



Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

**APLICAÇÃO DE FONTES E DOSES DE POTÁSSIO NA
CULTURA DE SOJA**

YAGO CÉSAR RODRIGUES MORAIS

MESTRADO

**Ipameri-GO
2024**

YAGO CÉSAR RODRIGUES MORAIS

APLICAÇÃO DE FONTES E DOSES DE POTÁSSIO NA CULTURA
DE SOJA

Orientadora: Dr^a. Katiane Santiago Silva Benett
Coorientador Dr. Cleiton Gredson Sabin Benett

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Campus Sul, Unidade Universitária de Ipameri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRE.

Ipameri – GO
2024

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

CC421 César Rodrigues Moraes, Yago
a APLICAÇÃO DE FONTES E DOSES DE POTÁSSIO NA CULTURA
DE SOJA / Yago César Rodrigues Moraes; orientador
Katiane Santiago Silva Benett; co-orientador Cleiton
Gredson Sabin Benett. -- Ipameri, 2024.
34 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
Mestrado Acadêmico em Produção Vegetal) -- Unidade de
Ipameri, Universidade Estadual de Goiás, 2024.

1. Adubação mineral. 2. Fontes alternativas. 3.
Glycine max L. 4. Produtividade. I. Santiago Silva
Benett, Katiane , orient. II. Gredson Sabin Benett,
Cleiton, co-orient. III. Título.



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

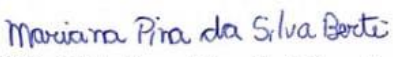
TÍTULO: “APLICAÇÃO DE FONTES E DOSES DE POTÁSSIO NA CULTURA DE SOJA.”

AUTOR(A): Yago César Rodrigues Morais

ORIENTADOR(A): Katiane Santiago Silva Benett

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE(A) EM PRODUÇÃO VEGETAL, pela comissão Examinadora:


Prof.^a Dr.^a Katiane Santiago Silva Benett (Orientadora)
Universidade Estadual de Goiás / Unidade Universitária Ipameri- GO


Prof.^a Dr.^a Mariana Pina da Silva Berti
Universidade Estadual de Goiás/Unidade Universitária Ipameri- GO


Prof.^a Dr.^a Natália Arruda
Universidade Estadual de Goiás/Unidade Universitária Ipameri- GO

Registro de Declaração

Número: 248

Livro: R-01 Folhas: 04A

Data: 08/042024



Data da realização: 08 de Abril de 2024

AGRADECIMENTOS

Ao senhor Deus todo poderoso que me proporcionou uma nova chance de recomeçar e poder novamente realizar meus sonhos, superando todas as dificuldades no decorrer de minha caminhada.

A minha orientadora e coorientador por todo o apoio prestado para que fosse possível a concretização dessa etapa da minha vida, por todos os ensinamentos passados.

Aos meus pais por me apoiarem em todas as minhas escolhas e estarem sempre ao meu lado quando eu precisava.

A minha namorada Tainá A. A. Souza a qual conheci na mesma instituição de ensino e que por muitas vezes me ajudou em algumas atividades de campo e também emocionalmente, trazendo mais alegria aos meus dias.

Ao meu melhor amigo também conhecido nesta mesma instituição na época da graduação Matheus Araújo que foi a pessoa que mais acreditou em mim na época onde eu mesmo já não mais acreditava.

A Pró Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação e a CAPES, pela bolsa de mestrado concedida para a realização dos meus estudos.

A todos os membros do grupo de pesquisa GEPFI, que se dispuseram a me ajudar nas atividades de campo desenvolvidas ao longo destes dois anos.

A todos professores, servidores e amigos, que contribuíram para minha formação profissional até aqui.

A equipe da empresa Yoorin Fertilizantes, em especial ao Matheus Sargentim e ao Adolfo Kenji, que sempre me auxiliaram sobre dúvidas em relação aos produtos da empresa aos quais eu avaliava.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
INTRODUÇÃO	7
CARACTERÍSTICAS GERAIS DA SOJA	8
DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA O CULTIVO DA SOJA	8
POTÁSSIO NA CULTURA DA SOJA	9
SILÍCIO NA CULTURA DA SOJA.....	11
SÓDIO NA CULTURA DA SOJA.....	11
EKOSIL.....	12
POTASIL.....	12
OBJETIVOS.....	14
MATERIAL E MÉTODOS.....	15
ÁREA EXPERIMENTAL.....	15
DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	15
MANEJO DO EXPERIMENTO	15
VARIÁVEIS ANALISADAS:	16
ANÁLISE EXPERIMENTAL	17
RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
CONCLUSÕES	27
REFERÊNCIAS	28

RESUMO

Nas últimas três décadas, a produção de soja no setor agrícola brasileiro experimentou um crescimento significativo em sua produtividade. Para uma boa produtividade agrícola, é fundamental que o solo possua a fertilidade adequada para disponibilizar os nutrientes exigidos pelas culturas, além de boas práticas de manejo e condições climáticas favoráveis. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito das diferentes fontes e doses de potássio sobre os componentes da produção e as produtividades na cultura da soja. O experimento foi realizado na safra 2022/2023 no campo experimental da Universidade Estadual de Goiás, no município de Ipameri-GO. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, arranjos em esquema fatorial 3 x 5, com três fontes de potássio (cloreto de potássio (58% de K_2O), Ekosil (8% de K_2O e 25% de Si) e Potasil (12% de K_2O e 25% de Si)) e cinco doses (0; 50; 100; 150 e 200 kg ha⁻¹), com quatro repetições, aplicadas via solo. O manejo utilizado foi o sistema de plantio direto, sobre a palhada do sorgo, implantando a cultivar de soja NEO 750 IPRO. A adubação potássica para as fontes Ekosil e Potasil atingiram os níveis satisfatórios em produtividade quando comparadas ao KCl, o valor de máximo rendimento ocorreu para a aplicação de 138,18 kg ha⁻¹ de potássio independente da fonte.

Palavras-chave: Adubação mineral, Fontes alternativas, *Glycine max* L, Produtividade.

ABSTRACT

Over the last three decades, soybean production in the Brazilian agricultural sector has experienced significant growth in its productivity. For good agricultural productivity, it is essential that the soil has adequate fertility to provide the nutrients required by crops, in addition to good management practices and favorable climatic conditions. The aim of the study was to evaluate the effect of different potassium sources and doses on the production components and yields in soybean cultivation. The experiment was conducted during the 2022/2023 crop season at the experimental field of the State University of Goiás, in the municipality of Ipameri-GO. The experimental design used was randomized blocks, arranged in a 3 x 5 factorial scheme, with three potassium sources (potassium chloride (58% K₂O), Ekosil (8% K₂O and 25% Si), and Potasil (12% K₂O and 25% Si)) and five doses (0; 50; 100; 150; and 200 kg ha⁻¹), with four replications, applied via soil. The management used was the no-tillage system, over the sorghum residue, implementing the soybean cultivar NEO 750 IPRO. Potassium fertilization for the Ekosil and Potasil sources reached satisfactory levels in yield when compared to KCl; the maximum yield value occurred for the application of 138.18 kg ha⁻¹ of potassium regardless of the source.

Keywords: Alternative sources, *Glycine max* L, Mineral fertilization, Productivity.

INTRODUÇÃO

Nos últimos 30 anos a cultura da soja apresentou um notável crescimento em produtividade no setor agrícola brasileiro (Ramos et al., 2020). O Estado de Goiás tem desempenhado um papel significativo na produção de soja, destacando-se como um dos principais produtores desta commodity no país, contribuindo vantajosamente para o aumento da produtividade na safra 2022/2023, ajudando o Brasil a se tornar o maior produtor e exportador mundial do produto (Diniz et al., 2023; Paulino et al., 2020).

No Estado de Goiás as exigências nutricionais para a cultura da soja, estão expressamente associadas a baixa disponibilidade de nutrientes como o cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P) e potássio (K), que são relativamente baixos nos solos do Cerrado (Gonçalves Júnior et al., 2010). Estas condições nutricionais são ainda mais impactantes para o macronutriente potássio, pois este é o segundo nutriente mais exigido pela cultura da soja, ficando atrás apenas do nitrogênio (N) (Zancanaro et al., 2019).

A carência nutricional dos solos do Cerrado impacta nos níveis de produtividade agrícola da região, afetando culturas de grande importância, como a soja, milho, sorgo, milheto, algodão, cana-de-açúcar. A baixa disponibilidade natural de potássio nesses solos exige estratégias de manejo específicas, incluindo a aplicação de fertilizantes potássicos para elevar as quantidades desse nutriente presentes no solo (Cavalli e Anderson, 2018).

O enfrentamento destas deficiências nutricionais, ressaltam a necessidade de práticas agrícolas direcionadas, visando garantir a sustentabilidade e a eficiência na produção, além de minimizar os impactos dessa limitação nutricional (Maciel et al., 2021). O solo do Cerrado, apesar de necessitar de correção nutricional ainda é economicamente viável para a agricultura brasileira. Esta viabilidade possibilitou na expansão das áreas de produção agrícola, fortalecendo o setor agropecuário do país. (Taglieber et al., 2022).

Para a safra 2023/2024, traz-se uma estimativa de produção de 317,5 milhões de toneladas do grão, em 78 milhões de hectares cultivados com uma produtividade média de 4,07 t ha⁻¹ (Conab, 2023). Para que seja possível a obtenção de ganhos em produtividade é necessário entender sobre as exigências nutricionais da cultura como um todo. Assim, para cada 1000 kg de grãos de soja produzidos, diferentes cultivares podem extrair do solo: 63 a 93 kg ha⁻¹ de N; 4,7 a 8,5 kg ha⁻¹ de P; 29 a 62 kg ha⁻¹ de K; 15 a 30 kg ha⁻¹ de Ca; 9 a 11 kg ha⁻¹ de Mg e de 3,6 a 4,7 kg ha⁻¹ de S (Gonçalves Júnior et al., 2010).

Para que um nutriente possa ser considerado essencial as plantas ele precisa fazer parte de três princípios básicos, ser necessário para todo o ciclo de vida da planta desempenhando uma função vital em seu desenvolvimento, não pode ser substituído por outro elemento para

realizar suas funções metabólicas específicas e a deficiência desse elemento resulta em sintomas específicos onde sua adição ao solo ou substrato leva à recuperação ou melhoria desses sintomas (Batista et al., 2018).

Este trabalho tem por objetivo a comparação ao uso do Ekosil e do Potasil como fonte de potássio alternativa ao cloreto de potássio (KCl) no cultivo da soja.

Características gerais da soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) pertence ao grupo de plantas da família das leguminosas, que inclui ervilhas, feijões, lentilhas e amendoins. Em seus grãos, são encontrados relevantes quantidades de proteínas e também de óleo vegetal (Bagale, 2021).

A fisiologia da planta de soja abrange processos vitais que influenciam seu crescimento e desenvolvimento (Silva et al., 2018). Uma das características mais importantes que favorece expressamente o cultivo da soja, é a sua capacidade de realização do processo denominado de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), ao qual ocorre por meio da simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. Essas bactérias são capazes de capturar nitrogênio atmosférico tornando-o disponível para as plantas (Santos et al., 2022), além de proporcionar benefícios ao produtor com a redução nos custos de produção e operacional, ao não ser preciso realizar aplicações de adubos nitrogenados (Pereira et al., 2021; Gazzoni, 2018).

A planta de soja passa por diversos estágios como, a germinação, crescimento vegetativo, floração e formação de vagens (Igarashi et al., 2020). A fotossíntese desempenha papel crucial na produção de biomassa, respondendo positivamente à altos níveis de luz. Além disso, a regulação hormonal, especialmente auxinas e citocininas, influenciam diretamente na formação de órgãos vegetativos e reprodutivos (Ferreira et al., 2021).

Desenvolvimento tecnológico para o cultivo da soja

É incontestável a relevância da cultura da soja para o agronegócio brasileiro, que desde o ano 2000, tem posicionado o país em evidência devido aos seus índices expressivos tanto em termos de cultivo quanto de exportação (Embrapa, 2020). Em 2020, o Brasil conquistou o posto de maior produtor global de soja, sendo responsável 50% das exportações mundiais desse grão (Oliveira, 2019).

Os avanços na área de melhoramento genético, nutrição e tecnologias de cultivo, possibilitou a soja alcançar maiores níveis de produtividade (Oliveira, 2019). Entretanto devemos ressaltar a importância dos macros e micronutrientes aplicados à cultura, no intuito de melhorar a eficiência da cultura com a utilização desses fertilizantes (Carvalho et al.,

2012). A cultura obtém boa parte do nitrogênio por processos naturais de fixação biológica (Zancanaro et al., 2019). Entretanto, fósforo e potássio devem receber maior atenção na adubação, pois, depois do nitrogênio, são os nutrientes mais exigidos pela cultura (Zancanaro et al., 2019).

O potássio, é o segundo elemento mais extraído pela soja, embora não faz parte da estrutura das moléculas orgânicas, este por sua vez desempenha diversas outras funções no vegetal (Gierth, 2007). Atividades como: fechamento estomático, manutenção do pH dos cloroplastos, atuação no metabolismo fotossintético, assimilação de dióxido de carbono (CO₂) e síntese de amido, são funções básicas desempenhadas pelo potássio na fisiologia das plantas (Silva et al., 2017). Além disso, o potássio é importante na mitigação de estresses abióticos, como a salinidade e o estresse hídrico (Taha, 2020).

Potássio na cultura da soja

O consumo de potássio na agricultura brasileira atingiu a marca de 11,06 milhões de toneladas em 2022, conforme dados do Cepea (2023). No entanto, a produção nacional deste fertilizante foi modesta, alcançando apenas 240 mil toneladas, o que equivale a menos de 4,0% da demanda agrícola do país. Essa discrepância resultou em um cenário no qual o Brasil teve que desembolsar mais de US\$ 3,0 bilhões em importações desse insumo. De forma abrangente, mais de 95% do potássio utilizado no território brasileiro provém de fontes estrangeiras (Soratto et al., 2021).

Devido à considerável demanda de potássio na agricultura e à produção nacional ser insuficiente, o Brasil é o quarto maior importador de Cloreto de Potássio (Crusciol et al., 2022). As regiões de destaque na produção concentram-se em países como Alemanha, Bielorrússia, Canadá, Israel e Rússia (Possamai e Serigati, 2022).

No ano de 2021, o mercado do potássio entrou em alerta devido a alguns fatores, que se iniciou com a crise política na Bielorrússia, maior fornecedor mundial da *commoditie*, elevando os preços da tonelada de potássio, gerando preocupação com o fornecimento do insumo. Outro cenário que impulsionou o preço dos fertilizantes, foi o conflito armado entre Rússia e Ucrânia (Carmona, 2022). Estes fatores ocasionam a elevação dos preços no mercado internacional por causa das variações entre oferta e câmbio (Cepea, 2023).

Por conta de toda essa situação referente aos insumos importados pela agricultura brasileira e para que seja possível evitar futuros colapsos no sistema agrícola, pesquisas sobre novas fontes alternativas que possam substituir de forma parcial ou total estes insumos provenientes de importação tornaram-se cada dia mais relevantes (Toniolo et al., 2013).

Pesquisas relacionadas ao uso de rochas minerais compostas de fósforo e/ou potássio começaram a ser desenvolvidas, a rochagem já é um método antigo, porém pouco explorado, ao qual se baseia na aplicação de resíduos da mineração que além de poder suprir de forma total ou parcial as fontes de nutrientes atuais, é uma prática que apresenta grande potencial de sustentabilidade, reduzindo o uso de fertilizantes químicos provenientes de importação e a possível redução dos custos do agronegócio (Silveira, 2016).

O pó de rocha destaca-se como um exemplo de fonte mineral, com potencial para ser utilizado na agricultura. Originado de rochas fonolíticas de natureza vulcânica, esse pó apresenta teores de óxido de potássio (K_2O) situados entre 7% e 13%, sendo sua composição principal constituída por feldspatos e silicatos (Soratto et al., 2021). Além disso, elementos como cálcio (Ca), magnésio (Mg) e ferro (Fe) também estão presentes nessas rochas (Crusciol et al., 2022).

Fontes nutricionais provenientes de pó de rocha são aplicadas via solo com esparramadeira de calcário, promovendo a homogeneização dos nutrientes em área total (Soratto et al., 2021). Outra característica do pó de rocha é sua baixa afinidade com água, garantindo uma liberação gradativa dos nutrientes (Manning, 2018).

Pesquisas vem mostrando resultados positivos do uso de novas fontes de potássio em diversas culturas. Santos et al. (2016) verificaram que o verdete calcinado e acidificado melhorou a absorção de potássio e também a quantidade de matéria seca em $kg\ ha^{-1}$ em milho. Mancuso et al. (2014) estudaram o uso de rochas fonolíticas em café arábica (*Coffea arabica L.*) e observaram ganhos em produtividade nos grãos com a eficiência similar ao uso do cloreto de potássio.

Rochas fonolíticas além de fornecerem potássio, também disponibilizam silício (Si) ao solo, elemento este que é benéfico a culturas como cana-de-açúcar, arroz, trigo, milho e cevada (Hodson et al., 2005). Apesar de não ser considerado um nutriente essencial ao desenvolvimento de diversas espécies de plantas, sua presença apresenta características positivas ao desenvolvimento das culturas (Savvas e Ntatsi, 2015). De acordo com Steiner et al. (2018) o Si promove melhoria na capacidade fotossintética, fortalecimento da parede celular e redução de estresses bióticos e abióticos.

A adubação potássica na soja tem demonstrado benefícios significativos, incluindo o aumento do rendimento de grãos, a melhoria da qualidade dos produtos e a redução da suscetibilidade a estresses ambientais. O potássio também contribui para o desenvolvimento de raízes mais profundas e vigorosas, permitindo uma melhor absorção de água e nutrientes do solo (Santos et al., 2023).

Além disso, a presença adequada de potássio na planta de soja pode aumentar sua resistência a doenças fúngicas e bacterianas, proporcionando uma maior estabilidade no rendimento da cultura ao longo do ciclo da cultura (Oliveira et al., 2019).

A utilização eficiente do potássio na cultura em questão, não apenas beneficia os produtores em termos de aumento da produtividade e qualidade dos produtos, mas também contribui para a sustentabilidade da agricultura. A adoção de práticas de manejo que promovem a disponibilidade equilibrada de potássio no solo pode reduzir a necessidade de fertilizantes sintéticos, minimizando os impactos ambientais associados à sua produção e aplicação (Silva et al., 2022).

Silício na cultura da soja

O silício (Si) é o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre. Embora não seja classificado como um nutriente essencial as plantas, o silício se enquadra no grupo dos elementos benéficos, sua presença tem demonstrado benefícios significativos em diversos cultivos (Rodrigues et al., 2004).

Para as culturas o Silício desempenha um papel fundamental na resistência das plantas a estresses bióticos e abióticos, funções como fortalecimento das paredes celulares das plantas, aumento da resistência a pragas e doenças, redução da transpiração, melhoria na absorção de nutrientes, além de também auxiliar em condições adversas como seca, salinidade e altas temperaturas (Fernandes, 2008).

A soja é uma cultura que também se beneficia da presença de silício no solo. Estudos têm mostrado que a aplicação de silício pode aumentar a resistência da soja a doenças como a *Phakopsora pachyrhizi*. Além disso, o silício pode contribuir para o aumento da produtividade da soja, promovendo um crescimento mais vigoroso das plantas e reduzindo perdas por pragas e doenças (Reis et al., 2010).

Sódio na cultura da soja

O sódio (Na) é um elemento essencial para, as plantas. Embora seja necessário em quantidades muito pequenas, o sódio desempenha várias funções importantes no metabolismo vegetal. No entanto, em excesso, pode ser prejudicial e afetar negativamente o crescimento e desenvolvimento das culturas (Borges et al., 2022).

O sódio desempenha funções importante as plantas como a regulação osmótica juntamente com o potássio durante a abertura e fechamento estomático, na manutenção do equilíbrio iônico juntamente com outros íons como potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) e na ativação de enzimas específicas. No entanto, sua presença em concentrações elevadas no

solo pode causar estresse salino e afetar a absorção de outros nutrientes pelas plantas (Cardoso et al., 2010).

A soja é uma cultura que apresenta alta sensibilidade ao acúmulo excessivo de sódio no solo. Altas concentrações deste elemento podem resultar em estresse salino, reduzindo o crescimento e a produtividade da soja. Em áreas onde a salinização do solo é um problema, a gestão adequada da irrigação e a escolha de práticas agrícolas adequadas são essenciais para minimizar os efeitos negativos do sódio na cultura da soja (Soares et al., 2015).

Ekosil

O Ekosil é um fertilizante mineral derivado de rocha fonolítica de origem vulcânica, extraído na cidade de Poços de Caldas-MG. Constituído principalmente por feldspatos potássicos e feldspatoide, como microclínio, ortoclásio, sanidina e nefelina, possui aproximadamente 8% de K_2O , 25% de Silício (Si), além de outros nutrientes essenciais para as plantas, como cálcio, magnésio e ferro. Devido ao seu elevado teor de óxidos alcalinos, o fonólito é amplamente utilizado pelas indústrias cerâmicas. O Ekosil não passa por processos térmicos ou químicos em sua produção. (Azevedo, 2021).

Este fertilizante libera lentamente o potássio contido, conforme a presença de água ou matéria orgânica, reduzindo as perdas desse nutriente por lixiviação. Sua aplicação é única eliminando a necessidade de parcelamento e ocorre diretamente via solo com aproximadamente 30 dias antes da semeadura. Ao contrário do KCl, não acidifica o solo e mantém seu pH e V% estáveis devido às características de alcalinidade e baixa salinização. O silício presente também beneficia o desenvolvimento das plantas, reduzindo a adsorção de fósforo pelo solo e fortalecendo as paredes celulares, o que dificulta o ataque de pragas. No entanto, o Ekosil possui um teor relativamente baixo de K_2O , exigindo doses elevadas e, conseqüentemente, aumentando o custo do frete para sua aplicação (Teixeira, et al., 2015).

Potasil

O Potasil é um fertilizante mineral derivado de rocha fonolítica de origem vulcânica, extraído na cidade de Poços de Caldas-MG. Constituído principalmente por feldspatos potássicos e feldspatoide, possui aproximadamente 12% de K_2O , 25% de Silício em sua composição química, além de outros nutrientes essenciais para as plantas, como cálcio, magnésio e zinco. O Potasil não passa por processos térmicos ou químicos em sua produção, durante o processo de formação da rocha.

Acredita-se que o Potasil passou por processos de hidrotermalização, onde altas temperaturas na água ambiente possam ter interferido no processo de formação desta rocha,

apresentando composição mineral diferente quando comparada rocha Ekosil. Este fertilizante libera lentamente o potássio contido semelhante a fonte Ekosil, reduzindo as perdas desse nutriente por lixiviação. Sua aplicação também ocorre de maneira única eliminando a necessidade de parcelamento e é realizada diretamente via solo com aproximadamente 30 dias antes da semeadura. Durante a realização deste experimento não foram encontradas nenhuma pesquisa bibliográfica referente a utilização da fonte Potasil na agricultura.

OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo avaliar o uso dos produtos Ekosil e Potasil como fonte de fornecimento de potássio alternativa ao Cloreto de Potássio (KCl) sobre a produtividade na cultura de soja.

MATERIAL E MÉTODOS

Área experimental

O experimento foi conduzido em condições de campo, na safra 2022/2023 conforme zoneamento agrícola na área experimental da Universidade Estadual de Goiás, Campus Sul, Unidade Universitária de Ipameri, Localizada no município de Ipameri-GO, cujas coordenadas geográficas são 17° 71' 85" Sul 48° 12' 81" Oeste e altitude de 794 m.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen-Geiger (Cardoso et al., 2014) é definido como clima tropical (Aw), constando estação seca no inverno. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, com textura argila arenosa (Scariot, 2005), onde os atributos químicos e físicos do solo foram determinados antes da instalação do experimento, segundo metodologia proposta por Ribeiro et al. (1999) e apresentaram os seguintes valores dos atributos químicos, na camada de 0-20 cm: 3,7 mg dm⁻³ de P (Melich); 14,0 mg dm⁻³ de M.O.; pH em CaCl₂ de 5,4; 0,13 mg dm⁻³ de K; 1,10 cmolc dm⁻³ de Ca; 0,54 cmolc dm⁻³ de Mg; H+Al de 4,12; CTC com 6,40 e saturação por bases de 31,1%. Já os valores dos atributos físicos foram: areia 490 g kg⁻¹, silte 66 g kg⁻¹ e argila 444 g kg⁻¹.

Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, arranjos em esquema fatorial 3 x 5, sendo três fontes de potássio (Cloreto de potássio, Ekosil e Potasil) e cinco doses (0; 50; 100; 150 e 200 kg ha⁻¹), aplicadas via solo. As concentrações de potássio das respectivas fontes são: Cloreto de potássio (58% de K₂O), Ekosil (8% de K₂O e 25% de Si) e Potasil (12% de K₂O e 25% de Si). Cada parcela foi formada por seis linhas de cinco metros de comprimento com espaçamento de 0,50 m entre si, e 12 plantas por metro linear, perfazendo uma área total de 20 m². A área considerada útil foi constituída pelas três linhas centrais, desprezando-se 1,0 m em ambas as extremidades de cada parcela.

Manejo do experimento

Utilizou-se o sistema de plantio direto, sobre palhada de sorgo. A adubação de base foi realizada de acordo com a análise do solo e segundo recomendação de Ribeiro et al. (1999) utilizando 250 kg ha⁻¹ de MAP (11% de N e 52% de P₂O₅). A cultivar de soja utilizada foi a NEO 750 IPRO, com ciclo indeterminado sendo a semeadura realizada através do conjunto trator-semeadora-adubadora com sete linhas, equipadas com mecanismos de distribuição de

sementes com discos alveolados horizontais e mecanismos de aplicação de fertilizantes com sulcadores.

As sementes foram tratadas com inseticida sistêmico com o princípio ativo Ciantraniliprolí (600 g/L), utilizando 60 mL do produto para cada 100 kg de sementes. Também utilizou fungicida sistêmico Tiofanato Metílico (350 g/L) mais o Fluazinam (52,5 g/L) na dose de 200 mL do produto para cada 100 kg de sementes. A inoculação foi líquida utilizando 240 mL para cada 100 kg de sementes do produto com bactérias *Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii*, com garantia de unidades formadoras de colônia 7×10^9 UFC/mL.

A aplicação das fontes de potássio foi realizada de forma manual, com seus respectivos tratamentos em cada uma das parcelas aos 30 dias antecedentes a semeadura. Os demais tratos culturais, como controle de plantas daninhas foram feitos com a utilização de herbicidas. Também foram realizadas aplicações de fungicidas e inseticidas conforme recomendação de Sedyama et al. (2015), executados de forma mecanizada, utilizando-se pulverizadores tratorizados.

Variáveis analisadas:

- *Índice relativo de clorofila*: foi realizada a leitura indireta do teor de clorofila das folhas de soja, com o auxílio de um clorofilômetro portátil (clorofiLOG modelo CFL 1030), quando as plantas estavam no estágio R1, utilizado a metodologia proposta por Silva et al. (2020), onde foram avaliadas as folhas do terço médio da planta. A leitura foi realizada em cinco plantas de soja aleatoriamente em cada parcela, obtendo-se a média por parcela e os resultados foram expressos em índice de clorofila Falker (ICF).
- *Teor de potássio, sódio e silício foliar*: Foram coletadas 30 folhas dentro de cada parcela em plantas aleatórias, sendo escolhida a 3ª folha a partir do ápice na haste principal, conforme recomendado por Ribeiro et al. (1999) e as amostras foram determinadas conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1997), para potássio e sódio, e por Korndorfer et al. (2004) para silício;
- *Teor de potássio no grão*: Foram coletadas 50 g de sementes para cada uma das parcelas, conforme recomendado por Ribeiro et al. (1999) e as amostras foram determinadas conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1997), para potássio.

Para os componentes da produção, foram amostradas dez plantas da área útil de cada parcela, por ocasião da colheita, e levadas para o laboratório para determinação das seguintes variáveis:

- *Altura de planta*: do solo até o ápice das plantas, individualmente de forma aleatória na parcela e posteriormente, apresentou-se o resultado das médias em centímetros (cm);
- *Diâmetro do caule*: mensurado na base do colo, como auxílio de paquímetro digital com duas casas decimais em milímetros (mm);
- *Altura de inserção da primeira vagem*: foi determinada medindo-se a distância compreendida entre a superfície do solo e o ponto de inserção da primeira vagem em centímetros (cm);
- *Número de vagem por planta*: realizou-se a coleta e contagem das vagens presentes em cada uma das dez plantas referente a cada parcela;
- *Comprimento de vagem*: foi realizada com auxílio de uma régua graduada, medindo-se de uma extremidade a outra da vagem em centímetros (cm);
- *Número de grãos por vagem*: realizou-se a contagem do número de grãos presentes nas vagens, obtendo-se o total de grãos, sendo este número dividido pelo número de vagens total de cada uma das plantas, resultando na média;
- *Massa de 100 grãos*: contagem de 100 grãos por parcela, realizando a pesagem com o auxílio de balança de precisão em gramas (g);
- *Produtividade de grãos em kg ha⁻¹*: determinada por meio da colheita e trilha da parcela útil, colhendo-se 30 plantas por parcela. Para calcular a produtividade após a trilha, o teor de água dos grãos foi ajustado para 13,0%, sendo também realizado os descontos das impurezas, o resultado expresso em kg ha⁻¹.
- *Massa Hectolétrica*: determinado pela densidade dos grãos das 30 plantas coletadas por parcelas, em balança especial de massa hectolétrica de 0,25 L, com teor de água dos grãos corrigidos para 13% (base úmida).

Análise experimental

Os dados foram submetidos a análise de variância (teste F) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para as fontes e doses foram realizadas análises de regressão. As análises estatísticas foram processadas utilizando o software R, versão 4.2.2 (R CORE TEAM, 2023).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 é possível observar os valores de temperatura máxima, mínima e a precipitação pluviométrica entre os meses de condução do experimento. Pode-se observar que a precipitação ocorreu de forma regular, o mês que proporcionou menores precipitações durante a condução do experimento foi outubro de 2022 com acumulado de 86,8 mm. Já o mês de janeiro de 2023 apresentou o maior volume de chuvas com acúmulo de 359,9 mm.

Durante a condução do experimento a temperatura média diária ficou próxima dos 25,26 °C (Figura 1), sendo esta considerada ideal para o desenvolvimento da cultura da soja, pois segundo Embrapa (2010) a faixa de temperatura ideal para a soja está entre 20 e 35°C.

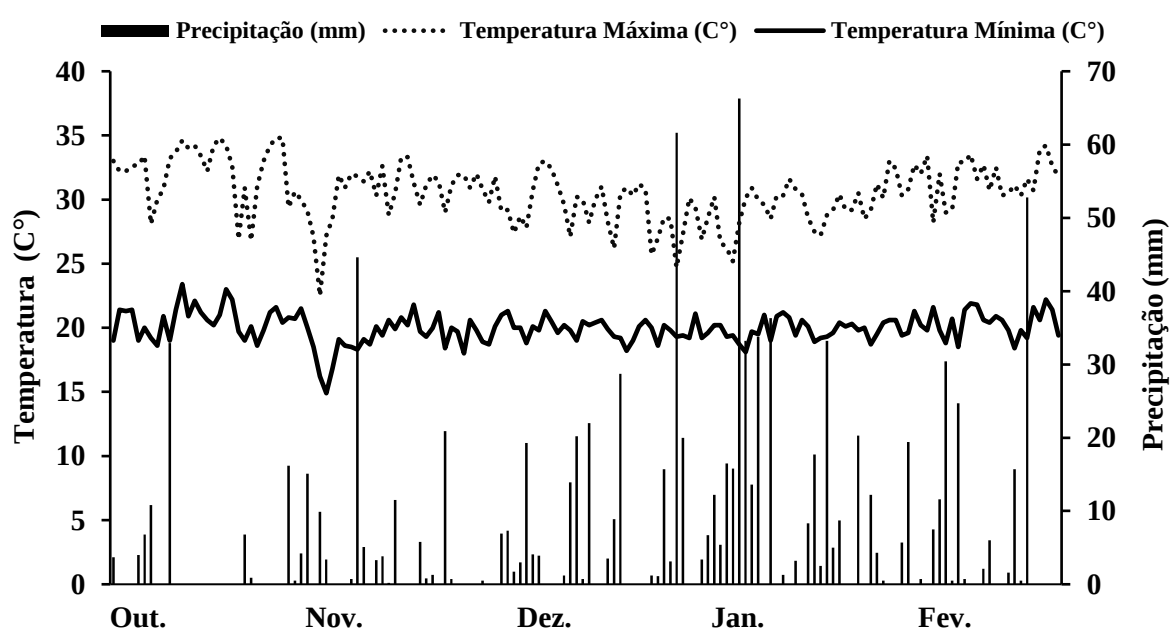


Figura 1. Valores de temperatura máxima, mínima e precipitação pluvial na Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ipameri, no período entre outubro de 2022 a fevereiro de 2023. Ipameri-GO, 2024. Fonte: INMET, 2024.

Em relação as fontes avaliadas neste estudo, os resultados foram semelhantes para as seguintes variáveis: teor de potássio foliar, teor de sódio foliar, teor de silício foliar, índice relativo de clorofila, altura de planta, diâmetro do caule. A variável inserção da primeira vagem foi significativa apenas para as doses.

Tabela 1. Teor de potássio foliar (TKF), Teor de sódio foliar (TNAF), Teor de silício foliar (TSIF), Índice relativo de clorofila (IRC), altura de planta (ALTP), diâmetro do caule (DIAC) e inserção da primeira vagem (IPV) em plantas de soja para fontes e doses de potássio. Ipameri-GO.

Fontes de K	TKF	TNAF	TSIF	IRC	ALTP	DIAC	IPV
	---- g kg ⁻¹ MS ----			ICF	cm	mm	cm
KCl	14,21	2,49	1,46	42,01	90,45	7,81	13,23
Potasil	13,43	2,52	1,49	42,58	90,36	7,74	13,61
Ekosil	13,78	2,56	1,49	42,65	90,82	7,68	13,28
Valor de F (Fontes)	0,78 ^{ns}	1,21 ^{ns}	0,44 ^{ns}	1,05 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,73 ^{ns}
Doses de K (kg ha ⁻¹)							
0	13,85	2,43	1,47	42,51	87,85	8,23	---
50	13,14	2,51	1,49	42,36	91,36	7,66	---
100	14,86	2,58	1,48	42,37	89,98	7,58	---
150	13,44	2,88	1,43	42,22	90,15	7,45	---
200	13,75	2,57	1,54	42,63	93,36	7,80	---
Valor de F (Doses)	1,31 ^{ns}	2,47 ^{ns}	1,60 ^{ns}	0,13 ^{ns}	2,33 ^{ns}	2,48 ^{ns}	3,69 [*]
Valor de F (Interação)	0,49 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,70 ^{ns}
CV (%)	14,28	5,47	7,13	3,60	5,07	8,51	8,08

Médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns} = Não Significativo; * = Significativo a 5% de probabilidade.

Na Tabela 1, são apresentados os, valores de F, coeficientes de variação e médias de tratamentos para as variáveis. Em trabalho realizado por Petter et al. (2012) não foram observadas diferenças entre a testemunha e os tratamentos com as doses de potássio até a aplicação de 150 kg ha⁻¹. Todavia, esse aumento nas concentrações de K nas folhas não influenciou o teor relativo de clorofila total (Tabela 1), evidenciando não haver correlação direta entre níveis de K nas folhas e síntese de clorofila. Aumento no teor de K em plantas de soja foi verificado por Serafim et al. (2012) com a aplicação de doses crescentes de cloreto de potássio. Já para os teores de clorofila, esses dados corroboram com os obtidos por Sousa et al. (2010), que não verificaram efeito da aplicação de K nos teores de clorofila em plantas de milho e feijão respectivamente.

Crusciol et al. (2022) observou aumento de potássio foliar nas culturas de milho, soja, feijão e arroz em Latossolo Vermelho Distroférrico argiloso na região de Botucatu-SP, e constatou que as concentrações de potássio foliar foi significativamente afetada pelas doses de fertilizantes, mas não pelas fontes fonolítica e silicática, seus dados mantiveram dentro da faixa de 17 à 25 g de potássio por kg⁻¹ de matéria seca foliar, valores considerados adequados

para a cultura da soja. Neste estudo os valores para as concentrações de potássio foliar variaram entre 13,14 e 14,86 g de potássio por kg^{-1} estes valores foram um pouco abaixo das encontradas por Crusciol et al. (2022), essa diferença está relacionada ao uso de variedades distintas, as quais apresentam características de adaptação específica para cada região e clima.

Os resultados apresentados na Tabela 1, indicam que não houve diferença significativa para o teor de sódio foliar, onde o tratamento controle apresentou 2,43 g kg^{-1} . Não foram encontrados trabalhos que avaliam os teores deste elemento em folhas de soja, mas somente em sementes, Azambuja et al. (2015) afirmou em seus estudos que as quantidades de sódio em sementes de soja podem varia de 1,77 a 3,37 g kg^{-1} de massa seca.

Não foram significativos os valores para silício foliar conforme apresentado na Tabela 1. As fontes Ekosil e Potasil apresentam 25% de silício em sua composição mineral, o tratamento controle apresentou 1,47 g kg^{-1} de silício foliar enquanto o maior valor encontrado ocorreu para a dose de 200 kg ha^{-1} com 1,54 g kg^{-1} . Em trabalho realizado por Crusciol et al., (2022) plantas de soja apresentaram de 2,5 até 3,6 g kg^{-1} de silício foliar, seus resultados destacaram que o silício proporcionou maior número de vagens por planta e, conseqüentemente, maior produtividade de grãos das culturas da soja, feijão e amendoim.

Os resultados apresentados na Tabela 1, indicam que não houve diferença significativa para o índice relativo de clorofila em relação às diferentes fontes e doses de potássio. Este padrão é consistente com estudos anteriores realizados por Boldrin et al. (2019) em culturas de milho e feijão, que também não encontraram diferenças significativas na relação entre fontes e doses de potássio e o índice relativo de clorofila.

Para as variáveis altura de plantas e diâmetro do coleto, os resultados não apresentaram valores significativos para fontes e doses, a altura variou entre 87,85 e 93,36 cm para os tratamentos testemunha e 200 kg ha^{-1} de potássio respectivamente, e o diâmetro entre 7,45 e 8,23 mm para os tratamentos 150 kg ha^{-1} e testemunha respectivamente. Estes resultados foram divergentes aos valores encontrados por Petter et al., (2014) onde plantas de soja apresentaram regressão quadrática para os tratamentos avaliados com a dose de 90 kg ha^{-1} de potássio obtendo maiores altura e diâmetro de plantas. O potássio é um elemento essencial que atua no processo de fotossíntese, uma vez que participa da síntese da enzima ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase oxigenase, que é fundamental na fixação de carbono para a formação de glicose. Por esta ocasião diferentes concentrações de potássio podem interferir no desenvolvimento das plantas em altura e diâmetro (Silva et al., 2022).

Os resultados para inserção da primeira vagem IPV revelam uma diferença significativa em relação aos tratamentos somente para as doses. Firmiano et al. (2022) não observaram diferenças entre o tratamento testemunha e os tratamentos com as doses de

potássio até a aplicação de 90 kg ha^{-1} , os autores destacam que, a IPV é uma variável de grande importância, já que inserções muito próximas ao solo representam perdas na colheita, uma vez que a plataforma da colhedora pode cortar as plantas acima da primeira vagem.

Conforme apresentado na Figura 2, o maior valor para IPV ocorre para aplicações de $137,56 \text{ kg ha}^{-1}$ independente da fonte avaliada, com altura de $13,86 \text{ cm}$. Zambiazzi et al. (2017) destacaram em seu estudo sobre o bom rendimento operacional da colhedora, para as plantas de soja que apresentam IPV igual ou superior a 12 cm . Entretanto, para a maioria das áreas de produção a altura satisfatória está em torno da faixa de 12 a 15 cm acima do nível do solo (Rocha et al. 2012).

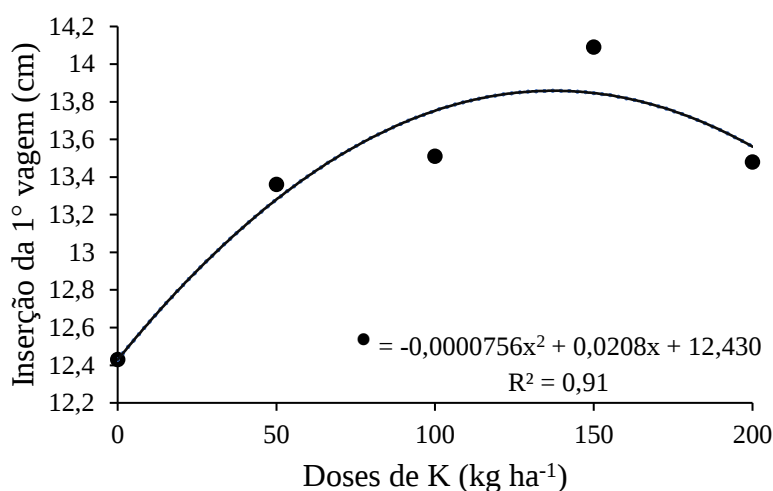


Figura 2. Inserção da primeira vagem em função das doses de potássio na cultura da soja. Ipameri-GO, 2022.

A altura da inserção da primeira vagem de soja, muitas vezes referida como a altura da inserção da primeira flor, é mais frequentemente influenciada por fatores genéticos e ambientais, como a variedade da soja, condições climáticas, disponibilidade de água, temperatura, fotoperíodo e práticas de manejo agrícola (Liu et al., 2022). No entanto, é importante manter um equilíbrio adequado de nutrientes no solo para promover um ótimo crescimento as plantas, o que inclui garantir níveis adequados de potássio, juntamente com outros nutrientes essenciais. Práticas de fertilização equilibrada e manejo cuidadoso do solo podem ajudar a promover o desenvolvimento saudável das plantas (Gierth, 2007).

Não houve diferença significativa entre as fontes estudadas para as variáveis: comprimento de vagens, número de grãos por vagem, teor de potássio nos grãos e massa de 100 grãos para fontes e doses (Tabela 2). Quanto ao número de vagens por planta os resultados foram significativos. Massa hectolétrica, potássio exportado pelos grãos e produtividade foram significativos (Tabela 2).

Tabela 2. Comprimento de vagem (CV); número de vagens por planta (NV); número de grãos por vagem (NGV); teor de potássio no grão (TKG); massa hectolétrica (MH); massa de 100 grãos (M100), potássio exportado pelos grãos (PEX) e produtividade (PROD) em plantas de soja em função das fontes e doses de potássio. Ipameri-GO, 2022.

Fontes de K	CV	NGV	M100	NV	TKG	MH	PEX	PROD
	cm	---	g	---	g kg ⁻¹	kg/100L	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
KCl	3,82	2,74	15,91	---	11,45	73,16	49,17	4295,15
Potasil	3,80	2,78	15,81	---	11,31	73,11	46,33	4096,85
Ekosil	3,84	2,78	15,57	---	11,76	72,98	50,87	4318,60
Valor de F (Fontes)	0,25 ^{ns}	0,21 ^{ns}	1,35 ^{ns}	5,04*	0,76 ^{ns}	0,43 ^{ns}	1,11 ^{ns}	1,88 ^{ns}
Doses de K (kg ha ⁻¹)								
0	3,89	2,85	15,58	---	11,52	---	---	---
50	3,81	2,71	15,66	---	11,20	---	---	---
100	3,76	2,70	15,63	---	11,40	---	---	---
150	3,79	2,73	15,90	---	11,26	---	---	---
200	3,84	2,83	16,04	---	12,15	---	---	---
Valor de F (Doses)	0,71 ^{ns}	1,15 ^{ns}	1,04 ^{ns}	17,13*	1,22 ^{ns}	3,11*	2,94*	5,57*
Valor de F (Interação)	0,66 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,67 ^{ns}	3,75*	1,11 ^{ns}	1,48 ^{ns}	1,75 ^{ns}	2,13 ^{ns}
CV (%)	5,16	8,12	4,24	4,75	10,33	0,81	14,43	6,79

Médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns} = Não Significativo; * = Significativo a 5% de probabilidade.

Para as variáveis comprimento de vagens e número de grão por vagens os resultados não apresentaram valores significativos para fontes e doses, o comprimento variou entre 3,76 e 3,89 cm para os tratamentos 100 kg ha⁻¹ e testemunha respectivamente, e os números de grãos por vagens entre 2,70 e 2,85 cm para os tratamentos 100 kg ha⁻¹ e testemunha respectivamente. Estas duas variáveis estão diretamente interligadas, uma vez que quanto maior tamanho das vagens maior é a quantidade de grãos presentes, considerado quando todos os grãos apresentam boa formação.

Para a massa de 100 grãos os resultados encontrados na Tabela 2 não foram significativos para fontes e doses, a massa variou de 15,58 para 16,04 g para os tratamentos testemunha e 100 kg ha⁻¹ respectivamente. Bazzo et al., (2021) verificou-se que as plantas que receberam a dose de 200 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio resultaram na produção de grãos de maior massa, sem diferir significativamente os tratamentos com 50, 100, e 150 kg ha⁻¹. O menor valor para a característica em questão foi constatado no tratamento com ausência de adubação com potássio.

Ao avaliar o número de vagens por planta, observa-se ajuste quadrático dos dados para as fontes e doses avaliadas conforme ilustrado na Figura 3, os pontos de máxima estimados foram 102,66, 132,14 e 178,72 kg ha⁻¹ de Potasil, Ekosil e KCl respectivamente, e os valores para o número de vagens foram de 57, 60 e 67 para as fontes Potasil, Ekosil e KCl, respectivamente.

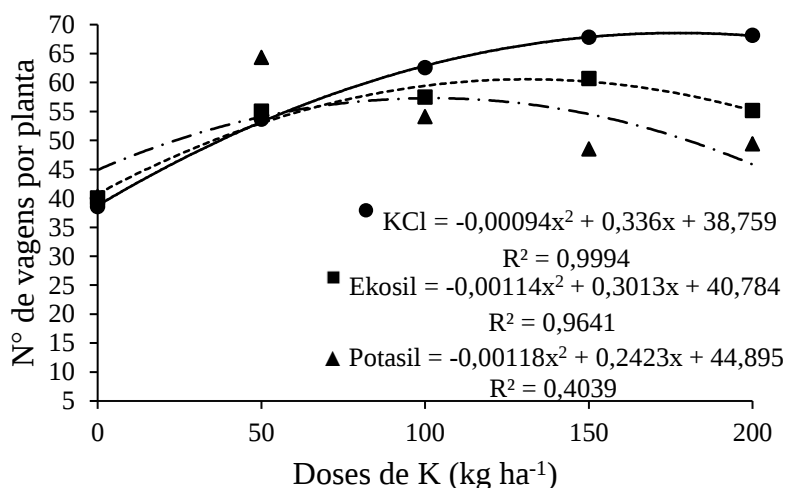


Figura 3. Interação entre as fontes e doses de potássio para o número de vagens por planta em função das doses de potássio na cultura da soja. Ipameri-GO, 2023.

A disponibilidade do elemento potássio abaixo das concentrações exigidas pela cultura da soja pode ocasionar efeitos negativos para o desenvolvimento da cultura, um desses efeitos é a redução do número de vagens por planta. Dessa forma, destaca-se a importância da adubação com potássio para um bom desenvolvimento da cultura da soja, (Tonini et al., 2023). As fontes Ekosil e Potasil apresentam baixa solubilidade, este fator nos leva a crer que durante o processo de floração, as plantas de soja não possuíam na solução do solo quantidades significativas de potássio para que pudessem garantir uma maior carga de vagens por planta (Teixeira et al., 2015).

O potássio é um elemento essencial que auxilia no não abortamento de flores, estas flores são partes fundamentais para a formação de vagens e posteriormente de grãos. Como as fontes Ekosil e Potasil não tiveram tempo de disponibilizar parte de seu potássio até a etapa de formação das vagens, leva-se a crer que o solo ainda não possuía quantidades significativas deste elemento, fazendo assim, com que as plantas abortassem ou produzissem uma menor quantidade de flores, e que consequentemente acarretou em uma variação no número de vagens inferior a fonte de alta solubilidade KCl (Nóbrega et al., 2017; Batista et al., 2018).

Para o teor de potássio nos grãos os resultados encontrados na Tabela 2 não foram significativos para fontes e doses, o teor variou entre 11,22 e 12,15 g kg⁻¹ de semente para os tratamentos 50 kg ha⁻¹ e 150 kg ha⁻¹ de potássio respectivamente. Estes resultados foram

divergentes dos encontrados no trabalho de Serafim et al, (2012) onde o incremento dos teores de K no grão tem uma relação quadrática com as doses de K, apresentando o máximo acúmulo de K no grão, 18,5 g kg⁻¹ para 200 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio. O transporte de fotoassimilados pelo floema demanda a presença de K, sendo restrito quando este nutriente está deficiente (GURGEL et al., 2010), assim, o aumento de K no grão é esperado, por se tratar do principal dreno da planta de soja.

A massa hectolétrica não diferiu estatisticamente para as fontes, entretanto apresentou-se significativa para as doses, para a quantidade de 176,66 kg ha⁻¹ de potássio e com massa hectolétrica de 73,28 kg 100L⁻¹ (Figura 4). Cavalcante et al. (2016), obtiveram diferença significativa para massa hectolétrica na cultura do trigo para doses de nitrogênio e potássio. Paredes et al., (2023) encontraram valores de massa hectolétrica decrescentes, conforme se aumentavam as doses de nitrogênio e potássio de 0 a 200 kg ha⁻¹. A massa hectolétrica se refere ao peso bruto da semente em um volume de 100 litros, esta variável é considerada como um fator de qualidade para a cultura do trigo, onde massas hectolétrica mais densas produzem uma maior quantidade de farinha de melhor qualidade (Santos et al., 2015). Para a cultura da soja, ainda não existem padrões definidos para a massa hectolétrica, sendo os resultados apresentados neste estudo como pioneiros, entretanto vale ressaltar que valores médios para massa hectolétrica para a cultura do trigo em relação a 6 variedades foi de 69,73 kg 100L⁻¹, valores estes pouco abaixo da massa hectolétrica para a cultura da soja encontrada neste estudo.

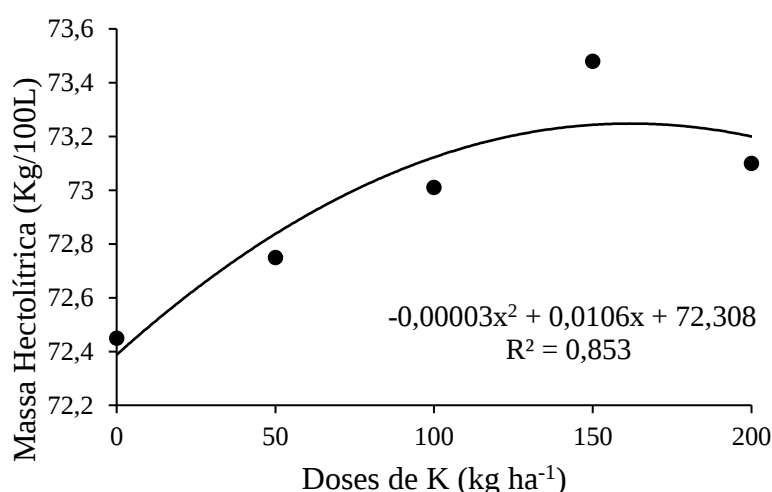


Figura 4. Massa Hectolétrica em função das doses de potássio na cultura da soja. Ipameri-GO, 2022.

Segundo Frigo et al., (2018) cultivares de soja de ciclo indeterminado apresentam como característica uma maior demanda pela extração do elemento potássio. Os grãos de soja podem exportar até 53% do potássio presente na planta (Mendes et al., 2018). Conforme apresentado na Figura 5, a extração de potássio pelos grãos de soja não apresentou valores

significativos quanto as fontes, porém quanto mais elevada foi a dose de potássio aplicada, os grãos absorveram cada vez mais o elemento.

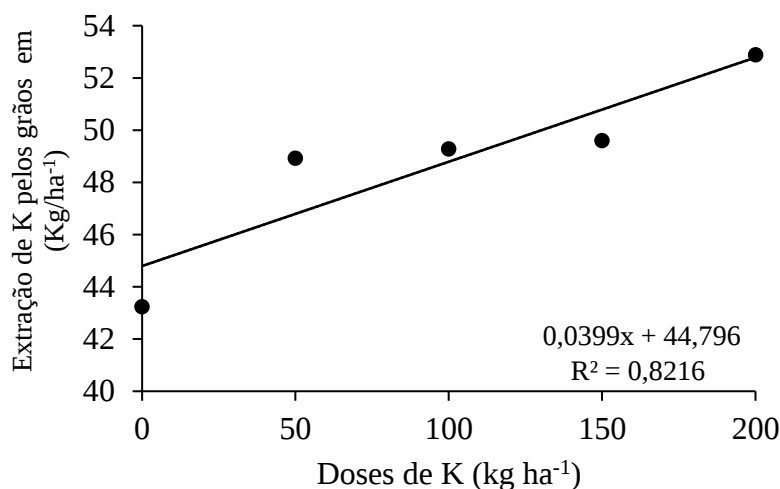


Figura 5. Quantidade de potássio (K) extraído do solo pelos grãos de soja em Kg/ha⁻¹. Ipameri-GO, 2023.

Azambuja et al., (2015) cita em seu trabalho que existe uma sequência de acúmulo de nutrientes nas sementes, independente de seus tamanhos, variedades e formatos conforme a seguinte ordem de grandeza $N > K > P > Ca > Mg > S$. Isto nos leva ao entendimento do quanto a adubação potássica é bastante relevante para uma boa produtividade.

Quanto a produtividade da soja, não houve efeito da interação entre as fontes de potássio (Figura 6). Na Figura 6, observa-se o ajuste dos dados para produtividade somente em relação as doses para a aplicação de 138,18 kg ha⁻¹ de potássio. A produtividade média foi de 4.445,3 kg ha⁻¹. Sendo a produtividade encontrada neste trabalho, superior à média nacional da safra 2023/2024 de 3.508 Kg/ha⁻¹ e média de 3.900 kg ha⁻¹ no Estado de Goiás (Embrapa, 2023).

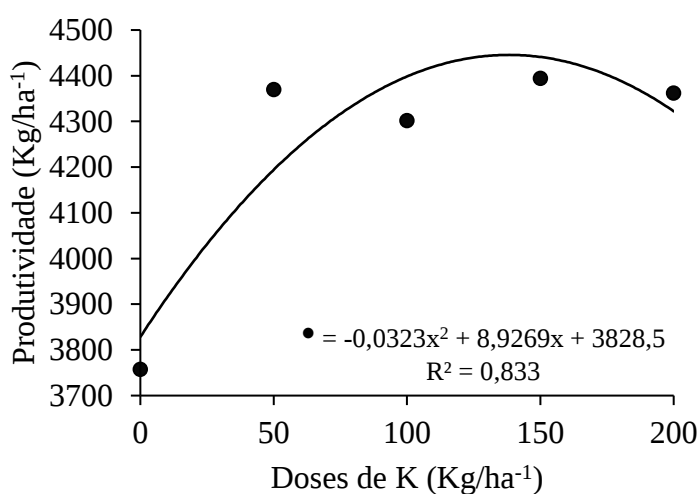


Figura 6. Produtividade de grãos em função das doses de potássio na cultura da soja. Ipameri-GO, 2023.

Muitos estudos são realizados visando o estabelecimento dos valores críticos de potássio no solo para a cultura da soja, para que possa ser avaliada a resposta da cultura em relação ao elemento (Zambiazzi, 2017). A partir deste pressuposto, a resposta apresentada pelas fontes potássicas aplicadas via solo apresentou respostas significativas para o bom desenvolvimento da cultura de soja, uma vez, em que o solo deste experimento apresentava $50,83 \text{ mg/dm}^{-3}$ de potássio antes da instalação do experimento. Os boletins agronômicos destacam que para uma boa produtividade, a cultura da soja necessita de aproximadamente 91 mg/dm^{-3} de potássio no solo, de acordo com a Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2016), isto nos leva a certeza de que a aplicação das fontes potássicas foi capaz suprir o déficit do elemento no solo.

CONCLUSÃO

A adubação potássica para as fontes Ekosil e Potasil foram capazes de atingir os níveis satisfatórios em produtividade para a cultura da soja quando comparadas a fonte cloreto de potássio.

As fontes avaliadas não apresentaram resultados significativos quanto a produtividade de grãos para a cultura da soja, o valor de máximo rendimento ocorreu para a aplicação de 138,18 kg ha⁻¹ de potássio independente da fonte.

REFERÊNCIAS

- AZAMBUJA MAGALHÃES, W., MEGAIOLI, T. G., DA SILVA FREDDI, O., DOS SANTOS, M. A. Quantificação de nutrientes em sementes de soja. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 13, n. 2, 2015.
- AZEREDO, Vinicius. Resposta do capim humidicola (*Urochloa humidicola*) a doses dos fertilizantes cloreto de potássio e ekosil. 2021.
- BAGALE, S. Nutrient management for soybean crops. **International Journal of Agronomy**, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2021.
- BATISTA, M. A.; INOUE, T. T; NETO, M. E.; MUNIZ, A. S. Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral, p.113-162. 2018.
- BAZZO, J. H. B., DO CARMO SANTOS, A., & DE LUCENA MARINHO, J. Doses de potássio e boro em cobertura no desempenho produtivo da soja. **Agrarian**, v. 14, n. 54, p. 404-411, 2021.
- BOLDRIN, P. F., SOUTO, H. F., SALLES, L. S., NETO. A. E. F. Fontes alternativas de potássio para o cultivo do milho. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 43, p. 9, 2019.
- BORGES, I. O., DE NOVAIS MIRANDA, E. H., BRITO, F. M. S., DA SILVA ALTAFIN, N. C., MENDES, L. M., & JÚNIOR, J. B. G. Potencial de utilização de resíduos da cultura de soja tratados com água e hidróxido de sódio para produção de painéis aglomerados. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, 2022.
- CARDOSO DA SILVA, J. I., FERNANDES, D. M., ROCHA PEREIRA, M. R., LELES, E. P., DA SILVA PEREIRA, F. R., CRUZ, S., & CARLOS, S. Interferência do hipoclorito de sódio na absorção de macro e micronutrientes nas culturas da soja e do feijão. **Bioscience Journal**, p. 257-265, 2010.
- CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. **ACTA Geográfica**, v. 8, n. 16, p. 40-55, 2014.
- CARMONA, Renaldo. A guerra na Ucrânia: uma análise geopolítica. 2022. Disponível em < <https://cebri.org/revista/br/artigo/46/a-guerra-na-ucrania-uma-analise-geopolitica> > Acesso em 14 de abril de 2024.
- CARVALHO, E. R., DE REZENDE, P. M., DOS PASSOS, A. M., OLIVEIRA, J. A. Diagnose foliar e produtividade da soja, em razão de doses e tecnologias de manufatura de fertilizantes formulados NPK. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n.3, p.402-408, 2012.
- CAVALCANTE, J. A., PRIMIERI, C., RIBEIRO, E. T., DELUCA, R., DA SILVA, W. G. Produtividade do trigo através de diferentes formas de adubação na semeadura e em cobertura. **Revista cultivando o saber**, p. 1-13, 2016.

CAVALLI, EDILSON, AND ANDERSON LANGE. "Efeito residual do potássio no sistema de cultivo soja-milho safrinha no cerrado Mato-Grossense." **Revista Cultura Agronômica**, v. 27, n. 2, 2018.

CEPEA. Com forte dependência do mercado externo, setor nacional de fertilizantes enfrenta desafios. 2023. Disponível em: < <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/opiniao-cepea/com-forte-dependencia-do-mercado-externo-setor-nacional-de-fertilizantes-enfrenta-desafios.aspx> >, Acesso em: 27 de dezembro de 2023.

CRUSCIOL, C. A. C., SORATTO, R. P., GILABEL, A. P., COSTA, C. H. M., CAMPOS, M., CASTRO, G. S. A., NETO, J. F. Aplicação a lanço de rochas silicáticas moídas como fontes de potássio para culturas de grãos. **Regional Agrominerals**, v. 57, p. 11, 2022.

Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS). Manual de adubação e de calagem para os estados do RS e SC. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo- Núcleo Regional Sul. p. 316, 2016.

CONAB – Disponível em < <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5211-primeiro-levantamento-da-safra-2023-24-traz-uma-estimativa-de-producao-de-317-5-milhoes-de-toneladas> > Acessado em 12 de abril de 2024.

DINIZ, W. A., CÔRREA, F. R., DA SILVA, N. F., DA SILVA CAVALCANTE, W. S., RIBEIRO, D. F., RODRIGUES, E. Controle de buva em pré-semeadura na cultura da soja em Goiás, Brasil. **Brazilian Journal of Science**, v. 2, n. 3, p. 82-91, 2023.

EMBRAPA. Empresa brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Características da soja**. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/soja>. Acesso em: 15 de janeiro de 2024.

EMBRAPA. Dados econômicos Soja em números (safra 2022/23). 2010. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>> acesso em: 15 de março de 2024.

EMBRAPA. IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DA SOJA. Agência Embrapa de Informação e Tecnologia. 2020. Disponível em: < https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/ar_vore/CONTAG_01_12_271020069131.html >. Acesso em: 30 de agosto de 2022.

FERNADES, F. A. Persistência de palhada de plantas de cobertura em função de doses de silício e resposta do feijoeiro em sucessão. 80 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Campus de Botucatu), Botucatu, 2008.

FERREIRA, L., LANNES, L. S., DE FIGUEIREDO, P. A. M., FARIA, G. A., TEIXEIRA, M. M., GASPARETO, R. N. Efeitos combinados do fósforo e análogo de brassinoesteroides na fase inicial da cana-de-açúcar: crescimento e fotossíntese. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 2, p.517-529, 2021.

FIRMIANO, R. S., MESQUITA, G. M., RIOS, A. D., BUSO, W. H. D. Yield traits of soybean cultivated under Brachiaria and millet straw and potassium doses. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 9, n. 1, 2022.

FRIGO, P., DA SILVA, T. R. B., CARRARO, T. V., BARBOSA, N. A., ARIEIRA, C. R. D., STRACIEIR, J. Indutores de resistência nos aspectos vegetativos e nutricionais da soja. **Acta Iguazu**, v. 7, n. 2, p. 109-115, 2018.

GAZZONI, DECIO LUIZ. A soja no Brasil é movida por inovações tecnológicas. **Ciência e Cultura**, v. 70, n. 3, p. 16-18, 2018.

GIERTH, M.; MASER, P. Potassium transporters in plants – Involvement in K⁺ acquisition, redistribution and homeostasis. **FEBS Letters**, v. 581, p. 2348-2356, 2007.

GONÇALVES JÚNIOR, A. C., NACKE, H., MARENGONI, N. G., CARVALHO, E. A. D., & COELHO, G. F. Produtividade e componentes de produção da soja adubada com diferentes doses de fósforo, potássio e zinco. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 660-666, 2010.

GURGEL, M. T.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, F. H. T. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em meloeiro produzido sob estresse salino e doses de potássio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 01, p. 18-28, 2010.

HODSON, M. J.; WHITE, P. J.; MEAD, A.; BROADLEY, M. R. Phylogenetic variation in the silicon composition of plantas. **Annals of Botany**, London, v. 96, no. 6, p. 1027-1046, 2005.

IGARASHI, S., OLIVEIRA, G. M., CAMARGO, L. C. M., FALKOSKI FILHO, J., GARDIANO, C. G., BALAN, M. G. Danos causados pela infecção de oídio em diferentes estádios fenológicos da soja. **Arquivos do Instituto Biológico**. V. 77, p. 245-250, 2020.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLA, A. Análise de silício: solo, planta e fertilizante. Uberlândia: UFU. **Boletim Técnico**, v. 2, p. 34, 2004.

LIU, C., WANG, X., CHEN, H., XIA, H., TU, B., LI, Y., LIU, X. Nutritional quality of different potassium efficiency types of vegetable soybean as affected by potassium nutrition. **Food Quality and Safety**, v. 6, n. 39, 2022.

MACIEL, L. M.; DE TUNES, L. V. MADRUGA. A importância dos fertilizantes para a agricultura The importance of fertilizers for agriculture. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p.2021.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, p. 319, 1997.

MANCUSO, M.A.C.; SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; CASTRO, G.S.A. Effect of potassium sources and rates on Arabica coffee yield, nutrition and macronutrient export. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p. 1448-1456, 2014.

MANNING, D.A.C. Innovation in resourcing geological materials as crop nutrients. **Natural Resources Research**, v.27, p.217-227, 2018.

MENEZES, J. F. S., DA SILVA BERTI, M. P., JÚNIOR, V. D. V., DE LIMA RIBEIRO, R., BERTI, C. L. F. Extração e exportação de nitrogênio, fósforo e potássio pelo milho adubado com dejetos de suínos. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 3, p. 55-59, 2018.

NÓBREGA, G. A. S., OLIVEIRA, J. L. B., GOMES, D. A. A., SANTOS, F. K. G. Influência da razão c/te salinidade da fase aquosa em sistemas microemulsionados com ocs-butanol-águaquerosene. **Holos**, v. 4, p. 235-248, 2017.

OLIVEIRA, J. C. Potassium in soybean crop: importance, management and effects on grain yield. **Brazilian Journal of Soil Science**, v. 43, 2019.

OLIVEIRA JUNIOR, A. DE; CASTRO, C. DE; OLIVEIRA, F. A. DE; FURTINI NETO, A. E. Formulações e formas de aplicação de fósforo: resultados sumarizados dos experimentos conduzidos pela Embrapa. **Anuário de Pesquisas COMIGO**, v. 2, p. 80-91, 2019.

PAREDES FILHO, MÁRIO VIANA; SILVA, ADRIANO BORTOLOTTI DA; FLORENTINO, LIGIANE APARECIDA. Phonolite associated with organic compound and potassium solubilizing bacteria in tomato cultivation. **Revista Ceres**, v. 70, p. 133-141, 2023.

PAULINO, L. L. G., DE OLIVEIRA, L. A. A., DE SOUZA, E. R. C., ROSSI, A. C. M., DA SILVA, M. G. Aplicação de doses de glifosato em diferentes estádios fenológicos da cultura da soja. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, 2020.

PEREIRA, R. M.; SILVA, H. B. R.; OLIVEIRA, H. M. S.; RIBEIRO, D. O.; TOMÁZ, R. G.; SILVA, G. P. 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.

PETTER, F. A., DA SILVA, J. A., PACHECO, L. P., DE ALMEIDA, F. A., DE ALCÂNTARA NETO, F., ZUFFO, A. M., & DE LIMA, L. B. Desempenho agrônômico da soja a doses e épocas de aplicação de potássio no cerrado piauiense. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 55, n. 3, p. 190-196, 2012.

PETTER, F. A., ALVES, A. U., DA SILVA, J. A., DE ALMEIDA CARDOSO, E., ALIXANDRE, T. F., DE ALMEIDA, F. A., PACHECO, L. P. Produtividade e qualidade de sementes de soja em função de doses e épocas de aplicação de potássio. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 89-99, 2014.

POSSAMAI, R.; SERIGATI, F. Como a relação comercial entre Brasil e Rússia foi afetada. **AgroANALYSIS**, v. 42, n. 5, p. 14-15, 2022.

RAMOS, C. M., PIZAIA, M. G., CALDARELLI, C. E., DA CAMARA, M. R. G. Competitividade e inserção da soja brasileira no mercado internacional. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, p. 74-85, 2020.

REIS MOREIRA, A., FAGAN, E. B., MARTINS, K. V., & DE SOUZA, C. H. E. Resposta da cultura de soja a aplicação de silício foliar. **Bioscience Journal**, v. 26, n.3, p. 413-423, 2010.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5a. Aproximação**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p. 359, 1999.

R CORE TEAM. **R a language and environment for statistical computing**. Vienna: Foundation for Statistical Computing, 2023.

ROCHA, R.S.; SILVA, J.A.L.; NEVES, J.A.; SEDIYAMA, T. E TEIXEIRA, R.C. Desempenho agrônomo de variedades e linhagens de soja em condições de baixa latitude em Teresina-PI. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 1, p. 154-162, 2012.

RODRIGUES, F. A., MCNALLY, D. J., DATNOFF, L. E., JONES, J. B., LABBÉ, C., BENHAMOU, N., BELANGER, R. R. Silicon enhances the accumulation of diterpenoid phytoalexins in rice: a potential mechanism for blast resistance. **Phytopathology**, v. 94, n. 2, p. 177-183, 2004.

SANTOS, A. B. Potassium management strategies for sustainable soybean production in tropical soils. **Journal of Agricultural Science**, v. 9, n. 4, p. 342-355, 2023.

SANTOS, H. P., FONTANELI, R. S., DE CASTRO, R. L., VERDI, A. C., VARGAS, A. M., & BIAZUS, V. Avaliação de trigo para grãos e duplo propósito, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 1, p. 43-48, 2015.

SANTOS, R., GRZEGOZEWSKI, D. M., DE AZEREDO, A. R., DE AZEREDO, R. P., DE AZEREDO, C. A. F. Fixação biológica de nitrogênio com *Azospirillum brasilense* na cultura do milho Biological nitrogen fixation with *Azospirillum brasilense* in corn. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n.7, 2022.

SANTOS, W.O.; MATTIELLO, E.M.; VERGUTZ, L.; COSTA, R.F. Production and evaluation of potassium fertilizers from silicate rock. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 179, p. 547-556, 2016.

SAVVAS, D.; NTATSI, G. Biostimulant activity of silicon in horticulture. **Scientia Horticulturae**. v. 196, p. 66-81, 2015.

SCARIOT, A.; FELFILI, J. M.; SILVA, J. C. Sousa. **Cerrado**: ecologia, biodiversidade e conservação. 2005.

SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja do Plantio à Colheita**. 1ª ed. Viçosa: UFV, p. 333, 2015.

SERAFIM, M. E.; ONO, F. B.; ZEVIANI, W. M.; NOVELINO, J. O.; SILVA, J. V. Umidade do solo e doses de potássio na cultura da soja. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 222-227, 2012.

SILVA, A. P. R., RODRIGUES, W. P., CAVALCANTE, T. L., DO CARMO, E. L., DE SOUZA RAIMUNDO, C. Desenvolvimento da soja sob diferentes doses de potássio. **Revista Cultura Agronômica**, v. 31, n. 2, p. 55, 2022.

SILVA, D. C. O., ALVES, J. M. A., UCHÔA, S. C. P., DE ANDRADE SOUSA, A., BARRETO, G. F., DA SILVA, C. N. Curvas de crescimento de plantas de mandioca submetidas a doses de potássio. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 60, n. 2, p. 158-165, 2017.

SILVA RODRIGUES, D., SCHUCH, L. O. B., MENEGHELLO, G. E., PESKE, S. T. Desempenho de plantas de soja em função do vigor das sementes e do estresse hídrico. **Revista Científica Rural**, v. 20, n. 2, p. 144-158, 2018.

SILVA, L. M.; OLIVEIRA, L. R.; RODRIGUES, F.; BENETT, K. S. S.; BENETT, C. G. S. Relative chlorophyll index of maize and soybean according to weather conditions at different times of day. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 7, n. 2, p. 66-71, 2020.

SILVA, R. F. Potassium fertilization in soybean cultivation: impacts on plant development and grain yield. **Agronomy Journal**, v. 114, n. p. 123-135, 2022.

SILVEIRA, R.T.G. Uso de rochagem pela mistura de pó de basalto e rocha fosfatada como fertilizante natural de solos tropicais lixiviados. Dissertação de mestrado. **Instituto de Geociências**, UnB. Universidade de Brasília, Brasília (DF). p. 98, 2016.

SOARES, M. M., SANTOS JUNIOR, H. C. D., SIMÕES, M. G., PAZZIN, D., & SILVA, L. J. D. Estresse hídrico e salino em sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. Pesquisa **Agropecuária Tropical**, v. 45, p. 370-378, 2015.

SORATTO, R. P., CRUSCIOL, C. A. C., CAMPOS, M., GILABEL, A. P., COSTA, C. H. M., CASTRO, G. S. A., NETO, J. F. Eficiência e efeito residual de fontes alternativas de potássio em culturas graníferas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, p. 11, 2021.

SOUSA, J. V.; RODRIGUES, C. R.; LUZ, J. M. Q.; CARVALHO, P. C.; RODRIGUES, T. M.; BRITO, C. H. Silicato de potássio via foliar no milho: fotossíntese, crescimento e produtividade. **Bioscience Journal**, v. 26, p. 502-513, 2010.

STEINER, F., ZUFFO, A. M., BUSH, A., SANTOS, D. M. S., Silicate fertilization potentiates the nodule formation and symbiotic nitrogen fixation in soybean1. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 3, p. 212-221, 2018.

TAGLIEBER, A., DOS REIS TININI, R. C., COUTINHO, P. W. R., SOUTO, M. S., PEREIRA, C. Aplicação de diferentes doses de cloreto de potássio na cultura da soja Application of different doses of potassium antioxidants in soybean crop. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 4, 2022.

TAHA, R. S., SELEIMAN, M. F., ALOTAIBI, M., ALHAMMAD, B. A., RADY, M. M. Exogenous potassium treatments increase salt tolerance and Glycine max L. performances by increasing the antioxidant defense system under real saline field conditions. **Agronomy**, v. 10, n. 11, 2020.

TEIXEIRA, A. M. S., GARRIDO, F. M. S., MEDEIROS, M. E., SAMPAIO, J. A. Estudo do comportamento térmico da rocha fonolito com fins à produção de fertilizantes. **Holos**, v. 5, p. 52- 64, 2015.

TONINI, M. M., MOREIRA, P. A., DE OLIVEIRA, F. D. M., GUALBERTO, R., SPERS, R. C., GAION, L. A. Efeitos de diferentes fontes de potássio no crescimento da soja. **Revista Unimar Ciências**, v. 31 n. 1, 2023.

TONIOLO, J. A., SILVEIRA, C. A. P., & BAMBERG, A. L. Potencial de agrominerais do Escudo do Rio Grande do Sul. In **Anais II Congresso Brasileiro de Rochagem**. Minas Gerais pp. 141-148, 2013.

ZAMBLIAZZI, E. V., BRUZI, A. T., ZUFFO, A. M., SOARES, I. O., MENDES, A. E. S., TERESANI, A. L. R., GWINNER, R., CARVALHO, J. P. S., MOREIRA, S. G. Desempenho agronômico e qualidade sanitária de sementes de soja em resposta à adubação potássica. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 3, p. 543 - 553, 2017.

ZANCANARO, L.; ONO, F.B.; KAPPES, C.; SEMLER, T. D.; VALENDORFF, J. D. P.; CORADINI, D.; VIDOTTI, M. V. Manejo do solo, adubação e nutrição na cultura da soja. In: KAPPES. **Boletim de Pesquisa**, p. 111-136, 2019.