

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL

KARINA MARIANO DE VEIGA BIDIN

INCREMENTO NA CONCENTRAÇÃO DO POTÁSSIO NOS TECIDOS DA SOJA
(*Glycine max*) ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE FERTILIZANTE FOLIAR

Laranjeiras do Sul

2022

KARINA MARIANO DE VEIGA BIDIN

INCREMENTO NA CONCENTRAÇÃO DO POTÁSSIO NOS TECIDOS DA SOJA
(*Glycine max*) ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE FERTILIZANTE FOLIAR

Trabalho apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 (TCC2) da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia linha de formação em Agroecologia.

Orientador: Prof. Dr. Josuel Alfredo Vilela Pinto

Laranjeiras do Sul

2022

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Bidin, Karina Mariano de Veiga
INCREMENTO NA CONCENTRAÇÃO DO POTÁSSIO NOS TECIDOS DA
SOJA (GLYCINE MAX) ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE FERTILIZANTE
FOLIAR / Karina Mariano de Veiga Bidin. -- 2022.
f.:11.

Orientador: Prof. Dr. Josuel Alfredo Vilela Pinto

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Laranjeiras do Sul, PR, 2022.

I. Pinto, Josuel Alfredo Vilela, orient. II.
Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

KARINA MARIANO DE VEIGA BIDIN

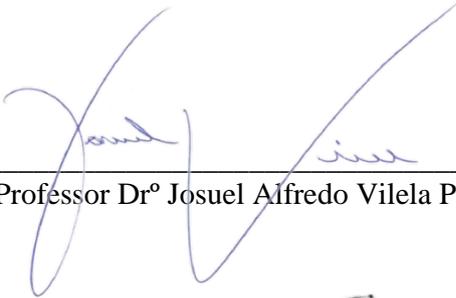
**INCREMENTO NA CONCENTRAÇÃO DO POTÁSSIO NOS TECIDOS DA SOJA
(*Glycine max*) ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE FERTILIZANTE FOLIAR**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia linha de formação em Agroecologia pela Universidade Federal da Fronteira Sul- *Campus* Laranjeiras do Sul (PR)

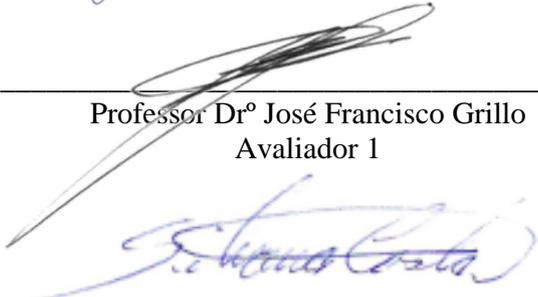
Orientador: Prof. Drº Josuel Alfredo Vilela Pinto

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: 0704/2022.

BANCA EXAMINADORA



Professor Drº Josuel Alfredo Vilela Pinto



Professor Drº José Francisco Grillo
Avaliador 1

Engª Agrônoma Silvana da Costa
Avaliador 2

Dedico este trabalho aos meus pais e amigos que sempre me incentivaram.

AGRADECIMENTOS

Inicio agradecendo a Deus, pela história linda que preparou para minha vida, o senhor escreveu da melhor maneira que poderia ser escrita. Me sinto honrada por ser tão amada e abençoada por ti Deus, palavras aqui não explicam a gratidão que existe no meu coração.

Foram anos incríveis que a Universidade me proporcionou. Foram os melhores e os piores anos da minha vida, foram noites em claro, chorando e dias pulando de alegria e felicidade. Meu agradecimento especial vai a essa escola, onde me fez crescer e evoluir, não apenas como acadêmica, mas como ser humano. Me ensinou lições valiosas, como NUNCA DESISTIR por mais que a caminhada seja dura e difícil, você é capaz de vencer.

Agradeço aos colegas que conheci ao decorrer da caminhada, acreditem, todos deixaram um pedaço de si comigo, todos deixaram seus ensinamentos e aprendizados que também me fizeram tornar quem eu tenho orgulho de ser hoje.

Agradeço com amor meu pais, que nunca desistiram de mim e que fizeram minha permanência possível. Sei que doeu quando sai de casa, mas hoje, essa dor se transformou em orgulho. Vocês fazem parte de mim e sou quem sou, porque Deus me deu os melhores pais que eu poderia ter. Vocês são minha inspiração de amor, respeito, caráter e honestidade.

Agradeço ao meu esposo Vinicius, que surgiu na minha vida quando eu menos esperava e se transformou em MINHA FAMÍLIA. Sempre me incentivou, nunca desistiu de mim e sempre esteve e está ao meu lado chorando e comemorando minhas derrotas e vitórias.

Agradeço aos meus sogros que me acolheram como filha e estiveram em momentos importantes dessa caminhada. Quando começaram as aulas online, lá estava minha sogra realizando as atividades de Fruticultura e Olericultura comigo, precisava de ajuda na pulverização e na limpeza do meu experimento, lá estava minha sogra disposta a me ajudar. Me sinto honrada e grata por fazer parte dessa família.

Por fim, agradeço ao Prof. Josuel e a Silvana que estiveram comigo no momento auge da minha caminhada pela UFFS. Agradeço por todo apoio e puxões de orelha, com toda certeza sem vocês não seria possível chegar ao final.

Porque sou eu que conheço os planos que tenho para vocês', diz o Senhor, 'planos de fazê-los prosperar e não de causar dano, planos de dar a vocês esperança e um futuro. Jeremias 29:11

Resumo

A soja (*Glycine max*) difundiu-se e tornou-se cultivada em diversos países, devido a sua grande capacidade nutricional. O crescimento produtivo da soja se deve ao avanço tecnológico na agricultura, incluindo a técnica de adubação foliar, que tem capacidade de absorção rápida pela folha, porém, ainda é cercada de incertezas entre as pesquisas realizadas sobre sua eficiência. Assim, o presente trabalho, avaliou a concentração Potássio (K) nas folhas, através do incremento de nutrientes via foliar. O experimento foi desenvolvido no laboratório de pós-colheita e na casa de vegetação da Universidade Federal da Fronteira Sul, no Campus de Laranjeiras do Sul/Paraná, conduzido de 19 de outubro de 2021 a 3 de fevereiro de 2022. Sendo utilizado 42 vasos, dividimos em três tratamentos. O tratamento 1 foi a testemunha, sendo a aplicação, nas plantas, com água no volume de 10ml. O tratamento 2 foi a aplicação, nas plantas, de Cálcio (Ca) na concentração de 19,80ppm com água no volume de 10ml. Já, o tratamento 3 foi a aplicação, nas plantas, de Potássio (K) na concentração de 215,6ppm com água no volume de 10ml. As aplicações, nas plantas dos tratamentos, eram realizadas quinzenalmente, sendo a primeira pulverização realizada no dia 09/11/2021 e finalizando com a 4ª pulverização no dia 09/01/2022. A coleta das amostras foi cuidadosa e obtida considerando a representatividade, em seguida, as folhas foram lavadas para desinfestação, secas e embaladas em sacos de papel para a secagem em estufa, após a secagem foi realizada a moagem sendo armazenado em potes plásticos. A digestão das amostras foi nítrico-perclórica e a determinação de concentração de potássio foi realizada no fotômetro de chamas, utilizando solução padrão 1.000mg L^{-1} de K e solução padrão de 25mg L^{-1} de K. Os resultados obtidos foram T1. 6,49, T2. 7,03, e T3. 7,36 e apresentaram que as folhas não aumentaram significativamente a concentração do potássio, independente da sua aplicação. No entanto, ocorre uma diferença no teor de potássio no tecido das folhas quando aplicado o nutriente, porém, esse aumento não difere significativamente.

Palavras-chave: Fertilização foliar; Nutrição mineral; Cálcio; Fotômetro de chamas.

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max*) spread and became cultivated in several countries, due to its great nutritional capacity. The productive growth of soybeans is due to technological advances in agriculture, including the technique of foliar fertilization, which has a fast absorption capacity by the leaf, however, it is still surrounded by uncertainties among the research carried out on its efficiency. Thus, the present work evaluated the concentration of Potassium (K) in the leaves, through the increment of nutrients via the leaves. The experiment was carried out in the post-harvest laboratory and in the greenhouse of the Universidade Federal da Fronteira Sul, at the Campus of Laranjeiras do Sul/Paraná, conducted from October 19, 2021 to February 3, 2022. Being used 42 pots, we divided into three treatments. The treatment 1 was witness, being the application, in the plants, with water in the volume of 10ml. Treatment 2 was the application of calcium (Ca) in the plants at a concentration of 19.80ppm with water in a volume of 10ml. Treatment 3 was the application of Potassium (K) in the plants at a concentration of 215.6ppm with water in a volume of 10ml. The applications in the treatments were carried out fortnightly, with the first spraying carried out on 11/09/2021 and ending with the 4th spraying on 01/09/2022. The collection of samples was careful and obtained considering the representativeness, then the leaves were washed for disinfection, dried and packed in paper bags for drying in an oven, after drying, grinding was performed and stored in plastic pots. The digestion of the samples was nitric-perchloric and the determination of potassium concentration was performed in a flame photometer, using a standard solution of 1,000mg L⁻¹ of K and a standard solution of 25mg L⁻¹ of K. The results obtained were T1. 6.49, T2. 7.03, and T3. 7,36 and showed that the leaves did not significantly increase the concentration of potassium, regardless of its application. However, there is a difference in potassium content in leaf tissue when the nutrient is applied, but this increase does not differ significantly.

Keywords: Foliar fertilization; Mineral nutrition; Calcium; Flame photometer.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Equipamento (fotômetro de chama) utilizado para as análises de concentração de potássio (K) em gramas por quilogramas de matéria seca das folhas de soja (*Glycine max*). Laranjeiras do Sul, PR, 2022.....22

Figura 2 Concentração em gramas de potássio por quilogramas de matéria seca (M.S) das folhas de soja (*Glycine max*) submetidas sob diferentes aplicações de Cálcio (Ca) e Potássio (K) via foliar. Laranjeiras do Sul, PR, 20.....25

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 Relação dos tratamentos para soja (<i>Glycine max</i>) submetidas sob diferentes aplicações de Cálcio (Ca) e Potássio (K) via foliar. Laranjeiras do Sul, PR, 2022..... | 20 |
| Tabela 2 Curva de calibração da concentração de Potássio (K). Laranjeiras do Sul, PR, 2022. | 22 |
| Tabela 3 Concentração em gramas de potássio por quilogramas de matéria seca (M.S) das folhas de soja (<i>Glycine max</i>) submetidas sob diferentes aplicações de Cálcio (Ca) e Potássio (K) via foliar. Laranjeiras do Sul, PR, 2022..... | 24 |

SUMÁRIO

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 12 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 14 |
| 2.1 | A CULTURA DA SOJA | 14 |
| 2.2 | NUTRIÇÃO DA PLANTA | 15 |
| 2.2.1 | NUTRIENTES ESSENCIAIS | 15 |
| 2.2.2 | CÁLCIO (Ca) | 16 |
| 2.2.3 | POTÁSSIO (K) | 17 |
| 2.3 | TRATANDO DEFICIÊNCIAS NUTRICIONAIS | 17 |
| 2.3.1 | UTILIZAÇÃO DE FERTILIZANTES | 17 |
| 2.3.2 | ADUBAÇÃO FOLIAR | 18 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS | 20 |
| 3.1 | LOCAL DO EXPERIMENTO E MATERIAL VEGETAL | 20 |
| 3.2 | CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO | 20 |
| 3.3 | COLETA DA AMOSTRA E PREPARO PARA ANÁLISE | 21 |
| 3.4 | DIGESTÃO NÍTRICO-PERCLÓRICA | 21 |
| 3.5 | DETERMINAÇÃO DE POTÁSSIO EM TECIDO VEGETAL | 22 |
| 3.6 | DETERMINAÇÃO ANALÍTICA | 23 |
| 3.7 | ANÁLISE ESTATÍSTICA | 24 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 25 |
| 5 | CONCLUSÕES | 26 |
| | REFERÊNCIAS | 28 |

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) é uma espécie originária de regiões da China e sul do Japão. Tornou-se muito difundida e cultivada em diversos países, principalmente, devido a sua grande capacidade nutricional que é distribuída em diversos subprodutos, com destinação a alimentação humana e animal, e outros fins (MAUAD, et al. 2010).

O crescimento produtivo da soja se deve ao avanço tecnológico, principalmente com o desenvolvimento de cultivares que são altamente produtivas e adaptadas a diferentes condições edafoclimáticas e manejo da nutrição das plantas (FREITAS, 2011). Atualmente o Brasil é o primeiro maior produtor mundial da “commodity” (CONAB, 2021).

Apesar do alto volume produzido, a produtividade média ainda apresenta limitações. Além das adversidades climáticas, estas restrições estão associadas a manejos inadequados, com adubação ineficiente e práticas que ocasionam perdas na fertilidade do solo, podendo refletir em problemas de subnutrição da cultura (AGUILA, AGUILA, THEISEN, 2011).

Com os avanços tecnológicos na agricultura, técnicas de adubação vêm sendo desenvolvidas e aprimoradas para uso a campo, mesmo com a cultura em fases avançadas. Dentre estas práticas, utiliza-se a aplicação de nutrientes via foliar, denominada adubação foliar (NACHTIGALL E NAVA. 2010).

Dentre os nutrientes aplicados via foliar estão os macronutrientes como NPK. O Potássio atua em funções como regulação estomática e diversas atividades com o uso da água, translocação de carboidrato e eficiência enzimática (MOTA, 1999). O Cálcio age na parede celular e é sinalizador em caso de estresse biótico e abiótico (YAMAMOTO, et al. 2011). Também participa na germinação do grão de pólen e no desenvolvimento do tubo polínico, colaborando no fornecimento de nutrientes (BEVILAQUA, et al. 2002).

Apesar de bastante difundida e utilizada em culturas como a soja, a suplementação foliar ainda é cercada de incertezas e inconsistências entre as pesquisas realizadas, ocasionando questionamentos sobre sua possível eficiência (ROSOLEM, 2002). A partir disso, objetivou-se em avaliar o incremento na

concentração de potássio (K) nas folhas da cultura da soja (*Glycine max*) através da fertilização foliar.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A CULTURA DA SOJA

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), é considerada umas das mais importantes commodities da economia mundial na atualidade, devido a ampla utilização de seus grãos na agroindústria, em razão de suas características nutricionais apresentando cerca de 20% de óleos e 40% de proteína (LAZZAROTTO e HIRAKURI, 2009), permitindo uma ampla utilização para o consumo humano e principalmente na alimentação animal, correspondendo a maior parte da utilização de derivados da soja, e ainda, com uso potencial na produção de biocombustíveis.

Originária do nordeste do continente asiático, mais especificamente nas regiões de clima mais ameno e altas latitudes da China. A soja foi introduzida no Brasil em 1882, no estado da Bahia (BLACK, 2000). Posteriormente passou a ser cultivada por imigrantes japoneses em São Paulo. No sul do Brasil o cultivo iniciou-se somente em 1914, a partir da utilização de variedades trazidas dos Estados Unidos, que melhor se adaptaram às condições edafoclimáticas, principalmente em relação ao fotoperíodo e continua a expandir-se para os estados do Cerrado brasileiro, graças ao melhoramento genético, o que possibilitou o desenvolvimento de novas cultivares adaptadas ao clima da região (FREITAS, 2011).

Devido ao grande potencial produtivo e ampla utilização, no Brasil o cultivo desta commodity tem aumentado significativamente, sendo que na safra 2020/21 produziu-se no mundo 362,947 milhões de toneladas em uma área plantada de 127,842 milhões de hectares. Em primeiro lugar no ranking mundial, o Brasil concentra seu cultivo principalmente nas regiões sul e centro-oeste do país, sendo que o Paraná ocupa a segunda posição no ranking produtivo, com cerca de 19,872 milhões de toneladas, produzidas na safra 2020/21, em uma área plantada de 5,618 milhões de hectares e produtividade média de 3.537 kg/ha (CONAB, 2021).

Na safra 2011/12 a produção de soja foi de 66.383,0 milhões de toneladas (CONAB, 2013). Na época, um resultado bastante expressivo, entretanto, se compararmos com os dados da safra 2020/21 (135.409,0 milhões de toneladas), o acréscimo foi de aproximadamente 60%, demonstrando o grande avanço de produção e produtividade da cultura no país.

Este crescimento se deve ao desenvolvimento de novas técnicas e tecnologias relacionadas à soja, como pacotes tecnológicos relacionados ao manejo do solo, plantas daninhas e insetos. Fatores que permitiram a grande expansão do cultivo no território brasileiro, (FREITAS, 2011) além disto, o aumento das exportações ocasionou a melhoria no preço da soja, o que resulta na migração dos agricultores para a cultura da soja (ALVES, CONTINI e GASQUES, 2008).

2.2 NUTRIÇÃO DA PLANTA

2.2.1 NUTRIENTES ESSENCIAIS

Para alcançar patamares produtivos elevados é necessário primeiramente que a nutrição seja adequada, sendo disponível em quantidades suficientes e relações equilibradas, se disponibilizados de forma ineficiente ou desequilibrados pode resultar na perda de produtividade e gastos desnecessários (SFREDO, 2008), pois de acordo com a Lei do Mínimo proposta por Liebig, a produtividade da cultura é limitada se algum dos nutrientes essenciais for disponibilizado de maneira insuficiente devido ao desequilíbrio nutricional que será causado e mesmo que os demais nutrientes sejam fornecidos em grandes quantidades, a absorção destes será prejudicada (NACHTIGAL, 2014). O autor destaca ainda que o período de maior velocidade de absorção de nutrientes (período crítico) corresponde ao início da fase reprodutiva (floração) até o máximo acúmulo (maturidade fisiológica de grãos). Neste período, fatores bióticos e abióticos desequilibrados podem reduzir drasticamente a produtividade (SFREDO, 2008).

Para ser considerado essencial, o elemento deve atender a três critérios de essencialidade, que são: primeiramente, caso este elemento não esteja disponível, impedirá que a planta complete o seu desenvolvimento; segundo, o elemento não pode ser substituído por outro que apresente propriedades similares e; terceiro, participar diretamente do metabolismo da planta (DECHEN e NACHTIGALL, 2007).

Os nutrientes essenciais são caracterizados por componentes orgânicos (carbono, oxigênio e hidrogênio) e minerais (DOMINGOS, LIMA E BRACCINI, 2015). Juntos os elementos orgânicos constituem cerca de 90 a 95% da matéria seca da

planta e são absorvidos basicamente nas formas de CO₂ e H₂O atmosférico (VIECELLI, 2017).

Os elementos minerais são divididos em dois grupos, que se referem a quantidade requerida pelas plantas, sendo divididos em macro (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mg, Ni, Zn), todos os 16 elementos que foram apresentados são essenciais para a germinação, crescimento e frutificação das plantas (DECHEN e NACHTIGALL, 2007).

2.2.2 CÁLCIO (Ca)

O cálcio é um macro secundário decisivo na estruturação da planta e na formação de flores e vagens, pois o abortamento destas estruturas de reprodução, está diretamente relacionado com a deficiência de cálcio na planta, influenciando diretamente na produção (SFREDO, 2008). O autor relata ainda que este tipo de sintoma aparece em solos com baixa fertilidade, devido à falta de correção do pH, que além de reduzirem os teores de cálcio disponíveis no solo, acabam facilitando o aumento da toxicidade, causadas pelo alumínio e manganês, entre outros fatores.

Segundo Faquin (2005) a planta absorve o cálcio como Ca²⁺ que é sua forma iônica no solo, sendo que o principal mecanismo de condução do nutriente é através do fluxo de massa, no solo e na planta, devido à baixa mobilidade. Por este fato, problemas em estresse hídrico, ou mesmo a compactação do solo, podem ser limitantes severos. Mesmo com uma boa taxa de trocas gasosas, o cálcio demora até chegar nas flores e vagens, pois as folhas desenvolvem melhor esta função, normalmente estando expostas ao contato com a radiação solar, que desencadeia o fluxo de massa.

Os sintomas de deficiência de cálcio são visíveis nas folhas mais jovens e pontos de crescimento, devido a sua baixa mobilidade na planta. A falta desta mineral causa retardamento da emissão de folhas e quando emergem, crescem deformadas, além disso, surgem faixas estreitas e cloróticas e o tecido entre as nervuras tende a enrugar, tornando as folhas moles e levando a queda; os botões florais das flores primárias tornam-se necróticos e ocorre colapso nos pecíolos (BORKERT, et al., 1994). Estes sinais aparecem devido a redução do crescimento do tecido meristemático do caule das folhas e principalmente das raízes (DEON, 2007).

2.2.3 POTÁSSIO (K)

O potássio é absorvido em sua forma iônica K^+ , e apresenta mobilidade alta dentro e fora das células e também no transporte, movendo das folhas e órgãos mais velhos para os mais novos ou para os frutos em desenvolvimento inicial (SFREDO e BORKERT, 2004). Atua na ação enzimática, fazendo parte de aproximadamente 60 enzimas, muitas vezes sendo essencial para sua ativação, tais como, enzimas que fazem o desdobramento de açúcares e outras para síntese de amido e proteína (SFREDO, 2008). Além disso, atua na regulação da abertura e fechamento dos estômatos, regulação da turgidez dos tecidos da planta (COPPO, 2017) e no enchimento de grãos (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Devido a mobilidade do K^+ na planta, os sinais de deficiência deste mineral são visíveis principalmente nas folhas mais velhas, de acordo com Sfredo e Borkert (2004) causa clorose internerval, evoluindo para necrose das bordas e ápice das folhas, ficando com aspecto de queimado por fogo ou herbicidas.

Coppo (2017) destaca, que a deficiência de potássio nas plantas causa acúmulo de carboidratos solúveis e resulta no decréscimo do nível de amido e acúmulo de compostos nitrogenados solúveis, como os aminoácidos, devido a redução da síntese proteica, o que proporciona maior susceptibilidade a doenças e insetos. Além disso, Faquin (2005) destaca que o potássio não faz parte de compostos orgânicos, ou seja, não desempenhando funções estruturais, o que resulta facilmente na perda deste elemento na planta.

2.3 TRATANDO DEFICIÊNCIAS NUTRICIONAIS

2.3.1 UTILIZAÇÃO DE FERTILIZANTES

Quanto maior é a produtividade da cultura, maior é a absorção de nutrientes, neste sentido, com o alto potencial produtivo das plantas, atualmente torna-se necessário complementar a disponibilidade dos nutrientes a partir da adubação (LUZ, FERREIRA e BEZERRA, 2002). A adubação é realizada por meio da adição de fertilizantes, tanto de fontes minerais, quanto orgânicas, e tem como objetivo, fornecer os elementos que são essenciais para a planta e que estão em quantidades

insuficientes no solo, visando o máximo de resposta produtiva da cultura (FAQUIN, 2005).

Basicamente, os nutrientes podem ser disponibilizados de três formas diferentes, sendo com aplicação via solo, fertirrigação ou via foliar (ABREU, 2007). A escolha da forma de aplicar, vai depender do método de cultivo e das recomendações adequadas e que melhor aproveitam os elementos.

Aspectos como produtividade e eficiência são importantes para a soja, pois existem produtos que elevam essas características, como por exemplo os fertilizantes foliares. A fertilização foliar é a aplicação de minerais pela folha, que tem por objetivo acrescentar ou suplementar a nutrição da planta, conseqüentemente aumentando a produtividade (REZENDE, et al. 2005).

2.3.2 ADUBAÇÃO FOLIAR

A adubação foliar consiste na adição de fertilizantes diretamente nas folhas, porém deve ser realizada em condições adequadas, levando em consideração a dosagem de aplicação, com baixas concentrações minerais para não ocasionar danos às folhas (queima) e a época no desenvolvimento da planta, a fim de suplementar nas fases de maior demanda do nutriente na planta, levando em consideração as variações de absorção da cultura da soja (REZENDE, et al. 2005). Além disso, a adubação foliar deve ser realizada de maneira a complementar a nutrição, devendo-se atentar aos momentos indicados para o uso desta tecnologia, sendo esses, observar os períodos críticos de desenvolvimento da planta, os momentos em que ocorra a demanda específica de algum nutriente ou quando houver situações adversas do solo que comprometam a nutrição mineral das plantas (NACHTIGALL e NAVA, 2010).

Quando entram em contato com as folhas, os nutrientes também dependem de mecanismos para serem conduzidos. A parede das células da epiderme e das células guarda, que compõem o estômato, são cobertas por uma espécie de cera que apresenta propriedades hidrofóbicas impedindo a sua passagem. A entrada dos nutrientes via foliar ocorre pelo apoplasto, este é caracterizado pelo espaço contínuo entre a parede celular e espaços intercelulares. Após a entrada pelo apoplasto o nutriente entra na célula da mesma maneira que nas raízes, porém é mais dependente

de fatores externos, como temperatura e umidade relativa do ambiente (NACHTIGALL e NAVA, 2010).

Diante disso, a compreensão da adubação foliar e o incremento dos nutrientes nas folhas de soja torna-se essencial para a agricultura, por ser uma das vias de reposição de micronutrientes que não estão presentes no solo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO E MATERIAL VEGETAL

O experimento foi desenvolvido no laboratório de pós-colheita e na casa de vegetação da Universidade Federal da Fronteira Sul, no Campus de Laranjeiras do Sul/Paraná, rodovia BR 158 - Km 405. Foram utilizadas sementes de soja (*Glycine max*), cultivar “Zeus”. Já os tratamentos utilizados estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Relação dos tratamentos para soja (*Glycine max*) submetidas sob diferentes aplicações de Cálcio (Ca) e Potássio (K) via foliar. Laranjeiras do Sul, PR, 2022.

| TRATAMENTOS | NUTRIENTE | APLICAÇÃO*** |
|-------------|-------------------|--------------|
| 1 | Aplicação de água | |
| 2 | Cálcio* (Ca) | QUINZENAL |
| 3 | Potássio** (K) | |

*Ca com a seguinte concentração: 19,80ppm.

**K com a seguinte concentração: 215,6ppm.

***Irrigação realizada conforme a necessidade das plantas.

3.2 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento de campo foi conduzido de 19 de outubro de 2021 a 3 de fevereiro de 2022. Sendo a semeadura da soja (*Glycine max*) realizada no dia 19 de outubro de 2021 de forma manual, em vasos plásticos com capacidade de 14kg e preenchidos com terra. Para a realização do experimento foram utilizados 42 vasos (unidades experimentais). Sendo que, cada tratamento era composto por 14 plantas, uma em cada vaso.

Os vasos, que continham as plantas, dos 3 tratamentos que foram conduzidos no experimento eram rotacionados a cada 15 dias. Esta modificação do local dos vasos era feita para evitar a influência do ambiente e a competitividade entre as plantas. Além disso, a irrigação dentro da casa de vegetação era realizada de forma automática e definido conforme a necessidade das plantas de todos os tratamentos.

O tratamento 1 foi a testemunha, sendo a aplicação, nas plantas, com água destilada no volume de 10ml. O tratamento 2 foi a aplicação, nas plantas, de Cálcio (Ca) na concentração de 19,80ppm com água destilada no volume de 10ml. Já, o tratamento 3 foi a aplicação, nas plantas, de Potássio (K) na concentração de 215,6ppm com água destilada no volume de 10ml. As aplicações, nas plantas dos tratamentos, eram realizadas quinzenalmente, sendo a primeira pulverização realizada no dia 09/11/2021 e finalizando com a 4ª pulverização no dia 09/01/2022, e sendo a coleta das folhas para análise no dia 31/01/2022.

3.3 COLETA DA AMOSTRA E PREPARO PARA ANÁLISE

A amostra da matéria seca utilizada para avaliação, foram obtidas das folhas da soja (*Glycine max*). As folhas foram cuidadosamente obtidas considerando a representatividade (número de folhas) adequada para a realização das análises laboratoriais. Em seguida, as folhas foram lavadas em água corrente ainda verde, posteriormente com detergente neutro e água destilada, logo após uma lavagem com solução de HCl 30mL L⁻¹ (3%) e finalmente com água destilada (CARMO et al. 2000). Posteriormente, foi realizada a secagem da amostra, embalados em sacos de papel e levados à estufa de ventilação forçada em temperatura de 70°C por 72h. Após a secagem, o material foi macerado e armazenado em potes plásticos. Por fim, a realização da digestão foi via úmida, com ácidos nítrico (65%) e perclórico (70%).

3.4 DIGESTÃO NÍTRICO-PERCLÓRICA

Para a digestão nítrico-perclórica, foram colocados em tubos de digestão 0,2g de cada amostra, em seguida, acrescentado 4ml de solução nítrico-perclórica (750ml de ácido nítrico + 250ml de ácido perclórico) e levados ao bloco digestor em temperatura de 220°C, observando a digestão cuidadosamente para que os tubos não secassem e adicionado 1ml da solução digestora, quando o líquido baixasse. Assim que a fumaça branca parou e o líquido aparentou um aspecto amarelo claro ou transparente, permaneceu por mais 1 hora no processo de digestão. Foram feitas provas em branco, compostas por ácido nítrico-perclórica, para realizar a calibragem. Ao final da digestão, os tubos foram completados com 20ml de água destilada e

transferido para o balão de 50ml para armazenamento das amostras. Assim, as amostras estavam prontas para análise (LANA, Maria. et al. 2010).

3.5 DETERMINAÇÃO DE POTÁSSIO EM TECIDO VEGETAL

A determinação de concentração de potássio foi realizada no fotômetro de chama. Assim, LANA et al. (2010), foram formuladas as soluções necessárias para a extração de potássio dos tecidos vegetais utilizando reagentes, sendo, a solução padrão 1.000mg L^{-1} de K dissolvido em 1,907 de KCl p.a., seco em estufa a 100°C por 2h, em água deionizada e completo a 1.000ml; e solução padrão de 25mg L^{-1} de K qual, 2,5ml de solução de K de 1.000mg^{-1} foi colocado em um balão de 100ml e completado com água destilada. Por fim, em balões de 25ml foram preparadas as curvas de calibração, conforme Tabela 2.

Tabela 2 Curva de calibração da concentração de Potássio (K). Laranjeiras do Sul, PR, 2022.

| Concentração de K | Padrão de k - 25mg L^{-1} | Volume do branco | Água destilada |
|--------------------|------------------------------------|------------------|----------------|
| mg L^{-1} | -----mL----- | -----mL----- | -----mL----- |
| 0 | 0 | 2,0 | 23,0 |
| 2,5 | 2,5 | 2.0 | 21,5 |
| 5,0 | 5,0 | 2.0 | 18 |
| 10,0 | 10,0 | 2.0 | 13 |
| 15,0 | 15,0 | 2.0 | 8 |
| 20,0 | 20,0 | 2.0 | 3,0 |

(LANA et al. 2010).

3.6 DETERMINAÇÃO ANALÍTICA

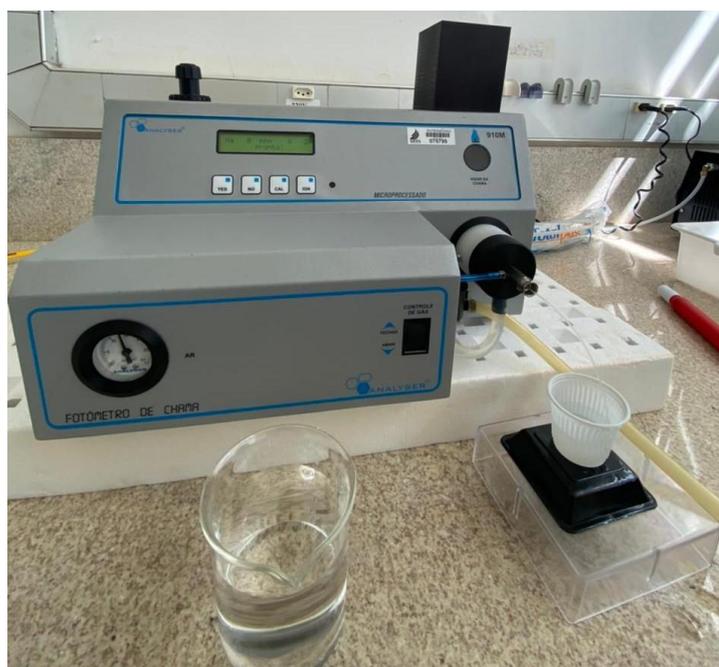
Para a obtenção da concentração de potássio (K) o método utilizado foi o analítico. Sendo o fotômetro de chama modelo 16A01 (Figura 1) o equipamento utilizado.

Na realização da leitura no fotômetro de chama foram realizadas as seguintes etapas: a) calibração do equipamento e b) leitura das amostras submetidas aos tratamentos.

Para a calibração do equipamento a primeira etapa foi obter o valor zero "0". Para isso, colocou-se o cateter em contato com a água destilada. Já, a segunda etapa da calibração foi a utilização da solução padrão com 100ppm. Após finalizadas as duas etapas da calibração iniciou-se o processo de leitura das amostras.

Na leitura das amostras, submetidas aos tratamentos, foram transferidos 2ml do extrato nítrico-perclórico e acrescentado mais 23ml de água destilada. Após as transferências do extrato e da água destilada, procedeu-se à leitura no fotômetro de chama.

Figura 3 Equipamento (fotômetro de chama) utilizado para as análises de concentração de potássio (K) em gramas por quilogramas de matéria seca das folhas de soja (*Glycine max*). Laranjeiras do Sul, PR, 2022.



Fonte: O autor (2022).

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 3 tratamentos compostos por 14 repetições cada. Os tratamentos utilizados foram: [1]Testemunha; [2]Aplicação via foliar de Cálcio e [3]Aplicação via foliar de Potássio.

Os dados foram submetidos à análise de variância, em nível de 5% de probabilidade de erro. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey e para todos os cálculos foram utilizados o software estatístico SASM/AGRI.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observado que as folhas não aumentaram significativamente a concentração do potássio, independente dos diferentes tratamentos testados (Tabela 3). Ressalta-se que a aplicação via foliar de água, testemunha, apresentou 6,49 gramas de potássio por quilo de matéria seca. Já, aplicação quinzenal de cálcio, via foliar, na concentração de 19,80 ppm o teor no tecido ficou em 7,03 gramas de potássio por quilo de matéria seca. Por fim, a aplicação de potássio, via foliar, resultou um teor de 7,36 gramas de potássio por quilo de matéria seca (Tabela 3 e Figura 2).

Tabela 3 Concentração em gramas de potássio por quilogramas de matéria seca (M.S) das folhas de soja (*Glycine max*) em função de diferentes tratamentos via foliar via foliar. Laranjeiras do Sul, PR, 2022.

| Tratamentos | g K. kg⁻¹ de MS |
|-------------------------|-----------------------------------|
| Testemunha | 6,49 a* |
| Aplicação de cálcio** | 7,03 a |
| Aplicação de potássio** | 7,36 a |
| CV (%) | 30,23 |

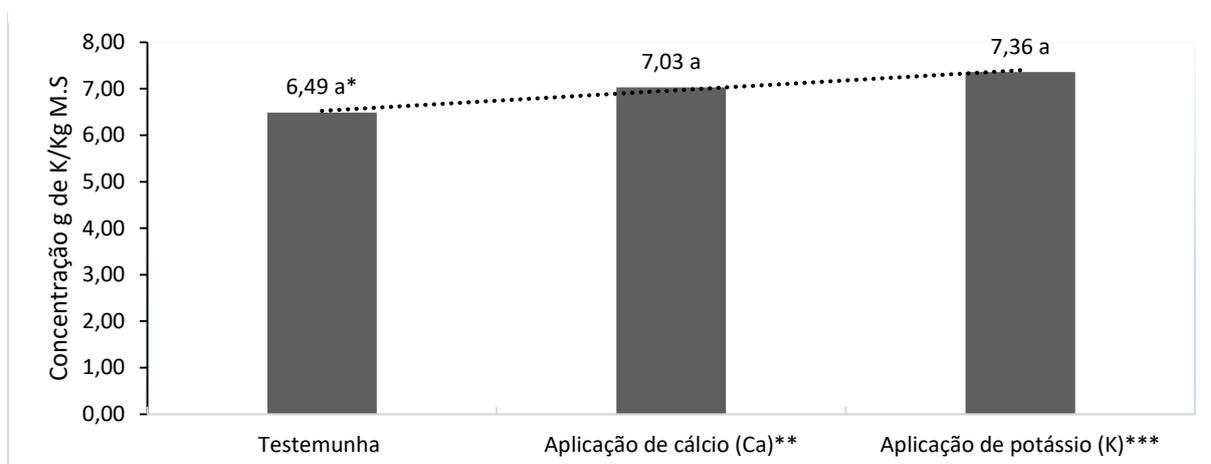
* Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

** Ca na concentração de 19,80ppm.

*** K na concentração de 215,6ppm.

Interessantemente, observa-se um aumento no teor de potássio no tecido das folhas quando aplicado o nutriente, no entanto, esse aumento não difere significativamente (Figura 2). ROSOLEM et al. (1990), realizou um estudo com feijoeiro, com aplicação de cálcio via foliar, e não alterou a concentração de nutrientes na cultura. BEN et al. (1993) comenta, que o substrato utilizado poderia estar equilibrado nutricionalmente, ou seja, considerando que a nutrição da planta ocorre em um processo eficiente, caracterizado pela facilidade de movimentação do nutriente, a concentração nutricional presente se torna suficiente para a cultura.

Figura 4 Concentração em gramas de potássio por quilogramas de matéria seca (M.S) das folhas de soja (*Glycine max*) submetidas sob diferentes aplicações de Cálcio (Ca) e Potássio (K) via foliar. Laranjeiras do Sul, PR, 2022.



* * Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

** Ca na concentração de 19,80ppm.

*** K na concentração de 215,6ppm.

Além disso, a aplicação de cálcio, aumentou a concentração de potássio nas folhas. Possivelmente aplicação de cálcio teve uma função de mensageiro secundário na absorção do potássio. Malavolta (1980), diz que uma interferência entre os nutrientes, cálcio e potássio, ocorre quando o teor de cálcio estiver elevado. Contudo, quando o teor de cálcio se encontra menor, a planta eleva a absorção de K, tornando a concentração de potássio maior. Segundo Marschner (2011), o que ocorre, é uma inibição competitiva entre os nutrientes (Ca e K) devido a maior agilidade do potássio para atravessar a membrana plasmática, o que resulta em uma menor assimilação de cálcio.

Malavolta (1980) discorre também sobre a permeabilidade da cutícula ser um fator para uma menor absorção de nutrientes, ele acrescenta a espessura, cera na superfície e umidade da cutícula, podendo estes influenciar a absorção foliar. O autor ainda acrescenta sobre o estado interno, que diz a respeito da quantia já presente na folha de nutriente, caso seja uma concentração pertinente a planta, ocorre a não absorção de nutriente aplicado via foliar, devido a planta já estar nutricionalmente equilibrada.

5 CONCLUSÃO

O incremento do potássio no tecido foliar não foi significativo mesmo com a aplicação do nutriente na concentração de 215,6 ppm.

Aparentemente ocorreu um sinergismo positivo entre o cálcio (Ca) e o potássio (K) na absorção foliar e no incremento da concentração de K na folha.

Contudo, torna-se necessário a realização de outros experimentos, para verificar a concentração do nutriente no produto a ser aplicada na adubação foliar e a sua relação no incremento do nutriente no tecido vegetal, principalmente o potássio (K).

REFERÊNCIAS

- ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. **Micronutrientes**. In: NOVAIS, R. F., et al. (eds.). Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de ciência do solo. p.645 – 736. 2007`.
- AGUILA, LSHD; AGUILA, JSD; THEISEN, G. Perdas na colheita na cultura da soja. **Embrapa Clima Temperado-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2011.
- ALVES, ER de A.; CONTINI, Elisio; GASQUES, José Garcia. Evolução da produção e produtividade da agricultura brasileira. **Área de Informação da Sede-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2008.
- BEN, J. R.; POTTKER, D.; DE MEDEIROS, L. A. Avaliação do efeito de fertilizantes foliares para a soja. **Embrapa Trigo-Documentos (INFOTECA-E)**, 1993.
- BEVILAQUA, Gilberto Antonio Peripolli; SILVA FILHO, Pedro Moreira; POSSENTI, Jean Carlo. Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. **Ciência Rural**, v. 32, p. 31-34, 2002.
- BLACK, Robert Joseph. Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectiva. **Soja: tecnologia de produção II. Piracicaba: ESALQ**, p. 1-18, 2000.
- BORKERT, C.M.; YORINORI, J.T.; CORREA-FERREIRA, B.S.; ALMEIDA, A.M.R.; FERREIRA, L.P.; SFREDO, G.J. Seja o doutor da sua soja. In: **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n.66, Junho de 1994. 16p.
- CARMO, CAF de S. et al. Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos. **Embrapa Solos-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2000.
- CONAB**. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo segundo levantamento, setembro 2013 / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília: Conab, 2013.
- CONAB**. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v. 9, safra 2021/221, n. 3. Terceiro levantamento, dezembro. 2021.
- COPPO, J. C. **Manejo da adubação potássica na cultura da soja e efeito residual na cultura do milho em sistema plantio direto no oeste do Paraná**. 58 p. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2017.
- DA SILVA DOMINGOS, Cleyton; DA SILVA LIMA, Luiz Henrique; BRACCINI, Alessandro Lucca. Nutrição mineral e ferramentas para o manejo da adubação na cultura da soja. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 14, n. 3, p. 132-140, 2015.

DECHEN, Antônio Roque; NACHTIGALL, Gilmar Ribeiro. Elementos requeridos à nutrição de plantas. **Embrapa Uva e Vinho-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2007.

DEON, Magnus Dall'Igna. **Crescimento e nutrição mineral da soja submetida a excesso de P, S, K, Ca e Mg em solução nutritiva**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

DOMINGOS, C. da S.; LIMA, L. H. da S.; BRACCINI, A. L. Nutrição mineral e ferramentas para o manejo da adubação na cultura da soja. **Scientia Agraria Paranaensis**. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/12218>. Acesso em: 10 mar. 2022.

FAQUIM, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEP, 2005. 183p.

FREITAS, Márcio. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, 2011.

LANA, M. do C. et al. Análise química de solo e tecido vegetal: práticas de laboratório. **UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon**, 2010.

LAZZAROTTO, Joelsio José; HIRAKURI, Marcelo Hiroshi. Evolução e perspectiva de desempenho econômico associadas com a produção de soja nos contextos mundial e brasileiro. **Embrapa Soja-Documents (INFOTECA-E)**, 2009.

LUZ, MJ da S.; FERREIRA, Gilvan B.; BEZERRA, José RC. Adubação e correção do solo: procedimentos a serem adotados em função dos resultados da análise do solo. **Embrapa Algodão-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2002.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação da soja**. Piracicaba: ESALQ/USP, 40p. 1980. (Série Divulgação Técnica Ultrafertil).

MARSCHNER, Horst (Ed.). **Nutrição mineral de Marschner de plantas superiores**. Imprensa Acadêmica, 2011.

MAUAD, Munir et al. Influência da densidade de semeadura sobre características agrônômicas na cultura da soja. **Agrarian**, v. 3, n. 9, p. 175-181, 2010.

MOTA, José Hortêncio et al. **Efeito do cloreto de potássio via fertirrigação na produção de alface americana em cultivo protegido**. 1999. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras.

NACHTIGALL, G. R.; NAVA, Gilberto. Adubação foliar: fatos e mitos. In: **Embrapa Uva e Vinho-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. Agropecuária Catarinense, Florianópolis, v. 23, n. 2, p. 87-97, 2010. Suplemento., 2010.

NACHTIGALL, G. R. Nutrição... **Nutrição mineral de plantas**. 2014. Disponível em:

<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/113822/1/Gilmar-Agapomi-Dez-2014.pdf>>. Acesso em 10 de março de 2022.

REZENDE, Pedro Milanez de et al. Adubação foliar: I. Épocas de aplicação de fósforo na cultura da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 6, pág. 1105-1111, 2005.

ROSOLEM, Ciro A. Recomendação e aplicação de nutrientes via foliar. **Lavras, UFLA/FAEPE**, p. 99, 2002.

SFREDO, Gedi Jorge; BORKERT, Clóvis Manuel. **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.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

VIECELLI, Clair Aparecida. Guia de deficiências nutricionais em plantas. **Toledo-PR: Assoeste**, 2017.

YAMAMOTO, Euriann Lopes Marques et al. Função do cálcio na degradação da parede celular vegetal de frutos. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 6, n. 2, p. 6, 2011.