 11. Resultados parciais da análise estatística para a aplicação de doses de nitrato de potássio via foliar na cultura da soja no estágio reprodutivo R5.1 em Planaltina - DF (variedade RK6316). Safra 2021/2022.....	Erro! Indicador não definido.
Tabela 12. Produtividade de grãos e massa de mil grãos de soja variedade RK6316 com aplicação de doses de nitrato de potássio via foliar no estágio reprodutivo R5.1 em Planaltina - DF. Safra 2021/2022.....	Erro! Indicador não definido.
Tabela 13. Resultados parciais da análise estatística para a aplicação de doses de nitrato de potássio via foliar na cultura da soja no estágio reprodutivo R5.1 em Jaborandi - BA com a variedade M8349. Safra 2021/2022.	Erro! Indicador não definido.
Tabela 14. Tratamentos, fontes dos nutrientes B, K e Mg, teores dos nutrientes e doses utilizadas em cada experimento em função das fontes.....	46
Tabela 15. Resultados parciais da análise estatística para aplicação de fontes de nutrientes via foliar na cultura da soja no estágio reprodutivo R5.1 em Rio Verde para as variedades Foco e DM73i75. Rio Verde - GO. Safra 2021/2022.	48
Tabela 16. Produtividade de grãos e massa de mil grãos de soja das variedades Foco e DM73i75 com aplicação de fontes de B, K e Mg via foliar no estágio reprodutivo R5.1 em Rio Verde - GO na Safra 2021/2022.....	49

Tabela 17. Resultados parciais da análise estatística para a aplicação de fontes de nutrientes via foliar na cultura da soja no estágio reprodutivo R5.1 em Cristalina para as variedades Desafio e Olimpo. Cristalina - GO. Safra 2021/2022.	50
Tabela 18. Produtividade de grãos e massa de mil grãos de soja das variedades Desafio e Olimpo com aplicação dos nutrientes B, K e Mg via foliar no estágio reprodutivo R5.1 em Cristalina - GO na Safra 2021/2022	51
Tabela 19. Resultados parciais da análise estatística para a aplicação de fontes de nutrientes via foliar na cultura da soja no estágio reprodutivo R5.1 em Planaltina para a variedade M8349. Jaborandi - DF. Safra 2021/2022.....	51
Tabela 20. Produtividade de grãos e massa de mil grãos de soja da variedade RK6316 com aplicação de fontes de B, K e Mg via foliar no estágio reprodutivo R5.1 em Planaltina - DF na Safra 2021/2022.....	52
Tabela 21. Resultados parciais da análise estatística para a aplicação de fontes de nutrientes via foliar na cultura da soja no estágio reprodutivo R5.1 em Planaltina - DF para a variedade RK6316. Planaltina, GO. Safra 2021/2022.	52
Tabela 22. Produtividade de grãos e massa de mil grãos de soja da variedade M8349 com aplicação de fontes de B, K e Mg via foliar no estágio reprodutivo R5.1 em Jaborandi - BA na Safra 2021/2022.....	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Produtividade média de grãos de soja com aplicação de doses de nitrato de potássio via foliar no estágio reprodutivo R5.1. Rio Verde, GO Safra 2021/2022.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 2. Produtividade de grãos de soja das variedades Foco (A) e DM73i75 (B) com aplicação de doses de nitrato de potássio via foliar no estágio reprodutivo R5.1. Rio Verde, GO Safra 2021/2022..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 3. Massa média de mil grãos de soja com aplicação de doses de nitrato de potássio via foliar no estágio reprodutivo R5.1. Rio Verde, GO Safra 2021/2022.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 4. Massa de mil de grãos de soja das variedades Foco (A) e DM73i75 (B) com aplicação de doses de nitrato de potássio via foliar no estágio reprodutivo R5.1. Rio Verde, GO Safra 2021/2022. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 5. Produtividade média de grãos e a média de mil grãos de soja com aplicação de doses de nitrato de potássio via foliar no estágio reprodutivo R5.1. Cristalina, GO Safra 2021/2022. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 6. Produtividade de grãos de soja das variedades Desafio (A) e Olimpo (B) com aplicação de doses de nitrato de potássio via foliar no estágio reprodutivo R5.1. Rio Verde, GO Safra 2021/2022..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 7. Massa média de mil grãos de soja com aplicação de doses de nitrato de potássio via foliar no estágio reprodutivo R5.1. Cristalina, GO Safra 2021/2022.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 8. Produtividade de grãos de soja e massa de mil grãos com aplicação de doses de nitrato de potássio via foliar no estágio reprodutivo R5.1 para a variedade M8349. Jaborandi, BA Safra 2021/2022. **Erro! Indicador não definido.**

RESUMO GERAL

NASCIMENTO, P. V. C. UniRV - Universidade de Rio Verde, fevereiro de 2023. **Manejo nutricional no estágio reprodutivo da cultura da soja.** Orientadora: Profa. Dra. June Faria Scherrer Menezes. Coorientador: Prof. Dr. Rafael de Souza Nunes.

O cenário sojicultor nacional sempre pujante nas últimas décadas, vem movimentando cada vez mais o mercado agrônomo do país. Com isso, há uma busca constante por tecnologias de manejos que auxiliem no aumento da produtividade e da rentabilidade das lavouras. Dentre essas práticas, a utilização de manejos nutricionais foliares apresentam grande alta no mercado, auxiliando na exploração do máximo potencial produtivo da cultura, gerando maior produtividade e rentabilidade ao produtor. Sendo assim, o trabalho proposto, tem o intuito de gerar um manejo nutricional para o enchimento de grãos, na cultura da soja, observando o comportamento dos nutrientes como: potássio (K), magnésio (Mg) e boro (B), com aplicações realizadas no estágio reprodutivo R5.1, objetivando incrementar a massa de mil de grãos e a produtividade da cultura, principalmente de cultivares com alto potencial produtivo. O presente trabalho foi conduzido em duas etapas, em quatro regiões produtoras de soja, especificamente nos municípios de: Rio Verde – GO, Cristalina – GO, Planaltina – DF e Jaborandí – BA. Assim, utilizou-se seis variedades de soja: FOCO IPRO e DM73i75, em Rio Verde, Desafio e Olimpo, em Cristalina, RK6316 em Planaltina e M8349 em Jaborandi. Para a mensuração dos resultados foram realizadas as seguintes avaliações; massa de 1000 grãos corrigida a 13% de umidade (g) e produtividade de grãos corrigida a 13% (kg ha^{-1}). Os dados das avaliações foram submetidos a ANAVA com o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade em função dos tratamentos e variedades. O primeiro ensaio (ensaio 1) consistiu na utilização de doses crescentes de nitrato de potássio (KNO_3) nas doses de 800; 1.600; 2.400 e 3.200 g ha^{-1} do nutriente K, na qual observa-se diferentes comportamentos entre variedades com a aplicação de KNO_3 no estágio reprodutivo R5.1. As variedades DM73i75 e FOCO IPRO (Rio Verde – GO), Desafio e Olimpo (Cristalina – GO) e M8349 (Jaborandi – BA), foram as que obtiveram resultados significativos na produtividade com o suprimento foliar com o nutriente e a variedade RK6316 (Planaltina – DF), não se mostrou responsiva as doses avaliadas. O segundo ensaio (Ensaio 2) teve como tratamentos a utilização de diferentes combinações dos nutrientes K, Mg e B na aplicação foliar no estágio de enchimento de grãos da cultura em R5.1, na qual foi possível observar que as variedades DM73i75 e Olimpo responderam de forma positiva, com nitrato de potássio na dose de 3,64 kg ha^{-1} , apresentando incremento na produtividade de grãos e na massa de mil grãos com 1,0 kg ha^{-1} de sulfato de magnésio. Depois da pesquisa realizada, conclui-se que, algumas variedades não responderam às adubações foliares.

Palavras-chave: Adubação complementar. *Glycine max*. Manejo nutricional. Massa de grãos. Produtividade.

GENERAL ABSTRACT

NASCIMENTO, P. V. C. UniRV - Universidade de Rio Verde, February 2023. **Nutritional management in the reproductive stage of soybean crop.** Adviser: Professor Dr. June Faria Scherrer Menezes. Co-adviser: Prof. Dr. Rafael de Souza Nunes.

The national soybean producer scenario always allowed in recent decades, has been increasingly moving the agronomic market of the country. With this, there is a constant search for management technologies that help in increasing productivity and profitability of crops. Among these practices, the use of leaf nutritional managements has been presenting great high in the market, helping in exploit the maximum productive potential of the crop, generating greater yield and profitability to the producer. Thus, the proposed work aims to generate a nutritional management for grain filling in soybean crop, observing the behavior of nutrients potassium (K), magnesium (Mg) and boron (B) with applications performed at the reproductive stage R5.1, aiming to increase the mass of 1,000 grains and crop yield, mainly of cultivars with high productive potential. The present work was conducted in two trials in four regions of the soybean producer, specifically in the municipalities of Rio Verde - GO, Cristalina - GO, Planaltina - DF and Jaborandi - BA using six soybean varieties, FOCO IPRO and DM73i75, in Rio Verde, Desafio and Olimpo, in Cristalina, RK6316 in Planaltina and M8349 in Jaborandi. For the measurement of the results, the following evaluations were performed; 1000 grain mass corrected at 13% moisture (g) and grain yield corrected at 13% (kg ha^{-1}). The evaluation data were submitted to ANOVA with the Scott-Knott test at 5% probability according to treatments and varieties. The first trial (assay 1) consisted of the use of increasing doses of potassium nitrate (KNO_3) in the amount of 800; 1,600; 2,400 and 3,200 g ha^{-1} of nutrient K, in which different behaviors between varieties can be observed with the application of KNO_3 at the reproductive stage R5.1. The varieties DM73i75 and FOCO IPRO (Rio Verde - GO), Desafio and Olimpo (Cristalina - GO) and M8349 (Jaborandi - BA), were the ones that obtained significant results in productivity with the leaf supply with the nutrient and the variety RK6316 (Planaltina - DF), not being responsive to the doses evaluated. The second assay (Assay 2) had as treatments the use of different combinations of nutrients K, Mg and B in leaf application at the grain filling stage of the crop in R5.1, in which it was possible to observe that the varieties DM73i75 and Olympus responded positively with potassium nitrate at a dose of 3.64 kg ha^{-1} , with an increase in grain yield and magnesium sulfate 1.0 kg ha^{-1} in the mass of 1,000 grains. Some varieties did not respond to foliar fertilization.

Keywords: Complementary fertilization. *Glycine max*. Nutritional management. Massa of grain. Productivity.

REVISÃO DE LITERATURA

A CULTURA DA SOJA

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) tem grande valor social e econômico, sendo considerada uma das culturas com maior importância mundial, fazendo parte da alimentação humana como fonte de: proteínas, lipídios, minerais e carboidratos (GEWEHR et al., 2019). O complexo da soja é o principal eixo do agronegócio brasileiro ocupando mais de 50% da área plantada (DEFANTE et al., 2018). A grande demanda da soja, principalmente da China, tem deferido um aumento gradual da produção de soja na América Latina e nos países associados ao Mercosul (Brasil, Argentina e Paraguai) (GAZZONI; DALL'AGNOL, 2018; TANWAR; GOYAL, 2021).

No setor interno, a produção de soja tem avançado continuamente devido ao índice crescente de produtividade. De acordo com dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a produção nacional de soja na safra 2021/2022 foi de 122.431,1 milhões de toneladas e o estado de Goiás contribuiu com 16 milhões de toneladas dessa produção demonstrando assim a importância deste estado para a produção nacional de soja (CONAB, 2022). A produção de soja foi a que mais cresceu em termos percentuais nos últimos anos, sendo considerada a principal *commodity* agrícola para a economia do país (CONAB, 2021).

A demanda global por alimentos continuará crescendo e o Brasil é um dos grandes responsáveis com potencial para suprir essa necessidade, dada a disponibilidade de terras aptas para a produção de grãos e tecnologias adequadas para o cultivo em condições tropicais. Entretanto, o desafio será manter a capacidade produtiva da soja de forma rentável e sustentável (CATTELAN; DALL'AGNOL, 2018). A soja foi considerada a responsável por provocar grandes mudanças na base produtiva do estado de Goiás, pois nenhuma outra cultura teve tamanho incentivo estatal por meio de políticas de financiamento e incentivos à cadeia produtiva (PIRES; RAMOS, 2009).

A soja possui folhas trifoliadas ou compostas, as quais são responsáveis pela fotossíntese e possuem uma estrutura em escala que protege as flores imaturas antes da antese (MANGENA, 2018). A planta tem um caule ramoso, hispido, que apresenta inflorescência do tipo racemo em seu ápice em variedades de crescimento determinado (SINGH, 2010). A soja é uma planta autógama, ou seja, possui flores completas; aparecem no estágio reprodutivo a partir

do nó número 5 ou superior (LIU, 2012). Depois da inflorescência, a planta forma vagens, sementes e entra em maturação (MANGENA, 2018). As vagens são levemente arqueadas, pilosas, compostas por duas valvas simples, de comprimento variando de 2 cm até 7 cm, que alojam uma a cinco sementes que, por sua vez, são: lisas, ovais, globosas e elípticas, que apresentam as cores amarela, preta ou verde, com hilo, predominantemente marrom, preto ou cinza (BORÉM, 2005).

O sudoeste de Goiás se consolida como o marco referencial da produção de soja no estado de Goiás e a sua produção se ampara pelo uso intensivo de tecnologia de ponta pelos agricultores. Agrega-se a esse fato a facilidade do escoamento da produção para os grandes centros comerciais, em razão do sistema rodoviário, de infraestrutura mais adequada, com estradas e meios de transporte, suporte armazenador, crédito agrícola subsidiado e organização política e econômica do produtor rural (SILVA et al., 2013).

BALANÇO DE NUTRIENTES DA CULTURA DA SOJA

As recomendações para aplicação de fertilizantes e corretivos estão diretamente relacionadas ao potencial de resposta das plantas aos nutrientes e, conseqüentemente, à disponibilidade destes no solo, como apresentado na equação [adubação = (exigência da planta – fornecimento do solo) x fator de eficiência (0 a 1)] exposta por Malavolta (2006). Quando se trata da exigência nutricional da soja, Zuffo et al. (2016) verificaram que o manejo adequado da fertilidade do solo se torna fundamental para o sucesso cultura, sendo o nitrogênio (N) o nutriente mais exigido, seguido do potássio (K) e fósforo (P). São absorvidos para a produção de 1000 kg de grãos, 83 kg de N e desses 61% são exportados (SFREDO, 2008).

A soja é uma cultura que apresenta grande demanda nutricional. Os teores médios de N, P e K extraídos pela cultura são 60, 14, 20 kg por tonelada de grãos, respectivamente (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO, 2004). O nitrogênio é o elemento mais exigido, sendo este extraído predominantemente, através da fixação biológica de nitrogênio (FBN) por bactérias (BOHRER; HUNGRIA, 1998). Os macros e micronutrientes são disponibilizados, sobretudo, via adubação mineral através dos adubos potássicos, fosfatados ou formulados com os três macronutrientes (N-P-K), sendo o fornecimento de N mineral não superior à 20 kg ha⁻¹ devido a FBN (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005).

Em relação à aplicação de fertilizantes, para suprir a exigência nutricional das culturas, estes são aplicados via solo, através de adubações em área total, a lanço ou incorporados, na camada de 0 a 20 cm, localizadas em sulcos ou covas (BATISTA et al., 2018).

Em termos de números, as quantidades de nutrientes absorvidas e exportadas nos grãos pela cultura da soja, em cada tonelada de grãos produzida, estão expressas na Tabela 1. Segundo Vitti e Trevisan (2000), quanto à época e modo de aplicação dos nutrientes, pode-se fornecê-los através das seguintes práticas: pré-plantio (Ca e Mg: calagem, Ca e S: gessagem, P e K: fosfatagem e potassagem); sulco de plantio (P_2O_5 e K_2O : formulação, B, Cu, Mn, Zn, Mo (opcional) e Co (opcional): formulação); cobertura (K: em solos muito arenosos, 30 dias após a emergência e Mn: via foliar no estágio V4 ou nos estádios V4 e R1) e semente (Mo e Co: na prática da inoculação das sementes).

Tabela 1. Exigências nutricionais para a produção de 1 t de grãos de soja.

Tabela 1. Exigências nutricionais para a produção de 1 t de grãos de soja.							
Parte da planta	Macronutrientes (kg t ⁻¹)						
	N	P	K	Ca	Mg	S	
Grãos	51	5,0	17,0	3,0	2,0	5,4	
Restos culturais ¹	31	2,5	7,5	9,2	4,7	10	
	Micronutrientes (g t ⁻¹)						
	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	Cl
Grãos	2,0	10	70	30	5	40	237
Restos culturais	-	-	-	-	2	-	23

¹Folhas, pecíolos e caules que são restituídos aos solos. Fonte: Embrapa, 1993.

A exportação que ocorre pela colheita dos grãos é de aproximadamente 51 kg de N, 10 kg de P, 20 kg de K, 3 kg de Ca, 2 kg de Mg e 5,4 Kg de S. As fontes de adubação, juntamente com as doses utilizadas, devem atender especificamente as necessidades da cultura, tendo em vista o cuidado com o excesso e a subdosagem no uso dos fertilizantes (EMBRAPA; 2013; POLLNOW et al., 2020). A aplicação de fertilizante na soja é geralmente realizada direto no sulco de semeadura ou a lanço. As formulações NPK são as mais utilizadas, porém, formulações a base somente de P e K também podem ser uma opção, sem que haja interferência produtiva. Isso é possível através da capacidade de FBN da soja, a partir da simbiose de bactérias fixadoras, como as do gênero *Bradyrhizobium* (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2013).

POTÁSSIO

O K é um dos macronutrientes mais requisitados pelas plantas, ficando atrás apenas do N (Tabela 1). A utilização da quantidade de K, proporciona o aumento na produção das grandes culturas, pois, desempenha importante papel na fotossíntese, atuando na síntese de carboidratos e proteínas, atuando também, como regulador da pressão osmótica (KINPARA, 2003).

A baixa disponibilidade de K no solo pode causar redução na taxa de crescimento da planta, conseqüentemente, a diminuição no rendimento da produção, uma vez que, pode ocorrer atraso no processo de maturação, produzindo grãos pequenos, enrugados, deformados, com baixo vigor e poder germinativo (BORKERT et al., 2005). A demanda de K pela cultura da soja é de aproximadamente 17 kg para cada tonelada de grãos produzidos, podendo ser maior, dependendo da variedade cultivada (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2013).

Dentre os nutrientes de maior importância no quesito quantidade para a planta da soja, o K ganha destaque por ser o segundo macronutriente mais extraído, perdendo apenas para o N. O K que é considerado como um dos nutrientes mais importantes na busca por altos índices de produtividade em diversos cultivos agrícolas do Brasil, como o girassol (FONSECA et al., 2020), o algodão (BORIN et al., 2017), o milheto (REIS et al., 2017) o sorgo (LARA et al., 2018), o milho (CAVALLI; LANGE, 2018) e a soja (PEREIRA et al., 2016; TOLLER, et al., 2018; NOETZOLD et al., 2019).

A reserva mineral de K, nos solos da região dos cerrados, é baixa, sendo insuficiente para suprir à quantidade extraída pela cultura (VILELA et al., 2007). O K tem participação na ativação enzimática, sendo um regulador de abertura e fechamento estomático e atua no controle osmótico dos tecidos (MALAVOLTA, 2006). A adubação potássica em níveis planta, aumenta o tamanho da semente e os níveis e óleo, além de exerce diversas funções fisiológicas nas plantas (PEREIRA et al., 2021).

O K é o segundo elemento mais extraído pela cultura da soja, atuando na ativação de mais de 60 enzimas associadas aos processos de: fotossíntese, na síntese de proteínas e carboidratos (SANTOS; VARGAS, 2014), na regulação osmótica, na abertura e fechamento dos estômatos (LANGER et al., 2004) e na tolerância aos estresses abióticos, principalmente baixa disponibilidade de água no solo (ESPER NETO et al., 2018). Segundo Usherwood (1994), o K atua para o transporte de fotoassimilados para os grãos, permitindo a síntese de óleo. A resposta da soja à adubação é influenciada por diversos fatores, tais como: a disponibilidade

dos nutrientes no solo, os tratos culturais, as condições climáticas e o cultivar utilizado (BERGAMIN et al., 2008).

A deficiência de K nos solos pode causar danos severos na soja, sendo os principais sintomas de deficiência, a clorose internervural, seguida de necrose no ápice e nas bordas das folhas mais velhas, além de causar a redução na fotossíntese, diminuindo a qualidade das sementes (DOMINGOS et al., 2015).

MAGNÉSIO

O cálcio (Ca), magnésio (Mg) e o enxofre (S) são classificados como nutrientes secundários na nutrição de plantas. O Ca tem função de divisão e alongamento celular, atuando de modo que proporciona mais rigidez as membranas. O Mg age como ativador enzimático, é constituinte da clorofila e atua diretamente na fotossíntese, além de auxiliar na FBN. O S é um constituinte dos aminoácidos essenciais (cistina, cisteína e metionina) e consequentemente das proteínas, tem função estrutural e metabólicas, bem como na composição de vitaminas, coenzimas e hormônios na planta (FAGERIA, 2009; CÂMARA, 2015; DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

O Mg possui um papel importante na distribuição do carboidrato das folhas para as raízes. Marschner (2011), avaliando a deficiência de Mg, notaram que a concentração de carboidrato nas raízes era de 0,8% do total produzido, enquanto a deficiência de K levou ao acúmulo de 3,4%, e as plantas bem nutridas tinham 15,7%. Dentre os três nutrientes K, Mg e Ca, o Mg é o elemento que não possui um canal específico de absorção de nutrientes, ficando sempre prejudicado entre ele e o K, que tem grande facilidade de ser absorvido pela planta (NARWAL; KUMAR; SINGH, 1985).

O Mg tem papel fundamental para o crescimento e desenvolvimento das plantas, uma vez que é responsável ativamente por vários processos fundamentais, para o crescimento e desenvolvimento da planta, os processos metabólicos e as reações particulares influenciados pelo Mg incluem: fotofosforilação (formação de ATP nos cloroplastos), fixação fotossintética do dióxido de carbono (CO₂), síntese proteica, formação de clorofila, carregamento dos nutrientes no floema e separação e utilização de fotoassimilados (ALTARUGIO, et al., 2017).

Em folhas verdes, a principal e mais conhecida função do Mg ocorre pelo fato de ser constituinte do átomo central da molécula de clorofila, sendo que, a quantidade do nutriente presente nessas estruturas depende do suprimento do mesmo, sendo tal valor entre 6 e 25%

via de regra, já que 5 a 10% do Mg é componente de parede celular de pectatos ou então precipitado em forma de sal solúvel no vacúolo, e o restante, de 60 a 90%, passível de extração por água (MENDES et al., 2018). Em condições de deficiência de Mg, o crescimento radicular das plantas é afetado pela redução na translocação de carboidratos para a raiz e, por sua vez, a sua deficiência prejudica a absorção de outros nutrientes (WIEND, 2007).

O Mg é absorvido pelas plantas como cátion divalente (Mg^{2+}) sendo elemento central da molécula de clorofila e constituinte de ribossomos e cromossomos. Sua funcionalidade na planta está na ativação enzimática, no controle do pH nas células e no balanço de cargas, o que demonstra a importância desse nutriente para o metabolismo celular e, consequentemente, no crescimento e na produtividade das culturas (NASCIMENTO et al., 2009). Em virtude de sua função, a deficiência do Mg limita o desenvolvimento e produtividade das culturas agrícolas, especialmente em solos ácidos e dessaturados (MEDEIROS et al., 2008). Porém, altas concentrações de Mg no solo e nas plantas podem causar danos em razão do distúrbio causado pelo desbalanço entre Ca e Mg (NASCIMENTO et al., 2009), demonstrando a importância da aplicação em quantidades adequadas desse nutriente no solo.

BORO

O B (boro) é um micronutriente pois, a planta não consegue sobreviver sem esse elemento. Este nutriente auxilia nos processos essenciais para a planta, como fecundação das flores e formação das sementes, ou seja, é necessário para que ocorra o ciclo reprodutivo da planta (FERNANDES et al., 2018).

A expansão da produção da soja se deve em grande parte ao desenvolvimento de novas tecnologias, dentre estas, a utilização de fertilizantes minerais de aplicações foliares. A aplicação foliar com B é fator importante para obtenção na melhoria da qualidade das sementes, fixação de vagens, aumento na massa de grãos e, consequentemente na produtividade (SANTOS et al., 2019). O B é indispensável à germinação do grão de pólen, ao crescimento do tubo polínico e, consequentemente, fecundação da flor (MARSCHENER, 2011), além de estar relacionado ao metabolismo de carboidratos, transporte de açúcares, síntese de RNA, DNA e fito-hormônios, formação das paredes celulares, divisão celular e desenvolvimento de tecidos (DECHEN, 1988; BORKET, 1989).

De acordo com Varanda et al. (2018), é comum a planta apresentar sinais de deficiência de B, em que pode ocorrer tanto em folhas novas como também, nas vagens, na cultura da

soja. O B aumenta a fertilização de flores proporcionando incrementos na granação das vagens em várias culturas leguminosas, diminuindo assim, a esterilidade masculina e o chochamento de grãos (MALAVOLTA, 2006). É um elemento que a planta necessita em modesta quantidade, sendo que sua falta pode acarretar danos na cultura, limitando a produtividade, assim, diminuindo o atributo do grão. (EUZEBIO, 2016).

Segundo Manfredini (2008), a deficiência de B pode atrapalhar no desenvolvimento da planta, pois é um elemento específico, causando limitação na mobilidade dos elementos na planta. Sua deficiência também provoca disfunção metabólica e uma crescente produção de compostos fenólicos. De acordo com Silva et al. (2017), o B se encontra na solução do solo como ácido bórico (H_3BO_3), o qual chega até as raízes através de fluxo de massa. A sua absorção ocorre de forma passiva em função do gradiente de concentração. O transporte de B na planta pode ocorrer de maneira passiva pela difusão facilitada por meio da camada duplo lipídica, componente da membrana plasmática.

A adubação suplementar com Ca e B é uma prática utilizada pelos agricultores, quando a planta está no estágio de florescimento, como é o caso da cultura da soja. Dentre as funções desses elementos, em específico, ambos estão envolvidos na germinação do pólen e no crescimento do tubo polínico (MUSSKOPF; BIER, 2010; GOMES et al., 2017; FIOREZE et al., 2018; VARANDA et al., 2018) e a falta destes na soja interfere na retenção de flores e fixação de vagens (MUSSKOPF; BIER, 2010).

REFERÊNCIAS

- ALTARUGIO, L. M., LOMAN, M. H., NIRSCHL, M. G., SILVANO, R. G., ZAVASCHI, E., CARNEIRO, L. D. M., OTTO, R. Desempenho produtivo de soja e milho submetidos à aplicação foliar de magnésio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 12, p. 1185-1191, 2017.
- BATISTA, M. A. et al. **Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral**, 2018. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/bv3jx/pdf/brandao978658638301006.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2022.
- BERGAMIN, A.C.; SCHLINDWEIN, J.A.; VENTUROSO, L.R.; VALADÃO JÚNIOR, D.D.; CARON, B.O.; SCHMIDT, D. Respostas de duas cultivares de soja à adubação a lanço e em sulco, no município de Rolim de Moura/RO. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 50, p. 155-166, 2008.
- BOHRER, T. R. J.; HUNGRIA, M. Avaliação de cultivares de soja quanto à fixação biológica de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Planaltina, v. 33, p. 937-952, 1998.
- BORÉM, A. Melhoramento de **Espécies Cultivadas**. Viçosa: UFV, 2005.
- BORIN, A. L. D. C.; FERREIRA, A. C. D. B.; SOFIATTI, V.; CARVALHO, M. D. C. S.; MORAES, M. C. G. Produtividade do algodoeiro adensado em segunda safra em resposta à adubação nitrogenada e potássica. **Revista Ceres**, v. 64, n. 6, p. 622-630, 2017.
- BORKERT, C. M.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; KLEPKER, D.; OLIVEIRA JUNIOR, A. O potássio na cultura da soja. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2., 2004, São Pedro. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 2005. p. 674-681.
- BORKET, C. M. Micronutrientes na planta. In: BÜLL, L. T.; ROSOLEM, C. A. (Ed.). **Interpretação de Análise Química de Solo e Planta para Fins de Adubação**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1989. p. 309-329.
- CÂMARA, G. M. de S. Adubação. In: _____. **Soja: do plantio a colheita**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2015. cap. 5, p. 110–149.
- CATTELAN, A. J.; DALL'AGNOL, A. The rapid soybean growth in Brazil. **Oilseeds & Fats, Crops and Lipids**, v. 25, n. 1, p. 1-12, 2018.

CAVALLI, E.; LANGE, A. Efeito residual do potássio no sistema de cultivo soja-milho safrinha no cerrado Mato-Grossense. **Revista Cultura Agronômica**, v. 27, n. 2, p. 310-326, 2018.

CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 9 - Safra 2021/22 - n. 7 - Sétimo levantamento, abril de 2019. Disponível em < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em 07 abr. 2022.

CQFS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2016) **Manual de Calagem e Adubação para os Estados de Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos a nutrição de plantas. In: _____. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 3, p. 91-132.

DECHEN, A. R. Micronutrientes: funções nas plantas. In: FERREIRA, M. E. (Coord.). **Anais do Simpósio sobre Micronutrientes na Agricultura**. Jaboticabal: FCAV/Unesp, 1988. p. 111-132.

DEFANTE, L. R., VILPOUX, O. F., SAUER, L. Rapid expansion of sugarcane crop for biofuels and influence on food production in the first producing region of Brazil. **Food Policy**, v. 79, p. 121-131, 2018.

DOMINGOS, C. S.; LIMA, L. H. S.; BRACCINI, A. L. Nutrição mineral e ferramentas para o manejo da adubação na cultura da soja. **Scientia Agrária Paranaensis**, v. 14, n. 3, p. 132-140, 2015.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa da Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná** - 1993/94. Londrina: OCEPAR/EMBRAPA-CNPSO, 1993. 128p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 62).

EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja** – Região Central do Brasil 2014. Londrina: Empresa brasileira de pesquisa agropecuária, 2013.

ESPER NETO, M.; MINATO, E. A.; BESEN, M. R.; INOUE, T. T.; BATISTA, M. A. Biometric Responses of Soybean to Different Potassium Fertilization Management Practices in Years with High and Low Precipitation. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 42, 2018.

EUZEBIO P.M. Soja: A importância da Adubação com micronutrientes. **Folha Agropecuária**, 2016.

FAGERIA, Nand Kumar. **The Use of Nutrients in Crop Plants**. New York: CRC press, 2016.

FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS, L. A. **Nutrição Mineral de Plantas**. 2. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2018.

FIGEZE, S. L.; CARNEIRO, J. P. C.; PINTO, D. D.; RODRIGUES, J. D. Foliar application of calcium and kinetin on soybean at reproductive stage. **Journal of Plant Nutrition**, v. 40, p. 2602-2610, 2017.

FONSECA, J. N.; AGUIRRE, T. R.; OLIVEIRA, C. P.; NASCIMENTO, W. P.; GOMES, V. V.; VILETE, V. F.; REIS, E. R.; SILVA, T. A. Desenvolvimento vegetativo inicial de girassol em função da adubação potássica e densidade populacional em clima tropical. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 65136-65146, 2020.

GAZZONI, D., DALL'AGNOL, A. **A Saga da Soja**. Planaltina-DF, 2018.

GEWEHR, E.; CORRÊA, O. O.; SUÑÉ, A. S.; DUARTE, G. B.; AMARANTE, L.; TUNES, L. V. M.; RODRIGUES, D. B. Treatment of soybean seeds with molybdenum and inoculant: nitrate reductase activity and agronomic performance. **Comunicata Scientiae**, v. 10, n. 1, p. 185-194, 2019.

GOMES, I. S.; BENETT, C. G. S.; SILVA JUNIOR, R. L.; XAVIER, R. C.; BENETT, K. S. S.; SILVA, A. R.; CONEGLIAN, A. Boron fertilization at different phenological stages of soybean. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n.8, p.1026-1032, 2017.

KINPARA, D.I. **A importância estratégica do potássio para o Brasil**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2003. 27p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 100).

LANGER, K.; LEVCHENKO, V.; FROMM, J.; GEIGER, D.; STEINMEYER, R.; LAUTNER, S.; ACHE, P.; HEDRICH, R. The poplar K⁺ channel KPT1 is associated with K⁺ uptake during stomatal opening and bud development. **The Plant Journal**, v. 37, p. 828-838, 2004.

LARA, J. P.; BORGES, I. D.; SANTOS, F. C.; PARRELLA, R. D. C. Desempenho agroindustrial do sorgo sacarino submetido a diferentes doses de nitrogênio e potássio em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, n. 3, p. 474-489, 2018.

LIU, K. **Soybeans: Chemistry, Technology, and Utilization**. New York: Springer, 2012.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MANFREDINI, D. **Cálcio e boro para soja-perene: características anatômicas e agronômicas e concentração de nutrientes**. 2008. 103f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

MANGENA, P. Water stress: morphological and anatomical changes in soybean (*Glycine max* L.) plants. In: ANDJELKOVIC, V. (Editor). **Plant, Abiotic Stress and Responses to Climate Change**, London: IntechOpen, 2018. p. 9-31.

MARSCHNER, P. **Mineral Nutrition of Higher Plants: Third Edition**. 3rd. ed. [s.l.] Elsevier Inc., 2011.

MEDEIROS, J. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, Á. L.; DALLA ROSA, J.; COLPO GATIBONI, L. Relação cálcio: magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico Álico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 4, 2008.

MENDES, A. L. A.; SENÔ, K. C. A.; OLIVEIRA, R. C. Influência do complexo bacteriano em tratamento de sementes no desempenho agrônômico da soja (*Glycine max*) em condições de campo. **Nucleus**, Ituverava, v. 15, n. 1, p. 533-538, 2018.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja - Fatores que Afetam Crescimento e Rendimento de Grãos**. Porto Alegre: Envagraf, 2005.

MUSSKOPF, C.; BIER, V. A. Efeito da aplicação de fertilizante mineral cálcio e boro via foliar na cultura da soja (*Glycine max*). **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 3, n. 4, p. 83-91, 2010.

NARWAL, R. P.; KUMAR, V.; SINGH, J. P. Potassium and magnesium relationship in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Plant and Soil**, v. 86, n. 1, p. 129–134, fev. 1985.

NASCIMENTO, R.; DEUNER, S.; FERREIRA, L. S.; BADINELLI, P. G.; KERBER, R. S. Crescimento e teores de clorofila e carotenóides em três cultivares de soja em função da adubação com magnésio. **Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 3, 2009.

NOETZOLD, R.; ALVES, M.A.; GOUSSAIN JÚNIOR, M. M.; GOUSSAIN, R. C. S. Variabilidade espacial da eficiência do uso de potássio e fósforo na cultura da soja. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 6, p. 529-541, 2019.

OLIVEIRA JUNIOR, A.; CASTRO, C.; OLIVEIRA F. A.; JORDÃO, L. A. **Adubação potássica na soja: cuidados no balanço de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2013. (Informações Agronômicas, 143).

PEREIRA, C. S.; FREITAS, A. A.; CHAPLA, M. V.; LANGE, A. Doses de potássio com a presença de enxofre na cultura da soja. **Global science and technology**, v. 9, n. 1, 2016.

PEREIRA, R. M.; SILVA, H. B. R.; OLIVEIRA, H. M. S.; RIBEIRO, D. O.; TOMÁZ, R. G.; SILVA, G. P.; SILVA, A. J. Comparação de cultivares de soja no Sudoeste Goiano em resposta à aplicação de diferentes doses de Cloreto de Potássio. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 4132-4144, 2021.

PIRES, M. J. S.; RAMOS, P. Implicações do processo de modernização na estrutura e nas atividades agropecuárias da região centro-sul do estado de Goiás. **Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**, 2009.

POLLNOW, H. E., PIMENTEL, J. R., TROYJACK, C., PETER, M., MEDEIROS, L. B., PETER, M. Manejo da adubação de base em soja no Noroeste do Rio Grande do Sul. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 913-923, 2020.

REIS, D. S.; MACHADO, A. S.; OLIVEIRA, H. P.; BUSO, W. H. D. Revisão: efeito da adubação potássica na cultura do milheto. **Colloquium Agrariae**, v. 13, p. 444-449, 2017.

SANTOS, R.; VARGAS, G. R. Efeito da adubação potássica na produtividade da soja. **Revista Exatas Terra**, Ponta Grossa, 2014.

SANTOS, M. dos; CERUTTI, P. H.; WILLE, C. L. Adubação foliar com boro em sistema de plantio direto na cultura da soja. **Revista Científica Rural**, Bagé-RS, v. 21, n. 1, p. 1-12, 2019.

SFREDO, Gedi Jorge. **Soja no Brasil: Calagem, Adubação e Nutrição Mineral**. Londrina: Embrapa Soja, 2008.

SILVA, E. B. et al. A expansão da fronteira agrícola e a mudança de uso e cobertura da terra no centro-sul de Goiás, entre 1975 e 2010. **Ateliê Geográfico**, Goiânia-GO, v. 7, n. 2, p. 116-138, ago. 2013.

SILVA, D.C.E.; JUNIOR, S.S.H.; SILVA, S.C.; SANTOS, T.C.; PELÁ, A. Nutrição com boro na soja em função da disponibilidade de água no solo. **Revista Ciencia Agrária**, Curitiba, v.18, n.4, p.155-165, out./dez. 2017.

SINGH, G. **The Soybean**: Botany, Production and Uses. Wallingford, UK: CABI, 2010.

TANWAR, B., GOYAL, A. OILSE, ds: Health Attributes and Food Applications. **Springer**, 2021.

TOLLER, M.; PELUZIO, J. M.; REINA, E.; LIMA, M. D.; HACKENHAAR, C.; HACKENHAAR, N. Adubação potássica e época de semeadura em soja para a produção de etanol. **Revista Agrogeoambiental**, v. 10, n. 2, 2018.

USHERWOOD, N.R. Potassium interactions and balanced plant nutrition. **Better Crops With Food**, Atlanta, v.77, n.1, p.26-27, 1994.

VARANDA, M. A. F.; MENEGON, M. Z.; NASCIMENTO, V. L.; CAPONE, A.; BARROS, H. B. Efeitos da aplicação foliar de boro na produtividade de soja na várzea irrigada. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v.11, n.2, p.15-22, 2018.

VILELA, L.; SOUZA, D. M. G.; MARTHA JUNIOR, G. B. Adubação potássica e com micronutrientes. In: MARTHA JUNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUZA, D. M. G. **Cerrados: Uso Eficiente de Corretivos e Fertilizantes em Pastagens**. Planaltina: Embrapa, 2007. p. 179-188.

VITTI, G. C.; TREVISAN, W. **Manejo de macro e micronutrientes para alta produtividade da soja**. 2000. (Encarte técnico: Informações agronômicas nº 90).

ZUFFO, A. M. et al. Morpho agronomic and productive traits of RR® soybean due to inoculation via *Azospirillum brasilense* groove. **African Journal of Microbiology Research**. v. 10, n.13, p. 438-444, 2016.

WIEND, T. Magnésio nos solos e nas plantas. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 117, p. 19-21, 2007.

CAPÍTULO 1

RESUMO

NITRATO DE POTÁSSIO NO ENCHIMENTO DE GRÃOS DA SOJA

O potássio (K) apresenta diversas funções vitais para o metabolismo da soja, tornando-se assim, o segundo nutriente mais requisitado pela cultura. Dentre algumas das principais funções do macronutriente, está a translocação de fotoassimilados e em sua capacidade de aumento nos teores de carboidratos dos grãos, diretamente envolvidas no ganho direto da produtividade. Sendo assim, o trabalho proposto, teve o intuito de avaliar uma curva dose resposta de nitrato de potássio, com aplicação de doses crescentes realizada no estágio reprodutivo R5.1, pelo comportamento do K, na massa e na produtividade de grãos da cultura da soja. O ensaio foi conduzido, em quatro diferentes regiões e com 6 variedades de soja, realizados nas cidades de: Rio Verde – GO (FOCO IPRO e DM73i75), Cristalina – GO (Desafio e Olimpo), Planaltina – DF (RK6316) e Jaborandi – BA (M8349). O trabalho consistiu na utilização de doses crescentes de nitrato de potássio (KNO_3) nas concentrações de 0, 800; 1.600; 2.400 e 3.200 g ha^{-1} do nutriente K. Para a mensuração dos resultados foram realizadas as seguintes avaliações; massa de 1000 grãos (MMG) corrigido a 13% de umidade (g); produtividade de grãos corrigida a 13% (kg ha^{-1}). Os tratamentos foram submetidos a ANAVA e teste de médias Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando o fatorial 2 x 5 sendo duas variedades e 5 doses de nitrato de potássio, para as localidades de Rio Verde e Cristalina. Nas localidades Planaltina e Jaborandi utilizou-se delineamento em blocos casualizados simples, pois foram testadas apenas uma variedade em cada local. Quando houve significância para as doses de K, aplicou-se teste de regressão polinomial ou linear. As variedades e as localidades apresentaram diferentes comportamentos com a aplicação de KNO_3 , sendo que a variedade DM73i75 apresentou maior MMG e incremento na produtividade de grãos com maior resposta na dose de 7,5 kg ha^{-1} de nitrato de potássio. Nas duas variedades na região de Cristalina- GO, não foram observadas diferenças na MMG, porém na produtividade observou-se uma resposta linear com a aplicação do produto. Em Jaborandi – BA, também não foi observada diferença na MMG, porém ocorreu uma curva resposta, sendo a dose de 6 kg ha^{-1} de KNO_3 com maior incremento na produtividade. Na variedade RK6316 não foi observou-se diferença na massa de grãos e na produtividade final com a utilização do nutriente.

Palavras-chave: *Glycine max*, KNO_3 , massa e produtividade de grãos.

CHAPTER 1

ABSTRACT

POTASSIUM NITRATE IN SOYBEAN GRAIN FILLING

Potassium (K) has several vital functions for soybean metabolism, thus becoming the second most demanded nutrient by culture. Among some of the main functions of the macronutrient, among them in the translocation of photoassimilates and in their ability to increase the carbohydrate contents of the grains, directly involved in the direct gain of productivity. Thus, the proposed work aims to evaluate a dose curve response of potassium nitrate with application of increasing doses performed at the reproductive stage R5.1, aiming to evaluate the behavior of K in grain mass and grain yield of soybean crop. The test was conducted in four different regions and with six soybean varieties, carried out in the countries of Rio Verde - GO (FOCO IPRO and DM73i75), Cristalina - GO (Desafio and Olimpo), Planaltina - DF (RK6316) and Jaborandi - BA (M8349). The work consisted of the use of increasing doses of potassium nitrate (KNO_3) at concentrations of 0,800; 1,600; 2,400 and 3,200 g ha^{-1} of nutrient K. For the measurement of the results, the following evaluations were performed; 100 0 grain mass (MMG) corrected at 13% humidity (g); grain yield corrected at 13% (kg ha^{-1}). The treatments were submitted to ANAVA with the Scott-Knott test at 5% probability. The varieties and localities showed different behaviors with the application of KNO_3 , and the variety DM73i75 showed higher MMG and increase in grain yield with higher response at the dose of 7.5 kg ha^{-1} of potassium nitrate. In the two varieties in the Region of Cristalina-GO, no differences were observed in the MMG, but in productivity a linear response was observed with the application of the product. In Jaborandi – BA, there was also no difference in MMG, but there was a response curve, and the dose of 6 kg ha^{-1} of KNO_3 was greater increase in productivity. In the variety RK6316, no difference was observed in grain mass and final yield with the use of the nutrient.

Keywords: *Glycine max*, KNO_3 , grain mass and yield.

1.1. INTRODUÇÃO

O potássio (K), é absorvido em sua forma iônica K^+ , apresentando alta mobilidade dentro e fora das células vegetais, é um elemento essencial, pois participa de vários processos fisiológicos que influenciam o crescimento e a produtividade vegetal (TAIZ et al., 2017; CAVALCANTE et al., 2019). Esse nutriente atua na regulação da abertura dos estômatos, controlando a transpiração e evitando a perda excessiva de água, bem como o aporte de CO_2 essencial para fotossíntese (ZORB; SEBAYRAM; PEITE, 2014; CAVALCANTE et al., 2018) regulação da turgidez das células vegetais (COPPO, 2017), participação na translocação de metais pesados (TAKASU et al., 2014), e na resposta ao estresse salino, reduzindo a absorção de sódio e aumentando a absorção de outros cátions, como cálcio (EZEQUIÉL, 2022).

O K na cultura da soja é o segundo macronutriente que mais é exigido na formação do grão e desenvolvimento vegetativo, morfológico e fisiológico (TAIZ et al., 2017). Na maioria das cultivares, o K é o nutriente mais acumulado e participa diretamente de processos como: fotossíntese e transporte de assimilados (WANG et al., 2015) e dada sua importância Rosa, (2021), destaca a necessidade de avaliar a longo prazo o manejo de adubação potássica, especialmente para analisar o desempenho das culturas em relação a diminuições de K no solo.

A adubação foliar com nitrato de potássio (KNO_3) pode aumentar o teor do nutriente na folha e a maior mobilidade do K^+ na planta entra como resposta imediata para suprir a demanda da cultura (EZEQUIÉL, 2022). A deficiência deste mineral expressa alterações visíveis nas folhas mais velhas (BIDIN, 2022). Segundo Sfredo e Borkert (2004), a deficiência de K causa: clorose internerval, evoluindo para necrose das bordas e ápice das folhas, ficando com aspecto de queimado pôr fogo ou danos causados por herbicidas.

A cada tonelada de soja é necessário cerca de 48 kg ha^{-1} de K_2O e segundo dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), o KNO_3 apresenta uma composição de 13% de N e 44% de K, com algumas variações entre os fabricantes.

Os benefícios da adubação potássica dependem da fonte de origem, doses e modo de aplicação dos adubos potássicos (FRANCO et al., 2021). Em estudo realizado por Caovilla et al., (2005), o nitrato apresentou maior mobilidade no solo pelo processo de lixiviação.

Com o exposto, objetivou-se avaliar aplicação foliar de KNO_3 no enchimento de grãos na cultura da soja como auxiliar no incremento da produtividade de grãos.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois ensaios: O ensaio 1 foi conduzido em 4 localidades (Cristalina, Planaltina, Jaborandi e Rio Verde) no período da safra 2021/2022, na qual as descrições de cada área apresenta-se a seguir:

Em Rio Verde – GO, o experimento foi conduzido no Centro de inovação e Tecnologia – CIT GAPES, instalado nos pontos de coordenadas latitude de 17°52'6,57"S e longitude de 50°55'37,94"O, à 735 metros de altitude. No talhão predominou-se solo de textura argilosa conforme a análise de solo, feita previamente a aplicação dos tratamentos, apresentada na tabela 2.

Tabela 2. Análise química e física do solo da área experimental em Rio Verde - GO.

Tabela 2: Análise química e física do solo da área experimental em Rio Verde - GO.									
Prof.	pH	M.O.	C Orgânico	P Mehlich	m	V	CTC efetiva	CTC potencial	
<i>Cm</i>	<i>CaCl₂</i>	-----	<i>g.dm⁻³</i> -----	<i>mg.dm⁻³</i>	-----	% -----	-----	<i>cmol_c.dm⁻³</i> -----	
							-		
0-20	4,80	18,10	10,50	2,40	7,60	30,5	2,10	6,40	
20-40	4,70	16,20	9,40	3,60	8,30	25,0	1,80	6,60	
Prof.	S	K	Ca	Mg	Al	H+Al	Cu	Fe	
<i>(cm)</i>	<i>mg.dm⁻³</i>	----- <i>cmol_c.dm⁻³</i> -----					----- <i>mg.dm⁻³</i> -----		

0-20	35,50	0,08	1,55	0,32	0,16	4,50	2,00	33,00	
20-40	79,10	0,09	1,20	0,36	0,15	4,90	2,60	50,00	
Prof.	Mn	Zn	K	Ca	Mg		Argila	Silte	Areia
<i>(cm)</i>	----- <i>mg.dm⁻³</i> ---		----- % -----			Ca/K	Mg/K	----- <i>g.kg⁻¹</i> -----	

0-20	13,20	0,70	1,20	24,20	5,00	19,40	4,00	420	70
20-40	27,8	0,50	1,40	18,20	5,50	13,30	4,00		510

A área experimental foi corrigida com 3,3 Mg ha⁻¹ de calcário, 200 kg ha⁻¹ de MAP, 200 kg ha⁻¹ de KCl e 10 kg ha⁻¹ de octaborato de sódio.

O plantio da cultura na região de Rio Verde - GO foi realizado no sistema de plantio direto (SPD), feita com 2 variedades de ciclo médio, FOCO IPRO e DM 73i75 em 15/10/2021, no espaçamento de 0,5 m, com emergência observada em 19/10/2021 e a colheita realizada em 24/02/2022. Os tratos culturais foram executados de acordo com os recomendados para a cultura, procedendo-se o controle de pragas e doenças, sem deixar que estes influenciassem no desenvolvimento da cultura.

Em Planaltina – DF, o experimento foi conduzido na estação de pesquisa da EMBRAPA Cerrados, localizada nos pontos de coordenadas latitude 15°36'5,42"S e longitude de

47°42'31,31"O. No talhão predominou-se um solo de textura argilosa, conforme apresentado na tabela 3, na qual recebeu todos os tratos culturais e adubações conforme recomendação antes da condução do experimento.

Tabela 3. Análise química e física do solo da área experimental em Planaltina – DF, na profundidade de 0-20 cm.

pH	M.O.	C Orgânico	P Mehlich	m	V	CTC efetiva	CTC potencial
<i>CaCl₂</i>	----- <i>g.dm⁻³</i> -----		<i>mg.dm⁻³</i>	----- % -----		----- <i>cmol_c.dm⁻³</i> -----	
4,48	28,00	10,50	30,8	6,91	46,15	2,02	4,38
S	K	Ca	Mg	Al	H+Al	Cu	Fe
<i>mg.dm⁻³</i>	----- <i>mg.dm⁻³</i> -----		<i>cmol_c.dm⁻³</i>	----- <i>cmol_c.dm⁻³</i> -----		----- <i>mg.dm⁻³</i> -----	
8,43	0,17	1,3	0,55	0,15	2,36	0,1	11,75
Mn	Zn	Argila	Silte	Areia			
----- <i>mg.dm⁻³</i> ---		----- <i>g.kg⁻¹</i> -----					
0,43	0,15	490	148,75	361,25			

O plantio da cultura na região de Planaltina - DF foi realizado no sistema de plantio direto (SPD), com a variedade de ciclo médio RK6316, em 15/12/2021, no espaçamento de 0,5 m, com emergência observada em 19/12/2021 e colheita realizada em 05/04/2022. Os tratos culturais foram realizados de acordo com os recomendados para a cultura, procedendo-se o controle de pragas e doenças sem deixar que estes influenciassem no desenvolvimento da cultura.

Em Jaborandi – BA, o experimento foi conduzido na fazenda São Miguel pertencente ao grupo Zancanaro, localizada nos pontos de coordenadas latitude 14°34'36,14"S e longitude de 45°51'28,24"O. A análise de solo da área está apresentada na tabela 4, em que o talhão trabalhado recebeu todos os tratos culturais e adubações conforme recomendação para a cultura.

Tabela 4. Análise química e física do solo da área experimental em Jaborandi - BA.

Prof.	pH	M.O.	C org	P Mel	M	V	CTC efetiva	CTC potencial
<i>Cm</i>	<i>CaCl₂</i>	----- <i>g.dm⁻³</i> -----		<i>mg dm⁻³</i>	----- % -----		----- <i>cmol_c.dm⁻³</i> -----	
0-20	6,06	13,9	12,50	313,7	0,00	54,48	2,32	4,24
20-40	4,93	9,90	9,40	253,56	0,06	32,06	1,06	3,30
Prof.	S	K	Ca	Mg	Al	H+Al	Cu	Fe
<i>(cm)</i>	<i>ppm</i>			<i>cmol_c.dm⁻³</i>			----- <i>mg.dm⁻³</i> -----	
0-20	9,03	0,10	1,42	0,80	0,10	1,92	2,55	19,49
20-40	6,13	0,10	0,68	0,28	0,60	2,23	2,21	28,05
Prof.	Mn	Zn						
<i>(cm)</i>	----- <i>mg.dm⁻³</i> -----							
0-20	9,29	0,68						
20-40	4,22	0,19						

O plantio da cultura na região de Jaborandi - BA foi realizado no sistema de plantio direto (SPD), feita com a variedade M8349 de ciclo médio, em 13/12/2021, no espaçamento de 0,5 m, com emergência observada em 18/12/2021 e colheita realizada em 01/04/2022. Os tratos culturais foram realizados de acordo com os recomendados para a cultura, procedendo-se o controle de pragas e doenças sem deixar que estas influenciassem no desenvolvimento da cultura.

Em Cristalina – GO, o experimento foi conduzido na fazenda Matão, localizada nos pontos de coordenadas latitude 16°15'12.73"S e longitude de 47°30'4,28"O. O talhão em que se foi realizado e conduzido o trabalho recebeu todos os tratos culturais e adubações conforme recomendação antes da condução do experimento. Na tabela 5 é possível observar a análise do solo da área.

Tabela 5. Análise química e física do solo da área experimental Cristalina - GO.

Prof.	pH	M.O.	C Org	P Mehlich	m	V	CTC efetiva	CTC potencial
<i>Cm</i>	<i>CaCl₂</i>	----- <i>g.dm⁻³</i> -----		<i>mg.dm⁻³</i>	----- % -----		----- <i>cmol_c.dm⁻³</i> -----	
0-20	5,29	2,95	9,89	12,11	1,14	31,68	2,43	7,67
20-40	4,91	2,38	8,60	1,63	4,69	17,61	1,08	6,15
Prof.	S	K	Ca	Mg	Al	H+Al	Cu	Fe
<i>(cm)</i>	<i>cmol_c.dm⁻³</i>			<i>cmol_c.dm⁻³</i>			----- <i>mg.dm⁻³</i> -----	
0-20	32,88	0,22	1,66	0,55	0,03	5,24	2,28	28,92
20-40	122,07	0,13	0,65	0,30	0,05	5,07	1,94	30,05
Prof.	Mn	Zn						
<i>(cm)</i>	----- <i>mg.dm⁻³</i> -----							
0-20	22,59	5,89						
20-40	8,50	0,76						

O plantio da cultura na região de Cristalina - GO foi realizado no sistema de plantio direto (SPD), feita com 2 variedades de ciclo médio, DESAFIO e OLIMPO em 17/11/2021, no espaçamento de 0,5 m, com emergência observada em 21/11/2021 e colheita realizada em 09/03/2022. Os tratos culturais foram realizados de acordo com os recomendados para a cultura, procedendo-se o controle de pragas e doenças sem deixar que estas influenciassem no desenvolvimento da cultura.

Os tratamentos testados neste ensaio em cada uma das regiões foram concentrações de K correspondentes as doses do produto KNO_3 (Tabela 6).

Tabela 6. Tratamentos correspondentes as concentrações de K e as doses de KNO_3 utilizadas no ensaio 1.

Trat	Fonte	Dose (kg ha^{-1})	
		Dose K	Nutriente
1	Testemunha	-	-
2	Nitrato de potássio (KNO_3)	1,82	0,8 de K + 0,22 de N
3	Nitrato de potássio (KNO_3)	3,64	1,6 de K + 0,44 de N
4	Nitrato de potássio (KNO_3)	5,46	2,4 de K + 0,66 de N
5	Nitrato de potássio (KNO_3)	7,28	3,2 de K + 0,88 de N

Quanto à aplicação destes produtos utilizou-se o pulverizador costal a base de CO_2 , munido de pontas XR110.015, mantido à pressão de trabalho de 35 lb.pol^{-2} , resultando em volume de calda equivalente a 150 L. ha^{-1} com aplicação realizada no estágio R5.1 do ciclo da cultura.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com 5 tratamentos e 4 repetições. Assim, em cada experimento foi conduzido um total de 20 parcelas com 4 metros de largura, sendo que destes 4 metros utilizados nos locais que possuíam mais de 1 variedade, 2 metros para cada variedade avaliada, com comprimento de 6 metros, totalizando 24 m^2 por parcela e 480 m^2 de área útil de experimento por região.

As avaliações realizadas para verificação do efeito dos tratamentos sobre os caracteres reprodutivos, foram: massa de mil grãos (MMG), produtividade final de grãos em kg ha^{-1} com umidade corrigida para 13%.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knot, com significância de 5%, utilizou-se o software SISVAR (FERREIRA, 2000). Utilizou-se o fatorial 2×5 sendo duas variedades e 5 doses de KNO_3 para as localidades de Rio Verde e Cristalina. Nas localidades de Planaltina e Jaborandi utilizou-se delineamento em blocos casualizados simples, pois foram testadas apenas uma variedade em cada local. Quando houve significância para as doses de K, aplicou-se teste de regressão polinomial ou linear.

1.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliando-se a produtividade e a massa de mil grãos de soja, em função da aplicação de KNO_3 via foliar em R5.1, verificou-se a diferença significativa entre as cultivares testadas na região de Rio Verde (Tabela 7). A produtividade média de grãos da variedade DM73i75 foi significativamente superior em relação à variedade FOCO nesta localidade, com incremento na produtividade de $364,6 \text{ kg ha}^{-1}$ e $29,31 \text{ g}$ na massa de mil grãos de soja.

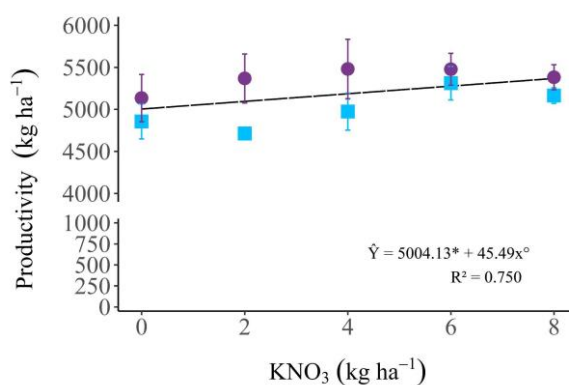
Tabela 7. Valores médios para produtividade e massa de mil grãos cultura da soja no estágio reprodutivo R5.1 para as cultivares Foco e DM7375 em Rio Verde - GO. Safra 2021/2022.

Produtividade de grãos (kg ha^{-1})		Massa de mil grãos (g)	
Foco	DM73i75	Foco	DM73i75
$5003,81 \pm 170,09 \text{ B}$	$5368,38 \pm 213,07 \text{ A}$	$170,01 \pm 5,01 \text{ B}$	$199,32 \pm 4,90 \text{ A}$

GL = Grau de liberdade; QM = Quadrado médio; **, *, ° e ns significativo a 1%, 5%, 10% e não significativo, respectivamente, pelo teste F. *P valor* = grau de significância pelo teste F.

Ao realizar a análise de regressão da produtividade de grãos de soja, em função da aplicação crescente de doses de KNO_3 via foliar, verificou-se que o modelo linear apresentou ajuste adequado (Figura 1). Por meio deste modelo, verificou-se o incremento médio de $45,49 \text{ kg}$ de grãos de soja a cada 1 kg de KNO_3 aplicado, até a dose de 8 kg ha^{-1} . Nesta dose, obteve-se uma produtividade de $5.368,05 \text{ kg ha}^{-1}$ de grãos de soja, enquanto que sem a aplicação deste fertilizante a produtividade foi de $5004,13 \text{ kg ha}^{-1}$, segundo o modelo de regressão linear.

(a)



(b)

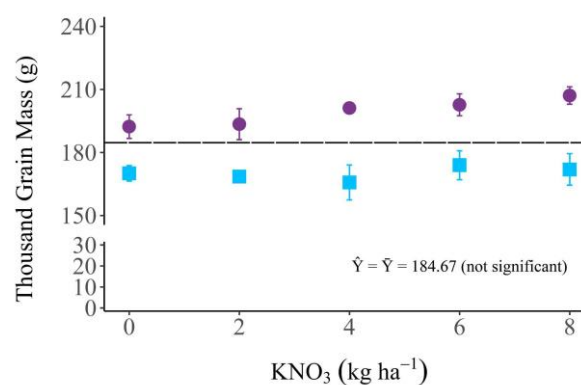


Figura 1. Produtividade média (a) e massa de mil grãos (b) de soja em função da aplicação de doses crescentes de KNO_3 via foliar no estágio reprodutivo R5.1. Experimento realizado em Rio Verde- GO na safra 2021/2022. Quadrados e círculos representam os valores médios das cultivares Foco e DM73i75, respectivamente.

* e °: parâmetros significativos a 5% e 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t. As barras verticais representam o erro padrão da média.

No experimento realizado em Cristalina - GO, verificou-se efeito significativo apenas para o fator isolado cultivares. A cultivar Olimpo obteve maior produtividade, enquanto que a maior massa de mil grãos foi alcançada pela cultivar Desafio (Tabela 8).

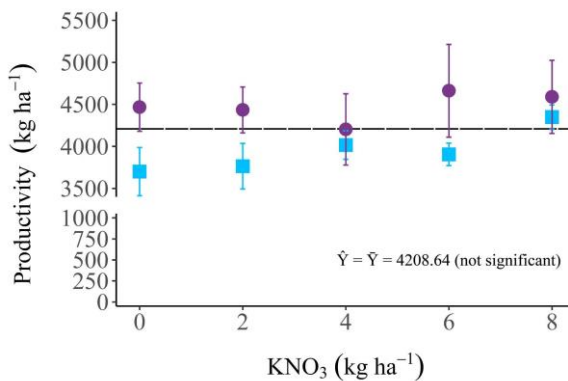
Tabela 8. Valores médios para produtividade e massa de mil grãos cultura da soja no estágio reprodutivo R5.1 para as variedades.

Produtividade de grãos (kg ha^{-1})		Massa de mil grãos (g)	
Olimpo	Desafio	Olimpo	Desafio
$4774,87 \pm 371,02$ A	$3865,97 \pm 221,47$ B	$153,38 \pm 3,13$ B	$179,11 \pm 3,89$ A

GL = Grau de liberdade; QM = Quadrado médio; CV = Coeficiente de variação. **, * e ^{ns} significativo a 1, a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F. *P valor* = grau de significância pelo teste F.

Não houve influência da aplicação via foliar de KNO_3 sobre as variáveis analisadas. O valor médio de produtividade de grãos obtido pelas diferentes doses quanto a produtividade foi de $4208,64 \text{ kg ha}^{-1}$ e de $166,67 \text{ g}$ quanto a massa de mil grãos (Figura 2).

(a)



(b)

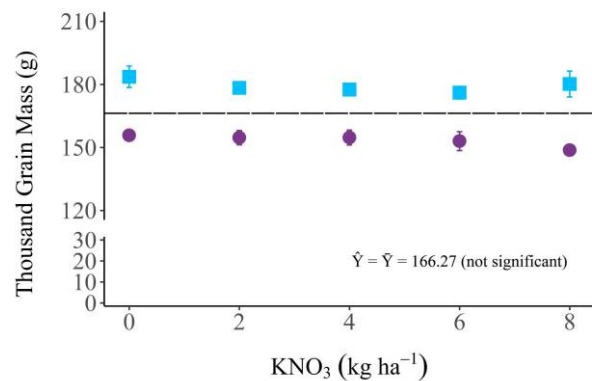


Figura 2. Produtividade média (a) e massa de mil grãos (b) de soja em função da aplicação de doses crescentes de KNO₃ via foliar no estágio reprodutivo R5.1. Experimento realizado em Cristalina - GO na safra 2021/2022. Quadrados e círculos representam os valores médios das cultivares Desafio e Olimpo, respectivamente. As barras verticais representam o erro padrão da média.

A análise de variância dos dados obtidos do experimento de Planaltina - DF indicaram não haver influência da aplicação de KNO₃ via foliar sobre a produtividade da cultivar RK6316 (Tabela 9). Entretanto, a massa de mil grãos foi influenciada pelas doses do fertilizante mencionado. Todavia, embora a análise de variância tenha indicado diferença significativa entre as doses de KNO₃ quanto a massa de mil grãos, os modelos de regressão empregados não proporcionaram ajustes adequados (Figura 3).

Tabela 9. Valores médios para produtividade e massa de mil grãos cultura da soja no estágio reprodutivo R5.1 para a cultivar RK6316 em Planaltina - DF. Safra 2021/2022.

Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	Massa de mil grãos (g)
4471,02 ± 371,02	149,26 ± 1,88

GL = Grau de liberdade; QM = Quadrado médio; CV = Coeficiente de variação. **, * e ^{ns} significativo a 1 e 5%, não significativo, respectivamente, pelo teste F. *P valor* = grau de significância pelo teste F.

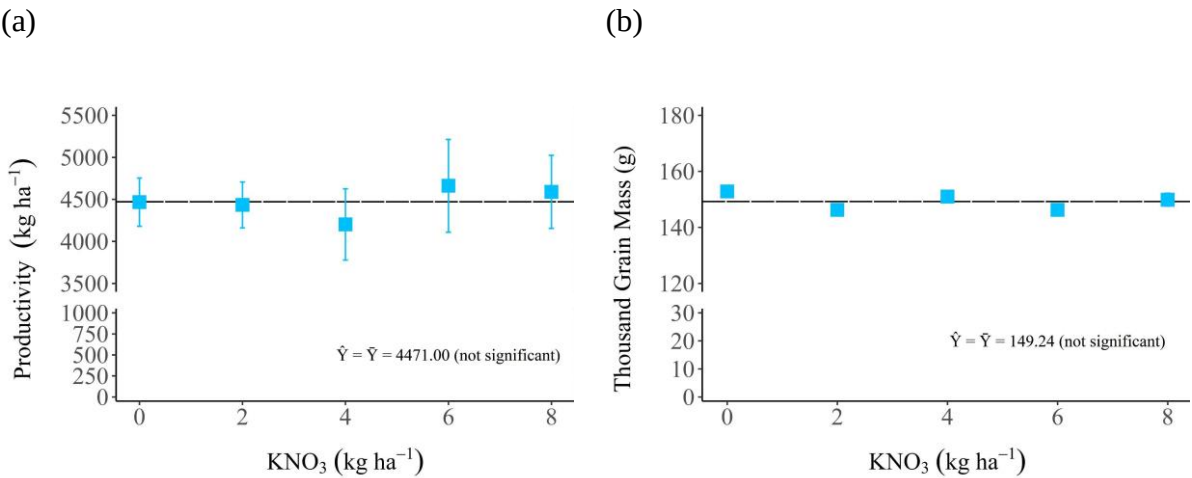


Figura 3. Produtividade (a) e massa de mil grãos (b) de soja em função da aplicação de doses crescentes de KNO_3 aplicadas via foliar no estágio reprodutivo R5.1 na variedade RK6316. Experimento realizado em Planaltina, DF na safra 2021/2022.

Por meio da análise de variância da produtividade e da massa de mil grãos da soja, verificou-se que, a aplicação de doses crescentes de KNO_3 via foliar na variedade M8349 não apresentou influência significativa sobre as variáveis citadas (Tabela 10 e Figura 4).

Tabela 10. Valores médios para produtividade e massa de mil grãos cultura da soja no estágio reprodutivo R5.1 para a cultivar M8349 em Jaborandi - BA. Safra 2021/2022.

Produtividade de grãos (kg ha^{-1})	Massa de mil grãos (g)
$5331,86 \pm 235,45$	$101,75 \pm 2,53$

FV = Fonte de variação; GL = Grau de liberdade; QM = Quadrado médio; CV = Coeficiente de variação. * significativo a 1% pelo teste F. *P valor* = grau de significância pelo teste F.

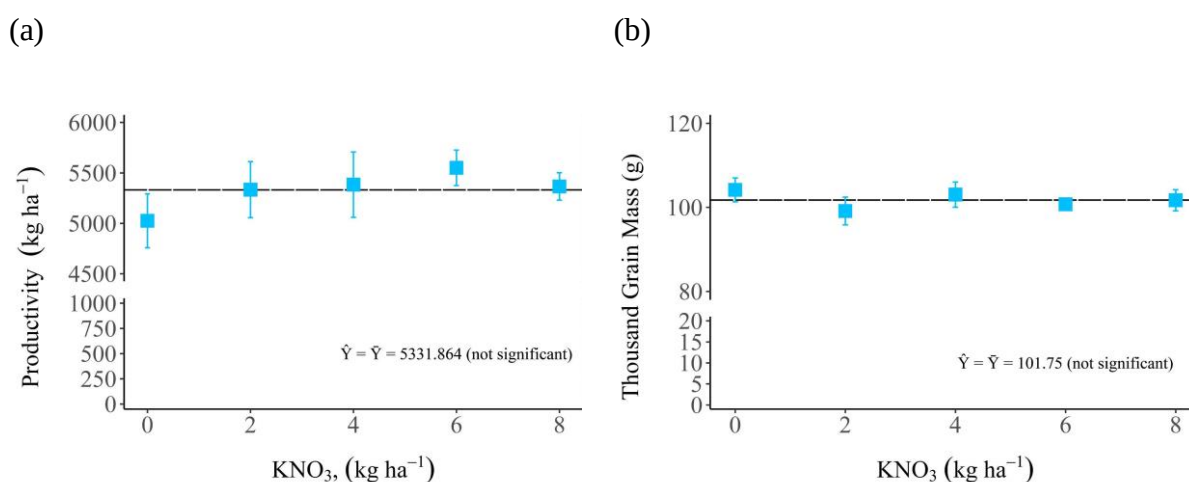


Figura 4. Produtividade (a) e massa de mil grãos (b) de soja com aplicação de doses de KNO_3 via foliar no estágio reprodutivo R5.1 para a variedade M8349 em Jaborandi, DF. Safra 2021/2022.

Avaliando-se a produtividade de grãos e a massa de mil grãos de soja com aplicação de KNO_3 via foliar em R5.1 verificou-se que houve efeito significativo entre as variedades testadas na região de Rio Verde (Tabela 11).

Tabela 11. Resultados parciais da análise estatística para a aplicação de doses de KNO_3 via foliar na cultura da soja no estágio reprodutivo R5.1 para as variedades Foco e DM73i75 em Rio Verde, Rio Verde, GO. Safra 2021/2022.

FV	GL	Produtividade		MMG	
		QM	P value	QM	P value
Bloco	3	623293	0,0017	118,853	0,3128
Variedade	1	1329098*	0,0009	8590,76*	0,0000
Dose	4	220770	0,0,081	128,258	0,2794
Variedade * Dose	4	86477	0,4691	70,809	0,5718
Erro	39	94452		95,440	
CV	%	5,93			5,29
Média	kg ha ⁻¹	5186,1			184,66

FV = Fonte de variação; GL = Grau de liberdade; QM = Quadrado médio; CV = Coeficiente de variação. * significativo a 1% pelo teste F. P value = grau de significância pelo teste F.

Segundo Gabriel et al., (2016), esse resultado é um reflexo da ação rápida da adubação foliar de nitrato de potássio e a absorção, translocação bem como, poder de ação de dose resposta da soja que pode ser dependente da variedade.

A produtividade média de grãos apresentou-se superior na variedade DM73i75 em relação a variedade FOCO na região de Rio Verde, com 364,6 kg ha⁻¹ (6 sacas de soja), e a massa de mil grãos de soja um ganho de 29,31 g ha⁻¹, respectivamente a mais em relação a variedade Foco (Tabela 12).

Tabela 12. Produtividade de grãos e massa de mil grãos de soja das variedades Foco e DM73i75 com aplicação de doses de nitrato de potássio via foliar no estágio reprodutivo R5.1 em Rio Verde na Safra 2021/2022.

Doses	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)			Massa de mil grãos (g)		
kg ha ⁻¹	Foco	DM73i75	Média	Foco	DM73i75	Média
0	4856,04 A	5133,99 A	4995,2	170,03 B	192,25 A	181,14
2	4713,61 B	5367,84 A	5040,7	168,50 B	193,45 A	180,98
4	4973,44 B	5480,72 A	5227,1	165,68 B	201,13 A	183,41
6	5312,13 A	5477,28 A	5394,7	173,93 B	202,68 A	188,31
8	5163,83 A	5382,07 A	5273,0	171,90 B	207,08 A	189,49
Média	5003,81 B	5368,38 A	5186,1	170,01 B	199,32 A	184,66

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Avaliando-se as doses testadas de KNO_3 aplicadas via foliar no estágio reprodutivo R5.1, apenas com aplicação das doses 2 e 4 kg ha^{-1} do produto incrementou as produtividades de grãos da variedade DM73i75.

Medeiros et al., (2021), observaram que a adubação antecipada com K pode promover incremento no número de vagens, uma vez que o nutriente atua em diversos processos fisiológicos nos vegetais e dada sua importância níveis adequados de adubação (K^+) reflete de forma positiva na produtividade da cultura seja no momento do plantio ou adubação foliar (SÁNCHEZ BARRENA et al. 2020). Nesse estudo, embora a adubação seja no final do período reprodutivo, houve resposta à aplicação do K, pois a massa de mil grãos foi superior na variedade DM73i75. Segundo Santos, (2022), a adubação com K^+ tem a capacidade de promover ganho na massa de grãos.

1.4. CONCLUSÕES

A adubação com KNO_3 apresentou incremento de forma linear na produtividade de grãos das variedades DM73i75 e FOCO na região de Rio Verde - GO;

Para as outras variedades avaliadas nas demais regiões, foi observado somente diferenças numéricas nas características avaliadas no experimento.

1.5. REFERÊNCIAS

ALVES, C. R.; SILVA, E. C.; BARBARÁ, M. A.; ORTIN, S. M. A. Uso de estimulante e adubo foliar na cultura do milho. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 8, n. 10, p. 1358–1378, 2022.

BIDIN, K. M. de V. **Incremento na concentração do potássio nos tecidos da soja (*Glycine max*) através da aplicação de fertilizante foliar**. 2022. Universidade Federal da Fronteira Sul. Laranjeiras do Sul (PR), 2022.

CAOVILLA, F. A., SAMPAIO, S. C., PEREIRA, J. O., VILAS BOAS, M., GOMES, B. M., FIGUEIRÊDO, A. C. Lixiviação de Nutrientes Provenientes de Águas Residuárias em Colunas de Solo Cultivado com Soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 283-287, 2005.

CAVALCANTE, A.C.P.; CAVALCANTE, L.F.; BERTINO, A.M.P.; CAVALCANTE, A.G.; LIMA, A.J.D.; FERREIRA, N.M. Adubação com potássio e cálcio na nutrição e produção de goiabeira 'Paluma'. **Revista Ceres**, v. 66, p. 54-62, 2019.

CAVALCANTE, A.C.P.; CAVALCANTE, L.F.; CAVALCANTE, A.G.; BERTINO, A.M.P.; BERTINO, A.M.P.; FERREIRA, N.M. Physiology of Paluma guava plants fertilized with potassium and calcium. **Idesia**, v. 36, p. 163-172, 2018.

EZEQUIÉL, T. T. A. **Desenvolvimento do lúpulo (*humulus lupulus* L.) influenciado por adubação potássica e kali muriaticum em Pedras Grandes/SC**. 2022. 54f. TCC (Graduação em Agronomia) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2022.

EMBRAPA. **Série Desafios do Agronegócio Brasileiro** (NT1). Brasília: Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/0/COMPLEXO+SOJA+-+Caracterização+e+Desafios+Tecnológicos/709e1453-e409-4ef7-374c-4743ab3bdcd6>. Acesso em: 20 fev. 2023.

FRANCO, M.F.S. et al. Produção de beterraba de mesa (*Beta vulgaris*) em função de fontes e doses de potássio Production of table beets (*Beta vulgaris*) in function of potassium sources and doses. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 9, p. 89696-89710, 2021.

GABRIEL, S. G.; BUENO, A. C.; SANTOS, R. F. Resposta da soja (*Glycine max* L.) à duas diferentes fontes de potássio. **Revista UNINGÁ Review**, Paraná, v. 25, n. 1, p. 5-9, 2016.

GALBARDI, G. L. S.; SIMONETTI, A. P. M. M. Adubação nitrogenada via foliar realizada em diferentes épocas na cultura da soja. **Cultivando o Saber**, v. 12, n. 4, p. 87-94, 2019.

MANTOVANI, A.; RIBEIRO, F. J.; VEIGA, M.; ZILIO, M.; FELICIO, T. P. Métodos de aplicação de potássio na soja em nitossolo vermelho. **Unoesc & Ciência**, v. 8, n. 2, p. 169-176, 2017.

MEDEIROS, D.S, DE.; SANCHOTENE, D.M.; RAMOS, C.G.; OLIVEIRA, L.F.S.; KAUTZAMANN, R, M. Soybean crops cultivated with dacite rock by-product: A proof of a cleaner technology to soil remineralization. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, 2021.

MEDEIROS, L.B.; AISENBERG, G.R.; PETER, M.; ROLIM, J.M.; AUMONDE, T.Z.; PEDÓ, T. Nitrogênio em soja: Qualidade fisiológica das sementes. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 120, n. 1, p. 4, 2021.

PEREIRA, R. M.; SILVA, H. B. R.; OLIVEIRA, H. M. S.; RIBEIRO, D. O.; TOMÁZ, R. G.; SILVA, G. P.; SILVA, A. J. Comparação de cultivares de soja no Sudoeste Goiano em resposta à aplicação de diferentes doses de Cloreto de Potássio. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 4132-4144, 2021.

ROSA, P. **Adubação de sistema com fósforo e potássio na sucessão soja/milho em condições de cerrado**. 2021. 38f. TCC (Graduação em Agronomia) – Instituto Federal de Ciência de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2021

SÁNCHEZ BARRENA, M. J.; CHAVES SANJUAN, A.; RADDATZ, N.; MENDOZA, I.; CORTÉS, Á.; GAGO, F.; GONZÁLEZ RUBIO, J.M.; BENAVENTE, J.L.; QUINTERO, F.J.; PARDO, J.M.; ALBERT, A. Recognition and activation of the plant Akt1 potassium channel by the kinase CIPK23. **Plant Physiology**, v. 182, p. 2143–2153, 2020.

SANTOS, R. A. **Pó de rocha de nefelina-sienito como fonte potássica: efeitos na soja e nos atributos químicos do solo**. Dissertação (Mestrado Profissional em Bioenergia e Grãos)

– Instituto Federal Goiano, Rio Verde Goiás, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/3175>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2023.

SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M. **Deficiências e toxicidades de nutrientes em plantas de soja**. CNPSo, 2004.

TAGLIEBER, J. C. H. **Integração multi-fonte de dados em mineralizações na porção oeste do Terreno São Gabriel em Caçapava do Sul/RS**. 2022. 214f. TCC (Graduação em Geologia) – Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2022.

TAIZ, L; ZEIGER, E; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TAKASU, A. T.; HAGA, K. I.; RODRIGUES, R. A. F.; ALVES, C. J. Produtividade da cultura do milho em resposta à adubação potássica. Ilha Solteira, SP. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. v. 13, n. 2, p. 154-161. 2014.

WANG, X.G.; ZHAO, X.H.; JIANG, C.J.; LI, C.H.; SHAN, C.O.N.G.; DI, W.U.; WANG, C.Y. Effects of potassium deficiency on photosynthesis and photoprotection mechanisms in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). **Journal of Integrative Agriculture**, v. 14, n. 5, p. 856-863, 2015.

ZORB, C.; SENBAYRAM, M.; PEITER, E. Potassium in agriculture status and perspectives. **Journal of Plant Physiology**, v. 171, p. 656-669, 2014.

CAPÍTULO 2

RESUMO

FONTES DE NUTRIENTES PARA O ENCHIMENTO DE GRÃOS DA SOJA

A agricultura sojicultura no cenário atual está cada vez mais criteriosa com a manutenção dos nutrientes em seu sistema, principalmente em seu solo. Porém, com a chegada de variedades com potenciais produtivos cada vez mais altos, o manejo nutricional foliar, vêm se mostrando uma opção de auxílio para atingir maiores produtividades, sendo que a etapa reprodutiva é a que apresenta maior demanda de nutrientes para a planta. Com isso, o trabalho proposto, tem o intuito de avaliar diferentes combinações de manejos com os nutrientes potássio (K), magnésio (Mg) e boro (B) com aplicação realizada no estágio reprodutivo R5.1, via foliar objetivando incrementos na massa e na produtividade de grãos da cultura da soja. O ensaio foi conduzido em 4 diferentes regiões e com 6 variedades de soja, realizados nas cidades de: Rio Verde – GO (FOCO IPRO e DM73i75), Cristalina – GO (Desafio e Olimpo), Planaltina – DF (RK6316) e Jaborandi – BA (M8349). O ensaio consistiu na combinação de manejos com K ($1,6 \text{ kg ha}^{-1}$); Mg ($0,9 \text{ kg ha}^{-1}$) e B ($0,11 \text{ kg ha}^{-1}$), visando trabalhar com os nutrientes nas doses de maneira isolada e conjunta. Para a mensuração dos resultados foram realizadas as seguintes avaliações; massa de 1000 grãos corrigido a 13% de umidade (g) e produtividade corrigida a 13% (kg ha^{-1}). Os dados foram submetidos a ANAVA com o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Observou-se que as variedades DM73i75 e Desafio obtiveram maiores respostas ao manejo nutricional apresentando incremento na produtividade final, já as variedades FOCO IPRO, RK6316 e M8349 não apresentaram diferenças com a aplicação das fontes avaliadas com aplicação em R5.1 e como ponto de atenção, a cultivar DESAFIO apresentou decréscimo com a utilização de alguns dos manejos em sua produtividade.

Palavras-chave: *Glycine max*, manejo nutricional, aplicação foliar, produtividade.

CHAPTER 2

ABSTRACT

NUTRIENT SOURCES FOR SOYBEAN GRAIN FILLING

The soybean agriculture in our current scenario is increasingly careful with the maintenance of nutrients in your system, especially in Cerrado soil. However, with the arrival of varieties with increasingly high productive potentials, leaf nutritional management has been shown to be a great option to help to achieve higher yields, and the reproductive stage that presents the greatest demand for nutrients for the plant. Therefore, the proposed work aims to evaluate different combinations of managements with the nutrients potassium (K), magnesium (Mg) and boron (B) with application performed at the reproductive stage R5.1, aiming at increases in grain mass and final productivity of soybean crop. The test was conducted in four different regions and with six soybean varieties, carried out in the cities of Rio Verde - GO (FOCO IPRO and DM73i75), Cristalina - GO (DESAFIO and OLIMPO), Planaltina - DF (RK6316) and Jaborandi - BA (M8349). The assay consisted of combining K managements (1.6 kg ha^{-1}); Mg (0.9 kg ha^{-1}) and B (0.11 kg ha^{-1}), aiming to work with nutrients in doses in isolation and jointly. For the measurement of the results, the following evaluations were performed as 1000 grain mass corrected at 13% moisture (g) and corrected yield at 13% (kg ha^{-1}). The data were submitted to ANAVA with the Scott-Knott test at 5% probability. It was observed that the varieties DM73i75 and Desafio obtained greater responses to nutritional management with an increase in final productivity, while the varieties FOCO IPRO, RK6316 and M8349 did not present differences with the application of the sources evaluated with application in R5.1 and as a point of attention we have the cultivar DESAFIO that presented decrease with the use of some of the managements in its productivity.

Keywords: *Glycine max*, nutritional management, leaf application, productivity.

2.1. INTRODUÇÃO

Em culturas extensivas, como a soja, as exigências nutricionais são em ordem decrescente para: nitrogênio (N), potássio (K) e fósforo (P). É usual a preocupação em realizar boas práticas de adubação focadas somente via solo e para macronutrientes. Porém, as novas variedades e o sistema de produção cada vez mais avançado apresenta altas demandas nutricionais, que são sanadas pela aplicação de macro e micronutrientes na modalidade foliar, como adubação complementar.

Ressalta-se que, a adubação foliar, não substitui total ou parcialmente a quantidade dos nutrientes recomendados para aplicação por ocasião da semeadura na cultura da soja.

O uso da adubação foliar utilizando fertilizantes simples ou contendo multinutrientes, principalmente como fonte, os macronutrientes na cultura da soja tem se intensificado nos últimos anos, devido ao desenvolvimento de variedades com elevado potencial produtivo e com maior exigência nutricional. Além da inexistência de recomendação das quantidades adequadas para cada nutriente na literatura mais atual em função da produtividade ou das variedades cultivadas com expectativa de produtividade acima 4.800 kg ha⁻¹ (SOUZA; LOBATO, 2004).

Normalmente, a adubação foliar para os micronutrientes, cujas exigências nutricionais são em pequenas quantidades, possibilita que a prática da adubação foliar seja utilizada com grande eficiência, principalmente para correção de possíveis deficiências nutricionais.

Deste modo para atender a demanda dos macronutrientes haveria necessidade de muitas aplicações foliares para suprir à quantidade exigida destes nutrientes, o que tomaria a prática inviável. Adubação foliar utilizada no enchimento de grãos apenas para atender as demandas fisiológicas da planta que são elevadas nesse estágio, essa prática incrementará a massa e a produtividade de grãos da cultura.

A adubação foliar apresenta algumas vantagens, como: as doses para aplicação serem muito menores do que as aplicações via solo, obtenção de distribuição uniforme e resposta à aplicação rápida, o que conseqüentemente poderá incrementar a produtividade de grãos.

A aplicação dos nutrientes B, Mg e K via pulverização foliar como suplemento podem auxiliar na fase de enchimento de grãos devido as funções que eles exercem, principalmente no período reprodutivo da cultura (MARCHNER, 2004).

A importância, do B, em geral, decorre da sua participação em vários processos fisiológicos da planta, como transporte de açúcares, no metabolismo de carboidratos (YAMADA, 2000; HO, 2002), sendo funções importantes no enchimento de grãos.

Assim, o objetivo do presente ensaio foi determinar: as fontes, doses e quais os nutrientes mais adequados, aplicados via foliar no estágio reprodutivo R5.1 de diversas variedades da soja utilizando fertilizantes simples e aplicações de multinutrientes, para auxiliarem no aumento do potencial produtivo da cultura.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio 2 foi conduzido em 4 localidades (Cristalina, Planaltina, Jaborandi e Rio Verde) no período da safra 2021/2022, sendo as descrições de cada área apresentadas, no capítulo 1.

Os tratamentos testados neste estudo foram: fontes derivadas de matéria-prima, as fontes, concentrações e doses descritas na tabela 14.

Tabela 14. Tratamentos, fontes dos nutrientes B, K e Mg, teores dos nutrientes e doses utilizadas em cada experimento em função das fontes.

Trat	Fontes	Teor do nutriente (%)	Dose (kg ha ⁻¹)	
			Fonte	Nutriente
1	Controle	-	-	-
2	Ácido bórico (H ₃ BO ₃)	17 B	0,685	0,116 de B
3	Nitrato de potássio (KNO ₃)	(44 K + 12 N)	3,64	1,6 de K + 0,44 de N
4	Sulfato de magnésio (MgSO ₄)	(11 S + 9 Mg)	1	0,11 de S + 0,9 de Mg
5	Ácido bórico (H ₃ BO ₃)	17 B	0,685	0,116 de B
	Nitrato de potássio (KNO ₃)	(44 K + 12 N)	3,64	1,6 de K + 0,44 de N
6	Ácido bórico (H ₃ BO ₃)	17 B	0,685	0,116 de B
	Sulfato de magnésio (MgSO ₄)	(11 S + 9 Mg)	1	0,11 de S + 0,9 de Mg
7	Nitrato de potássio (KNO ₃)	(44 K + 12 N)	3,64	1,6 de K + 0,44 de N
	Ácido bórico (H ₃ BO ₃)	17 B	0,685	0,116 de B
	Sulfato de Magnésio (MgSO ₄)	(11 S + 9 Mg)	1	0,11 de S + 0,9 de Mg

O delineamento experimental de cada experimento foi em blocos ao acaso, com 7 tratamentos e 4 repetições. Assim, foram conduzidas um total de 28 parcelas por experimento com 4 metros de largura, e comprimento de 6 metros, totalizando 24 m² por parcela e 672 m² de área útil de cada experimento.

Para aplicação das fontes dos nutrientes foi utilizado o pulverizador costal a base de CO₂, munido de pontas XR110.015, mantido à pressão de trabalho de 35 lb.pol⁻², resultando em volume de calda equivalente a 150 L ha⁻¹ com aplicação realizada no estágio R5.1 do ciclo da cultura.

As avaliações realizadas para verificação dos efeitos dos tratamentos sobre os caracteres reprodutivos foram produtividade final de grãos em kg ha^{-1} com umidade corrigida para 13% e massa de mil grãos (MMG).

Todos os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância com auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2000). As médias dos tratamentos comparadas pelo teste Scott-Knott, com significância de 5%.

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1. EXPERIMENTOS REALIZADOS EM RIO VERDE

Avaliando a produtividade de grãos de soja com aplicação de fontes de nutrientes via foliar em R5.1 verificou-se que, houve efeito significativo apenas para as variedades testadas na região de Rio Verde (Tabela 15). E houve significância para as aplicações dos nutrientes para a variável massa de mil grãos (Tabela 15).

Tabela 15. Resultados parciais da análise estatística para aplicação de fontes de nutrientes via foliar na cultura da soja no estágio reprodutivo R5.1 em Rio Verde para as variedades Foco e DM73i75. Rio Verde, GO. Safra 2021/2022.

FV	GL	Produtividade		MMG	
		QM	<i>P value</i>	QM	<i>P value</i>
Bloco	3	60859,8 ^{ns}	0,7268	118,853 ^{ns}	0,3128
Fonte	6	220793 ^{ns}	0,1720	8590,76*	0,0000
Variedade	1	24607004*	0,0001	128,258 ^{ns}	0,2794
Variedade * Fonte	6	153757,6 ^{ns}	0,3756	70,809 ^{ns}	0,5718
Erro	39	4437,03		95,440	
CV	%	7,18		%	5,29
Média	kg ha ⁻¹	5187,7		g kg ⁻¹	184,66

FV = Fonte de variação; GL = Grau de liberdade; QM = Quadrado médio; CV = Coeficiente de variação. * significativo a 1% pelo teste F. *P value* = grau de significância pelo teste F.

Pode-se observar que, com todas as aplicações foliares com os nutrientes a produtividade de grãos foi superior ao controle, obtendo-se incrementos de 315,84 kg ha⁻¹ na média das produtividades e de 324,46 kg ha⁻¹ para a variedade Foco e de 307,26 kg ha⁻¹ para a variedade DM75i73 (Tabela 16).

As aplicações foliares contendo apenas K (3,64 kg ha⁻¹ de KNO₃) proporcionaram incremento na produtividade de grãos para a variedade DM73i75 (Tabela 16).

A massa de mil grãos da variedade DM73i75 foi superior a variedade Foco, em todos os tratamentos (Tabela 16), podendo-se considerar que essa variedade foi mais responsiva às adubações recebidas.

Dentre as fontes de nutrientes aplicadas, aplicação com Mg ($1,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de MgSO_4) proporcionou uma maior massa de grãos, entre as adubações, com 193,63 g na média das MMG das variedades e 177,33 g para a variedade Foco e 208,80 g para a variedade DM75i73 (Tabela 16).

Tabela 16. Produtividade de grãos e massa de mil grãos de soja das variedades Foco e DM73i75 com aplicação de fontes de B, K e Mg via foliar no estágio reprodutivo R5.1 em Rio Verde na Safra 2021/2022.

Fontes kg ha^{-1}	Produtividade de grãos (kg ha^{-1})			Massa de mil grãos (g)		
	Foco	DM73i75	Média	Foco	DM73i75	Média
Controle	4700,01	5134,00	4917,04	170,03	192,25	181,14 B
B	5274,35	5477,27	5375,81	171,38	205,33	188,35 B
K	4734,40	5480,73	5107,56	165,68	201,13	183,40 B
Mg	5149,38	5382,05	5265,71	177,33	208,80	193,63 A
K + B	5046,33	5715,48	5380,90	175,10	203,58	189,34 B
K + Mg	5101,05	5115,90	5108,48	179,30	203,98	191,64 B
K+Mg + B	4841,30	5476,15	5158,79	167,23	207,23	187,23 B
Média	4978,13 B	5397,37 A	5187,70	172,29	203,18	187,74

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A aplicação de $1,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de H_3BO_3 não incrementou a produtividade de grãos e nem a massa de mil grãos das variedades DM73i75 e Foco. Possivelmente esses resultados foram devido a aplicação de plantio ser realizada com a adição de 10 kg ha^{-1} de octaborato de sódio.

Diferentemente dos resultados obtidos por Leite et al. (2003), em que as adubações com B até a dose de $12,8 \text{ kg ha}^{-1}$ incrementaram significativamente a produção de massa seca da parte aérea do milho, bem como, seus teores e conteúdos de B nas folhas.

2.3.2. EXPERIMENTOS REALIZADOS EM CRISTALINA

Avaliando a produtividade de grãos de soja, com aplicação de fontes de nutrientes via foliar em R5.1 verificou-se que, houve efeito significativo para os nutrientes aplicados e para as variedades testadas na região de Cristalina (Tabela 17). E para massa de mil grãos houve significância apenas entre as variáveis (Tabela 17).

Tabela 17. Resultados parciais da análise estatística para a aplicação de fontes de nutrientes via foliar na cultura da soja no estágio reprodutivo R5.1 em Cristalina para as variedades Desafio e Olimpo. Cristalina, GO. Safra 2021/2022.

FV	GL	Produtividade		MMG	
		QM	<i>P value</i>	QM	<i>P value</i>
Bloco	3	125762,2 ^{ns}	0,196	33,302 ^{ns}	0,5444
Fonte	6	171171,6*	0,0603	57,773 ^{ns}	0,3007
Variedade	1	2646497,2*	0,0000	6703,594*	0,0000
Variedade * Fonte	6	147405,5 ^{ns}	0,1016	35,805 ^{ns}	0,5926
Erro	39	76721,32		46,062	
CV	%	5,76		%	4,08
Média	kg ha ⁻¹	4805,3		g kg ⁻¹	166,20

FV = Fonte de variação; GL = Grau de liberdade; QM = Quadrado médio; CV = Coeficiente de variação. * significativo a 1% pelo teste F. *P value* = grau de significância pelo teste F.

A produtividade e a massa de mil de grãos foram superiores para a variedade Desafio em relação a variedade Olimpo independente da adubação foliar aplicada (Tabela 18). Observou-se que, a variedade Olimpo a adubação com K (3,64 kg ha⁻¹ de KNO₃) respondeu negativamente, proporcionando decréscimo na produção, em relação ao controle e as aplicações da mistura de K+Mg+B (3,64 kg ha⁻¹ de nitrato de potássio + 1,0 kg ha⁻¹ de sulfato de magnésio + 0,685 kg ha⁻¹ de ácido bórico) (Tabela 18).

Besen et al. (2019), apresentou resultados similares com a aplicação de sulfato de magnésio na cultura da soja, não apresentando diferenças estatísticas em seu trabalho.

Observa-se que, com todas as aplicações foliares com os nutrientes, a massa de mil grãos foi superior na variedade Desafio, sendo maior em 17,03 g kg⁻¹ de grãos (Tabela 18).

Tabela 18. Produtividade de grãos e massa de mil grãos de soja das variedades Desafio e Olimpo com aplicação dos nutrientes B, K e Mg via foliar no estágio reprodutivo R5.1 em Cristalina na Safra 2021/2022.

Fontes kg ha ⁻¹	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)			Massa de mil grãos (g)		
	Desafio	Olimpo	Média	Desafio	Olimpo	Média
Controle	5023,95	4760,40 a	4892,18	183,63	155,78	169,70
B	5098,50	4392,18 ab	4903,58	173,05	151,93	162,49
K	5158,05	4131,2 b	4644,63	177,55	154,73	166,14
Mg	5026,75	4690,98 ab	4858,86	173,35	155,20	164,28
K + B	4708,53	4392,18 ab	4550,35	182,23	156,45	164,31
K + Mg	5156,45	4692,8 ab	4924,63	179,30	156,08	169,15
K+Mg + B	4986,73	4741,28 a	4864,00	178,03	156,68	167,35
Média	5022,71 A	4587,93 B	4805,32	172,29 A	155,26 B	166,20

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e letra minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

2.3.3. EXPERIMENTO REALIZADO EM PLANALTINA

Os tratamentos com as adubações foliares não proporcionaram efeito significativo na produtividade de grãos e nem para massa de mil grãos na variedade RK6316 (Tabela 19).

Tabela 19. Resultados parciais da análise estatística para a aplicação de fontes de nutrientes via foliar na cultura da soja no estágio reprodutivo R5.1 em Planaltina para a variedade M8349. Jaborandi, GO. Safra 2021/2022.

FV	GL	Produtividade		MMG	
		QM	P value	QM	P value
Bloco	3	12829,7 ^{ns}	0,8765	32,206 ^{ns}	0,2153
Fonte	6	22715,1 ^{ns}	0,8683	28,534 ^{ns}	0,2494
Erro	18	56554,7		19,63	
CV	%	5,74			2,98
Média	kg ha ⁻¹	4144,6			148,47

FV = Fonte de variação; GL = Grau de liberdade; QM = Quadrado médio; CV = Coeficiente de variação. * significativo a 1% pelo teste F. P value = grau de significância pelo teste F.

A produtividade média de grãos foi de 4.144,62 kg ha⁻¹ e a massa de mil grãos foi de 148,47 g kg⁻¹ (Tabela 20).

Tabela 20. Produtividade de grãos e massa de mil grãos de soja da variedade RK6316 com aplicação de fontes de B, K e Mg via foliar no estágio reprodutivo R5.1 em Planaltina na Safra 2021/2022.

Tratamentos	Produtividade	Massa de mil grãos
	kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹
Controle	4086,25	152,83
B	4177,03	150,98
K	4162,35	148,10
Mg	4232,48	147,40
K + B	4148,18	148,75
K + Mg	4198,20	145,70
K+Mg + B	4007,88	145,55
Média	4144,62	148,47

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

2.3.4. EXPERIMENTO REALIZADO EM JABORANDI

A variedade M8349 não foi responsiva aos tratamentos com as aplicações foliares, pois não houve efeito significativo na produtividade de grãos e para massa de mil grãos (Tabela 21).

Tabela 21. Resultados parciais da análise estatística para aplicação de fontes de nutrientes via foliar na cultura da soja no estágio reprodutivo R5.1 em Planaltina para a variedade RK6316. Planaltina, GO. Safra 2021/2022.

FV	GL	Produtividade		MMG	
		QM	P value	QM	P value
Bloco	3	72871,1 ^{ns}	0,7722	62,645*	0,0105
Fonte	6	229125,9 ^{ns}	0,3608	5,879 ^{ns}	0,8200
Erro	18	194410,8		12,449	
CV	%	12,56		%	3,44
Média	kg ha ⁻¹	3511,08		g kg ⁻¹	102,55

FV = Fonte de variação; GL = Grau de liberdade; QM = Quadrado médio; CV = Coeficiente de variação. * significativo a 1% pelo teste F. P value = grau de significância pelo teste F.

A produtividade média de grãos foi de 3.511,08 kg ha⁻¹ e a massa de mil grãos foi de 102,55 g kg⁻¹ (Tabela 22).

Tabela 22. Produtividade de grãos e massa de mil grãos de soja da variedade M8349 com aplicação de fontes de B, K e Mg via foliar no estágio reprodutivo R5.1 em Jaborandi na Safra 2021/2022.

Tratamentos	Produtividade	Massa de mil grãos
	<i>kg ha⁻¹</i>	<i>g kg⁻¹</i>
Controle	3339,75	104,15
B	3594,45	102,75
K	3724,83	103,03
Mg	3550,80	102,40
K + B	3200,90	103,50
K + Mg	3860,40	101,43
K+Mg + B	3306,43	100,60
Média	3511,08	102,55

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

2.4. CONCLUSÕES

As variedades de soja DM73i75 e Desafio foram mais responsivas as adubações foliares com B, K e Mg em R5.1, pois apresentaram incremento na produtividade de grãos;

A adubação com KNO_3 na dose de $3,64 \text{ kg ha}^{-1}$ incrementou a produtividade de grãos da soja da variedade DM73i75;

Há incremento na massa de mil grãos da soja da variedade DM73i75 com aplicação de $1,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de MgSO_4 em R5.1;

As aplicações com KNO_3 na dose de $3,64 \text{ kg ha}^{-1}$ e da mistura corresponde a $3,64 \text{ kg ha}^{-1}$ de KNO_3 + $1,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de MgSO_4 + $0,685 \text{ kg ha}^{-1}$ de H_3BO_3 proporcionaram decréscimo na produtividade de grãos da soja da variedade Olimpo.

As menores produtividades de grãos e massa de mil grãos foram obtidas em Jaborandi-BA, com a variedade M8349.

2.5. REFERÊNCIAS (CAPÍTULO 2)

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.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

HO, S. B. **Boron deficiency of crops in Taiwan. Department of Agricultural Chemistry, National 684.** Taiwan University: Taipei 106, Taiwan.

LEITE, U.T.; AQUINO, B.F. de; ROCHA, R.N.C.; SILVA, J.da S. Níveis críticos foliares de boro, cobre, manganês e zinco em milho. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 19, n. 2, p. 115-125, 2003.

MARSCHNER, P. **Mineral Nutrition of Higher Plants:** Third Edition. 3rd. ed. [s.l.]: Elsevier Inc., 2011.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação.** 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica/ Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004.

YAMADA, T. **Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas?** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2002. (Informações Agronômicas, 90).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O manejo nutricional na etapa de enchimento de grãos (R5) se mostrou uma ferramenta interessante, principalmente nas respostas para as doses de nitrato de potássio, sendo o K o nutriente mais influente nessa aplicação, o ponto de atenção a ser observado é a escolha da variedade a ser trabalhada, já que as principais diferenças observadas ao receber os manejos propostos, tanto na curva dose de nitrato de potássio, quanto nas diferentes combinações nutricionais estava no comportamento de cada cultivar, sendo uma mais responsiva do que outras.

REFERÊNCIAS

- ALTARUGIO, L. M., LOMAN, M. H., NIRSCHL, M. G., SILVANO, R. G., ZAVASCHI, E., CARNEIRO, L. D. M., OTTO, R. Desempenho produtivo de soja e milho submetidos à aplicação foliar de magnésio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 12, p. 1185-1191, 2017.
- ALVES, C. R.; SILVA, E. C.; BARBARÁ, M. A.; ORTIN, S. M. A. Uso de estimulante e adubo foliar na cultura do milho. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 8, n. 10, p. 1358–1378, 2022.
- BATISTA, M. A. et al. **Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral**, 2018. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/bv3jx/pdf/brandao978658638301006.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2022.
- BERGAMIN, A.C.; SCHLINDWEIN, J.A.; VENTUROSIO, L.R.; VALADÃO JÚNIOR, D.D.; CARON, B.O.; SCHMIDT, D. Respostas de duas cultivares de soja à adubação a lanço e em sulco, no município de Rolim de Moura/RO. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 50, p. 155-166, 2008.
- 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
- BIDIN, K. M. de V. **Incremento na concentração do potássio nos tecidos da soja (*Glycine max*) através da aplicação de fertilizante foliar**. 2022. Universidade Federal da Fronteira Sul. Laranjeiras do Sul (PR), 2022.
- BOHRER, T. R. J.; HUNGRIA, M. Avaliação de cultivares de soja quanto à fixação biológica de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Planaltina, v. 33, p. 937-952, 1998.
- BORÉM, A. **Melhoramento de Espécies Cultivadas**. Viçosa: UFV, 2005.

BORIN, A. L. D. C.; FERREIRA, A. C. D. B.; SOFIATTI, V.; CARVALHO, M. D. C. S.; MORAES, M. C. G. Produtividade do algodoeiro adensado em segunda safra em resposta à adubação nitrogenada e potássica. **Revista Ceres**, v. 64, n. 6, p. 622-630, 2017.

BORKERT, C. M.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; KLEPKER, D.; OLIVEIRA JUNIOR, A. O potássio na cultura da soja. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2., 2004, São Pedro. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 2005. p. 674-681.

BORKERT, C. M. Micronutrientes na planta. In: BÜLL, L. T.; ROSOLEM, C. A. (Ed.). **Interpretação de Análise Química de Solo e Planta para Fins de Adubação**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1989. p. 309-329.

CÂMARA, G. M. de S. Adubação. In: _____. **Soja: do plantio a colheita**. Viçosa: Universidade federal de Viçosa, 2015. cap. 5, p. 110–149.

CAOVILLA, F. A., SAMPAIO, S. C., PEREIRA, J. O., VILAS BOAS, M., GOMES, B. M., FIGUEIRÊDO, A. C. Lixiviação de Nutrientes Provenientes de Águas Residuárias em Colunas de Solo Cultivado com Soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 283-287, 2005.

CATTELAN, A. J.; DALL'AGNOL, A. The rapid soybean growth in Brazil. **Oilseeds & Fats, Crops and Lipids**, v. 25, n. 1, p. 1-12, 2018.

CAVALCANTE, A.C.P.; CAVALCANTE, L.F.; BERTINO, A.M.P.; CAVALCANTE, A.G.; LIMA, A.J.D.; FERREIRA, N.M. Adubação com potássio e cálcio na nutrição e produção de goiabeira 'Paluma'. **Revista Ceres**, v. 66, p. 54-62, 2019.

CAVALCANTE, A.C.P.; CAVALCANTE, L.F.; CAVALCANTE, A.G.; BERTINO, A.M.P.; BERTINO, A.M.P.; FERREIRA, N.M. Physiology of Paluma guava plants fertilized with potassium and calcium. **Idesia**, v. 36, p. 163-172, 2018.

CAVALLI, E.; LANGE, A. Efeito residual do potássio no sistema de cultivo soja-milho safrinha no cerrado Mato-Grossense. **Revista Cultura Agronômica**, v. 27, n. 2, p. 310-326, 2018.

CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 9 - Safra 2021/22 - n. 7 - Sétimo levantamento, abril de 2019. Disponível em < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em 07 abr. 2022.

CQFS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2016) **Manual de Calagem e Adubação para os Estados de Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016.

DECHEN, A. R. Micronutrientes: funções nas plantas. In: FERREIRA, M. E. (Coord.). **Anais do Simpósio sobre Micronutrientes na Agricultura**. Jaboticabal: FCAV/Unesp, 1988. p. 111-132.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos a nutrição de plantas. In: _____. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 3, p. 91-132.

DEFANTE, L. R., VILPOUX, O. F., SAUER, L. Rapid expansion of sugarcane crop for biofuels and influence on food production in the first producing region of Brazil. **Food Policy**, v. 79, p. 121-131, 2018.

DOMINGOS, C. S.; LIMA, L. H. S.; BRACCINI, A. L. Nutrição mineral e ferramentas para o manejo da adubação na cultura da soja. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 14, n. 3, p. 132-140, 2015.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa da Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná** - 1993/94. Londrina: OCEPAR/EMBRAPA-CNPSO, 1993. 128p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 62).

EMBRAPA. **Série Desafios do Agronegócio Brasileiro** (NT1). Brasília: Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/0/COMPLEXO+SOJA+-+Caracterização+e+Desafios+Tecnológicos/709e1453-e409-4ef7-374c-4743ab3bdcd6>. Acesso em: 20 fev. 2023.

EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja** – Região Central do Brasil 2014. Londrina: Empresa brasileira de pesquisa agropecuária, 2013.

ESPER NETO, M.; MINATO, E. A.; BESEN, M. R.; INOUE, T. T.; BATISTA, M. A. Biometric Responses of Soybean to Different Potassium Fertilization Management Practices in Years with High and Low Precipitation. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 42, 2018.

EUZEBIO P.M. Soja: A importância da Adubação com micronutrientes. **Folha Agropecuária**, 2016.

EZEQUIÉL, T. T. A. **Desenvolvimento do lúpulo (*humulus lupulus* L.) influenciado por adubação potássica e kali muriaticum em Pedras Grandes/SC**. 2022. 54f. TCC (Graduação em Agronomia) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2022.

FAGERIA, Nand Kumar. **The Use of Nutrients in Crop Plants**. New York: CRC press, 2016.

FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS, L. A. **Nutrição Mineral de Plantas**. 2. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2018.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FIGEZE, S. L.; CARNEIRO, J. P. C.; PINTO, D. D.; RODRIGUES, J. D. Foliar application of calcium and kinetin on soybean at reproductive stage. **Journal of Plant Nutrition**, v. 40, p. 2602-2610, 2017.

FONSECA, J. N.; AGUIRRE, T. R.; OLIVEIRA, C. P.; NASCIMENTO, W. P.; GOMES, V. V.; VILETE, V. F.; REIS, E. R.; SILVA, T. A. Desenvolvimento vegetativo inicial de girassol em função da adubação potássica e densidade populacional em clima tropical. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 65136-65146, 2020.

FRANCO, M.F.S. et al. Produção de beterraba de mesa (*Beta vulgaris*) em função de fontes e doses de potássio Production of table beets (*Beta vulgaris*) in function of potassium sources and doses. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 9, p. 89696-89710, 2021.

GABRIEL, S. G.; BUENO, A. C.; SANTOS, R. F. Resposta da soja (*Glycine max* L.) à duas diferentes fontes de potássio. **Revista UNINGÁ Review**, Paraná, v. 25, n. 1, p. 5-9, 2016.

GALBARDI, G. L. S.; SIMONETTI, A. P. M. M. Adubação nitrogenada via foliar realizada em diferentes épocas na cultura da soja. **Cultivando o Saber**, v. 12, n. 4, p. 87-94, 2019.

GAZZONI, D., DALL'AGNOL, A. **A Saga da Soja**. Planaltina-DF, 2018.

GEWEHR, E.; CORRÊA, O. O.; SUÑÉ, A. S.; DUARTE, G. B.; AMARANTE, L.; TUNES, L. V. M.; RODRIGUES, D. B. Treatment of soybean seeds with molybdenum and inoculant: nitrate reductase activity and agronomic performance. **Comunicata Scientiae**, v. 10, n. 1, p. 185-194, 2019.

GOMES, I. S.; BENETT, C. G. S.; SILVA JUNIOR, R. L.; XAVIER, R. C.; BENETT, K. S. S.; SILVA, A. R.; CONEGLIAN, A. Boron fertilization at different phenological stages of soybean. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n.8, p.1026-1032, 2017.

HO, S. B. **Boron deficiency of crops in Taiwan**. Department of Agricultural Chemistry, **National 684**. Taiwan University, Taipei 106, Taiwan.

KINPARA, D.I. **A importância estratégica do potássio para o Brasil**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2003. 27p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 100).

LANGER, K.; LEVCHENKO, V.; FROMM, J.; GEIGER, D.; STEINMEYER, R.; LAUTNER, S.; ACHE, P.; HEDRICH, R. The poplar K⁺ channel KPT1 is associated with K⁺ uptake during stomatal opening and bud development. **The Plant Journal**, v. 37, p. 828-838, 2004.

LARA, J. P.; BORGES, I. D.; SANTOS, F. C.; PARRELLA, R. D. C. Desempenho agroindustrial do sorgo sacarino submetido a diferentes doses de nitrogênio e potássio em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, n. 3, p. 474-489, 2018.

LEITE, U.T.; AQUINO, B.F. de; ROCHA, R.N.C.; SILVA, J.da S. Níveis críticos foliares de boro, cobre, manganês e zinco em milho. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 19, n. 2, p. 115-125, 2003.

LIU, K. **Soybeans: Chemistry, Technology, and Utilization**. New York: Springer, 2012.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 631p.

MANFREDINI, D. **Cálcio e boro para soja-perene: características anatômicas e agronômicas e concentração de nutrientes**. 2008. 103f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

MANGENA, P. Water stress: morphological and anatomical changes in soybean (*Glycine max* L.) plants. In: ANDJELKOVIC, V. (Editor). **Plant, Abiotic Stress and Responses to Climate Change**, London: IntechOpen, 2018.

MANTOVANI, A.; RIBEIRO, F. J.; VEIGA, M.; ZILIO, M.; FELICIO, T. P. Métodos de aplicação de potássio na soja em nitossolo vermelho. **Unoesc & Ciência**. v. 8, n. 2, p. 169-176, 2017.

MARSCHNER, P. **Mineral Nutrition of Higher Plants: Third Edition**. 3rd. ed. [s.l.] Elsevier Inc., 2011.

MARSCHNER, P. **Mineral Nutrition of Higher Plants: Third Edition**. 3rd. ed. [s.l.]: Elsevier Inc., 2011.

MEDEIROS, D.S, DE.; SANCHOTENE, D.M.; RAMOS, C.G.; OLIVEIRA, L.F.S.; KAUTZAMANN, R, M. Soybean crops cultivated with dacite rock by-product: A proof of a cleaner technology to soil remineralization. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, 2021.

MEDEIROS, J. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, Á. L.; DALLA ROSA, J.; COLPO GATIBONI, L. Relação cálcio: magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico Álico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 4, 2008.

MEDEIROS, L.B.; AISENBERG, G.R.; PETER, M.; ROLIM, J.M.; AUMONDE, T.Z.; PEDÓ, T. Nitrogênio em soja: Qualidade fisiológica das sementes. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 120, n. 1, p. 4, 2021.

MENDES, A. L. A.; SENÔ, K. C. A.; OLIVEIRA, R. C. Influência do complexo bacteriano em tratamento de sementes no desempenho agrônomo da soja (*Glycine max*) em condições de campo. **Nucleus**, Ituverava, v. 15, n. 1, p. 533-538, 2018.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja** - Fatores que Afetam Crescimento e Rendimento de Grãos. Porto Alegre: Envagraf, 2005.

MUSSKOPF, C.; BIER, V. A. Efeito da aplicação de fertilizante mineral cálcio e boro via foliar na cultura da soja (*Glycine max*). **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 3, n. 4, p. 83-91, 2010.

NARWAL, R. P.; KUMAR, V.; SINGH, J. P. Potassium and magnesium relationship in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Plant and Soil**, v. 86, n. 1, p. 129–134, fev. 1985.

NASCIMENTO, R.; DEUNER, S.; FERREIRA, L. S.; BADINELLI, P. G.; KERBER, R. S. Crescimento e teores de clorofila e carotenóides em três cultivares de soja em função da adubação com magnésio. **Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 3, 2009.

NOETZOLD, R.; ALVES, M.A.; GOUSSAIN JÚNIOR, M. M.; GOUSSAIN, R. C. S. Variabilidade espacial da eficiência do uso de potássio e fósforo na cultura da soja. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 6, p. 529-541, 2019.

OLIVEIRA JUNIOR, A.; CASTRO, C.; OLIVEIRA F. A.; JORDÃO, L. A. **Adubação potássica na soja: cuidados no balanço de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2013. (Informações Agrônômicas, 143).

PEREIRA, C. S.; FREITAS, A. A.; CHAPLA, M. V.; LANGE, A. Doses de potássio com a presença de enxofre na cultura da soja. **Global science and technology**, v. 9, n. 1, 2016.

PEREIRA, R. M.; SILVA, H. B. R.; OLIVEIRA, H. M. S.; RIBEIRO, D. O.; TOMÁZ, R. G.; SILVA, G. P.; SILVA, A. J. Comparação de cultivares de soja no Sudoeste Goiano em

resposta à aplicação de diferentes doses de Cloreto de Potássio. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 4132-4144, 2021.

PEREIRA, R. M.; SILVA, H. B. R.; OLIVEIRA, H. M. S.; RIBEIRO, D. O.; TOMÁZ, R. G.; SILVA, G. P.; SILVA, A. J. Comparação de cultivares de soja no Sudoeste Goiano em resposta à aplicação de diferentes doses de Cloreto de Potássio. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 4132-4144, 2021.

PIRES, M. J. S.; RAMOS, P. Implicações do processo de modernização na estrutura e nas atividades agropecuárias da região centro-sul do estado de Goiás. **Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**, 2009.

POLLNOW, H. E., PIMENTEL, J. R., TROYJACK, C., PETER, M., MEDEIROS, L. B., PETER, M. Manejo da adubação de base em soja no Noroeste do Rio Grande do Sul. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 913-923, 2020.

REIS, D. S.; MACHADO, A. S.; OLIVEIRA, H. P.; BUSO, W. H. D. Revisão: efeito da adubação potássica na cultura do milheto. **Colloquium Agrariae**, v. 13, p. 444-449, 2017.

ROSA, P. **Adubação de sistema com fósforo e potássio na sucessão soja/milho em condições de cerrado**. 2021. 38f. TCC (Graduação em Agronomia) – Instituto Federal de Ciência de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2021.

SÁNCHEZ BARRENA, M. J.; CHAVES SANJUAN, A.; RADDATZ, N.; MENDOZA, I.; CORTÉS, Á.; GAGO, F.; GONZÁLEZ RUBIO, J.M.; BENAVENTE, J.L.; QUINTERO, F.J.; PARDO, J.M.; ALBERT, A. Recognition and activation of the plant AkT1 potassium channel by the kinase CIPK23. **Plant Physiology**, v. 182, p. 2143–2153, 2020.

SANTOS, M. dos; CERUTTI, P. H.; WILLE, C. L. Adubação foliar com boro em sistema de plantio direto na cultura da soja. **Revista Científica Rural**, Bagé-RS, v. 21, n. 1, p. 1-12, 2019.

SANTOS, R. A. **Pó de rocha de nefelina-sienito como fonte potássica: efeitos na soja e nos atributos químicos do solo**. Dissertação (Mestrado Profissional em Bioenergia e Grãos) – Instituto Federal Goiano, Rio Verde Goiás, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/3175>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2023.

SANTOS, R.; VARGAS, G. R. Efeito da adubação potássica na produtividade da soja. **Revista Exatas Terra**, Ponta Grossa, 2014.

SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M. Deficiências e toxicidades de nutrientes em plantas de soja. CNPSo, 2004.

SFREDO, Gedi Jorge. **Soja no Brasil: Calagem, Adubação e Nutrição Mineral**. Londrina: Embrapa Soja, 2008.

SILVA, D.C.E.; JUNIOR, S.S.H.; SILVA, S.C.; SANTOS, T.C.; PELÁ, A. Nutrição com boro na soja em função da disponibilidade de água no solo. **Revista Scientia Agrária**, Curitiba, v.18, n.4, p.155-165, out./dez. 2017.

SILVA, E. B. et al. A expansão da fronteira agrícola e a mudança de uso e cobertura da terra no centro-sul de Goiás, entre 1975 e 2010. **Ateliê Geográfico**, Goiânia-GO, v. 7, n. 2, p. 116-138, ago. 2013.

SINGH, G. **The Soybean: Botany, Production and Uses**. Wallingford, UK: CABI, 2010.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica/ Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004.

TAGLIEBER, J. C. H. **Integração multi-fonte de dados em mineralizações na porção oeste do Terreno São Gabriel, Caçapava do Sul/RS**. 2022. 214f. TCC (Graduação em Geologia) – Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2022.

TAIZ, L; ZEIGER, E; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TAKASU, A. T.; HAGA, K. I.; RODRIGUES, R. A. F.; ALVES, C. J. Produtividade da cultura do milho em resposta à adubação potássica. Ilha Solteira, SP. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. v. 13, n. 2, p. 154-161. 2014.

TANWAR, B., GOYAL, A. OILSE, ds: Health Attributes and Food Applications. **Springer**, 2021.

TOLLER, M.; PELUZIO, J. M.; REINA, E.; LIMA, M. D.; HACKENHAAR, C.; HACKENHAAR, N. Adubação potássica e época de semeadura em soja para a produção de etanol. **Revista Agrogeoambiental**, v. 10, n. 2, 2018.

USHERWOOD, N.R. Potassium interactions and balanced plant nutrition. **Better Crops With Food**, Atlanta, v.77, n.1, p.26-27, 1994.

VARANDA, M. A. F.; MENEGON, M. Z.; NASCIMENTO, V. L.; CAPONE, A.; BARROS, H. B. Efeitos da aplicação foliar de boro na produtividade de soja na várzea irrigada. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v.11, n.2, p.15-22, 2018.

VILELA, L.; SOUZA, D. M. G.; MARTHA JUNIOR, G. B. Adubação potássica e com micronutrientes. In: MARTHA JUNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUZA, D. M. G. **Cerrados: Uso Eficiente de Corretivos e Fertilizantes em Pastagens**. Planaltina: Embrapa, 2007. p. 179-188.

VITTI, G. C.; TREVISAN, W. **Manejo de macro e micronutrientes para alta produtividade da soja**. 2000. (Encarte técnico: Informações agronômicas nº 90)

WANG, X.G.; ZHAO, X.H.; JIANG, C.J.; LI, C.H.; SHAN, C.O.N.G.; DI, W.U.; WANG, C.Y. Effects of potassium deficiency on photosynthesis and photoprotection mechanisms in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). **Journal of Integrative Agriculture**, v. 14, n. 5, p. 856-863, 2015.

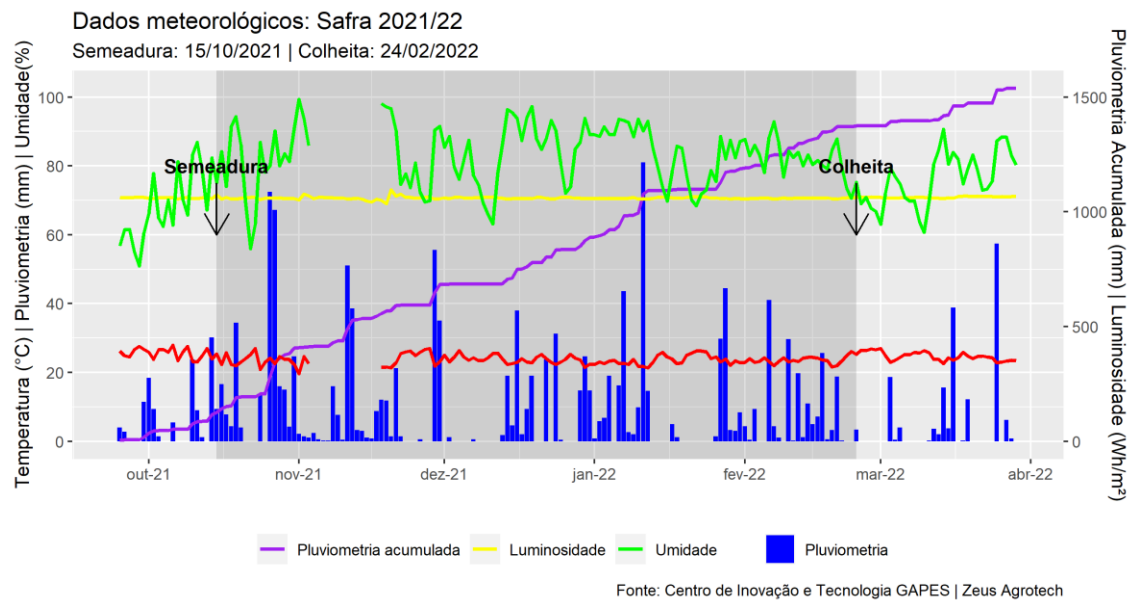
WIEND, T. Magnésio nos solos e nas plantas. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 117, p. 19-21, 2007.

YAMADA, T. **Boro**: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas? Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2002. (Informações Agronômicas, 90).

ZORB, C.; SENBAYRAM, M.; PEITER, E. Potassium in agriculture status and perspectives. **Journal of Plant Physiology**, v. 171, p. 656-669, 2014.

ZUFFO, A. M. et al. Morphoagronomic and productive traits of RR® soybean due to inoculation via *Azospirillum brasilense* groove. **African Journal of Microbiology Research**. v. 10, n.13, p. 438-444, 2016.

ANEXO



Pluviometria, temperatura máxima e mínima, umidade relativa e luminosidade no CIT GAPES, safra 2021/2022, em Rio Verde – GO.

