

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS LARANJEIRAS DO SUL
CURSO DE AGRONOMIA**

JOÃO MATEUS CARVALHO LOTICI

**CONCENTRAÇÃO DE CÁLCIO E POTÁSSIO NAS FOLHAS DE TRIGO QUANDO
APLICADOS VIA FOLIAR**

LARANJEIRAS DO SUL

2023

JOÃO MATEUS CARVALHO LOTICI

**CONCENTRAÇÃO DE CÁLCIO E POTÁSSIO NAS FOLHAS DE TRIGO QUANDO
APLICADOS VIA FOLIAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Josuel Alfredo Vilela Pinto

LARANJEIRAS DO SUL

2023

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Lotici, João Mateus Carvalho
CONCENTRAÇÃO DE CÁLCIO E POTÁSSIO NAS FOLHAS DE TRIGO
QUANDO APLICADOS VIA FOLIAR / João Mateus Carvalho
Lotici. -- 2023.
26 f.

Orientador: Doutor Josuel Alfredo Vilela Pinto

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Laranjeiras do Sul, PR, 2023.

1. Nutrição mineral. 2. Cálcio e Potássio. 3.
Adubação Foliar. 4. Determinação de cálcio e potássio
nos tecidos vegetais. I. Pinto, Josuel Alfredo Vilela,
orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III.
Título.

JOÃO MATEUS CARVALHO LOTICI

**CONCENTRAÇÃO DE CÁLCIO E POTÁSSIO NAS FOLHAS DE TRIGO QUANDO
APLICADOS VIA FOLIAR**

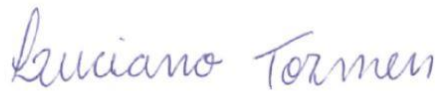
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 06/03/2023.


BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Josuel Alfredo Vilela Pinto – UFFS
Orientador



Prof. Dr. Luciano Tormen
Avaliador



Engª Agrônoma Silvana da Costa
Avaliadora

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus, pela vida, proteção e por ter me dado forças para nunca desistir e superar as dificuldades.

Aos meus pais João e Eliangela pelos conselhos, apoio, amor, preocupação e orações dedicadas durante toda minha vida, e que me deram forças para continuar.

Ao meu irmão Mathias por alegrar meus dias, me deixando com saudades, obrigado por fazer parte desse momento importante na minha vida.

Aos meus grandes amigos Anne Jhennifer e Leonardo Antonowicz, sendo praticamente irmãos, que sempre estiveram ao meu lado durante esse período de graduação em Laranjeiras do Sul, auxiliando e apoiando nos momentos difíceis, tendo um lugarzinho especial no meu coração, uma amizade da UFFS para a vida.

Ao professor Josuel Alfredo Vilela Pinto, por ter aceitado me orientar neste trabalho, pela amizade, apoio, dedicação e aprendizado que adquiri durante este tempo.

Ao professor Luciano Tormen, pelas excelentes contribuições e auxílio em todo o trabalho, sendo de grande valia para a realização deste.

A Silvana por todo esforço e auxílio e ensinamentos para realização das análises.

A todos os amigos conquistados durante estes anos de graduação.

E a todos que contribuíram de alguma forma, direta ou indiretamente, para essa realização.

Os sonhos não determinam o lugar em que você vai estar, mas produzem a força necessária para tirá-lo do lugar em que está (Augusto Cury).

RESUMO

A cultura do trigo, tem grande importância alimentar no mundo, por isso a necessidade de garantir melhor qualidade do grão e a adubação foliar é uma possibilidade de preencher alguns nutrientes, com maior necessidade da cultura. Diante disso, este trabalho tem objetivo de avaliar o aumento da concentração de cálcio e potássio, nas folhas, quando aplicados nos estágios de perfilhamento, emborrachamento e início de enchimento de grãos, utilizando cloreto de potássio e cloreto de cálcio na concentração de 0,5% (m/v). As análises foliares foram realizadas por fotometria de chama, com filtros para cálcio e potássio, e os dados submetidos ao teste de Tukey 5%. Os resultados obtidos mostraram que houve maior concentração de cálcio nas folhas quando aplicado aos 80 dias após semeadura na fase de florescimento, mas já com aumento significativo a partir da aplicação aos 60 dias após semeadura, já para o potássio verificou-se aumento significativo da concentração dos elementos quando aplicados 80 dias após semeadura coincidindo com a fase de florescimento em que a planta necessita de maiores quantidades desse nutriente. Conclui-se que a aplicação foliar de cálcio e potássio na fase de florescimento proporciona maior acúmulo desses nutrientes nas folhas, ou seja, fase em que a planta absorve maior quantidade desses nutrientes via foliar.

Palavras-chave: *Triticum sp.*; nutrição mineral; Ca; K; fotômetro de chama; fertilizante foliar.

ABSTRACT

The wheat crop has great food importance in the world, so the need to guarantee better grain quality and foliar fertilization is a possibility to fill some nutrients, with greater need of the crop. In view of this, this work aims to evaluate the increase in the concentration of calcium and potassium in the leaves, when applied in the tillering, rubbering and beginning of grain filling stages, using potassium chloride and calcium chloride at a concentration of 0.5 % (m/v). Leaf analyzes were performed by flame photometry, with filters for calcium and potassium, and the data submitted to the 5% Tukey test. The results obtained showed that there was a higher concentration of calcium in the leaves when applied 80 days after sowing in the flowering phase, but already with a significant increase from the application on 60 days after sowing, as for potassium there was a significant increase in the concentration of the elements when applied 80 days after sowing, coinciding with the flowering phase in which the plant needs greater amounts of this nutrient. It is concluded that the foliar application of calcium and potassium in the flowering phase provides greater accumulation of these nutrients in the leaves, that is, the phase in which the plant absorbs a greater amount of these nutrients via the leaves.

Keywords: *Triticum spp*; mineral nutrition; Ca; K; flame photometer; foliar fertilizer.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Rotas de absorção de água pelas raízes das plantas.....	16
Tabela 1 – Tratamentos e aplicações realizadas na cultura do trigo (<i>Triticum spp.</i>) via foliar.....	18
Gráfico 1 – Concentração de cálcio (mg kg^{-1}) na matéria seca em folhas de trigo (<i>triticum spp.</i>) submetidas aos tratamentos com aplicação foliar de cálcio e potássio.....	21
Gráfico 2 – Concentração de potássio (g kg^{-1}) de matéria seca em folhas de trigo (<i>triticum spp.</i>) submetidas aos tratamentos com aplicação foliar de cálcio e potássio.....	22

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 A CULTURA DO TRIGO	12
2.2 NUTRIÇÃO DA CULTURA.....	13
2.2.1 NUTRIENTES ESSENCIAIS.....	13
2.2.2 CÁLCIO (Ca).....	13
2.2.3 POTÁSSIO (K)	14
2.3 ADUBAÇÃO FOLIAR.....	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	17
3.2 COLETA DE AMOSTRAS E PREPARO PARA ANÁLISES.....	19
3.3 DIGESTÃO DAS AMOSTRAS	19
3.4 DETERMINAÇÃO DE CÁLCIO E POTÁSSIO EM TECIDOS VEGETAIS	20
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5 CONCLUSÃO.....	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

1 INTRODUÇÃO

O trigo que conhecemos teve sua origem no sudoeste da Ásia, sendo da família das Poaceae e do gênero *Triticum* e as principais variedades cultivadas são *Triticum durum*, *Triticum aestivum* e *Triticum monococcum* (FORNASIERI FILHO, 2008).

A produção de trigo no Brasil, segundo dados da CONAB na safra de 2020/ 2021 foi de aproximadamente seis milhões de toneladas, ocupando a 15ª posição no ranking mundial de produção de trigo, ainda assim, importou em torno de 6,8 milhões de toneladas para suprimento do consumo interno (CONAB, 2020). O rendimento médio de produção de trigo no Brasil em 2019 foi de aproximadamente 2651 kg por hectare (SEAB/DERAL, 2019).

O trigo é considerado uma cultura anual, sendo de grande importância na região sul, por ser cultivada durante o período do inverno, que se encaixa na entressafra de culturas como soja e milho, contribuindo com a fonte de renda ao produtor. Também oferece ótima cobertura de solo durante esse período, evitando que o solo fique descoberto, situação que pode acarretar em diversos problemas como erosão e grande infestação de plantas daninhas na área de cultivo (CONAB, 2017).

Para que a cultura obtenha um bom desempenho produtivo e melhor qualidade é necessário um manejo adequado da fertilidade do solo. A aplicação de corretivos de acidez, para atingir a saturação de bases ideal de 70%, o manejo da adubação no sulco durante o plantio e as aplicações de nutrientes via foliar são condições para o aumento da produtividade e a qualidade do trigo (JORIS et al., 2022).

A cultura do trigo é exigente em nitrogênio pois é constituinte das proteínas, enzimas entre outros, além de afetar a expansão foliar e crescimento da planta, fatores esses que são essenciais para garantir boa produtividade. Para que esse nutriente seja bem absorvido é importante manejar com uso de adubações ricas em potássio, visto que esse nutriente favorece a absorção de nitrogênio nessa cultura (BRAR et al., 2012).

Falando de nutrientes o cálcio, é um nutriente pouco translocado dentro da planta, sua deficiência é notada nas folhas mais novas, sendo de grande importância na formação da parede celular das plantas. O potássio atua na regulação de muitos processos essenciais como uso eficiente da água e síntese de proteínas, além de que atua nos processos metabólicos do nitrogênio. Sendo esses nutrientes essenciais para a cultura do trigo (LOPES, 1998).

Já é conhecido que as plantas possuem capacidade de absorção de nutrientes via foliar, podendo ser utilizado como suplemento da adubação visando melhorar a qualidade nutricional da planta para se obter no final um aumento de produtividade e como substituta ou de uma parte

da adubação realizada diretamente no solo. Porém a falta de estudos relacionados às culturas, têm dificultado o avanço dessa modalidade de adubação entre os agricultores (FERNÁNDEZ et al., 2015).

O presente trabalho tem por objetivo avaliar o aumento da concentração de cálcio e potássio nas folhas de trigo após aplicação via foliar em três estágios de desenvolvimento da planta, sendo no afilhamento, emborrachamento e florescimento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A CULTURA DO TRIGO

O trigo (*Triticum*) é uma das commodities alimentar de maior importância para a humanidade, sendo muito utilizado para produzir alimentos a partir da farinha, devido a ser fonte de proteínas, carboidratos e lipídeos e também de minerais, vitaminas e fibras em menor quantidade, o que satisfaz as necessidades alimentícias energéticas da população (ORTOLAN, 2004).

A planta adulta de trigo é formada por um colmo principal com uma espiga na ponta, nós e entrenós, folhas alternadas, raízes fasciculadas e perfilhos que são formados pelas mesmas partes da planta e ainda por sub-perfilhos (FORNASIERI FILHO, 2008). Já as etapas de crescimento podem ser descritas em ordem cronológica como: germinação, plântula, afilhamento, alongamento, emborrachamento, espigamento, florescimento, grão leitoso, grão em massa, grão com maturação fisiológica e grão maduro (SCHEEREN; CASTRO e CAIERÃO, 2015).

Segundo Scheeren, Castro e Caierão (2015) para adequado desenvolvimento da cultura do trigo é necessária temperatura média de 20 °C, podendo ocorrer danos em toda a planta por excesso de frio ou calor, onde temperaturas menores que -1 °C e -2 °C afetam principalmente no período reprodutivo e de formação de grãos, respectivamente.

Visando uma melhor produtividade para a cultura do trigo, é necessário manejar a adubação tanto na base fornecido no solo, quanto com aplicações de cobertura e via foliar, sendo que uma planta bem nutrida, em desenvolvimento, tende a sofrer menores impactos com adversidades climáticas, de insetos, pragas e doenças (SCHEEREN; CASTRO; CAIERÃO, 2015).

2.2 NUTRIÇÃO DA CULTURA

2.2.1 NUTRIENTES ESSENCIAIS

Esta quantidade essencial de nutrientes para uma planta é determinada de acordo com o que está extraído durante o ciclo. O critério de essencialidade de um nutriente é definido pela sua necessidade e participação nos processos metabólicos da planta. Para o trigo os nutrientes que são mais extraídos são em ordem o nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio, enxofre e magnésio (FORNASIERI FILHO, 2008).

De acordo com Cunha et al. (2015) os nutrientes essenciais para o desenvolvimento do trigo são os macronutrientes: carbono, cálcio, hidrogênio, oxigênio, potássio, magnésio, nitrogênio, fósforo, enxofre e os micronutrientes: boro, cloro, cobre, ferro, molibdênio, manganês, níquel, e zinco; porém as maiores limitações de nutrientes dos solos brasileiros que interferem na qualidade e produção da cultura são N, P, K, S, Zn e B.

Um dos nutrientes mais encontrados nos tecidos vegetais do trigo é o nitrogênio, sendo então, de grande demanda na cultura, possuindo função estrutural de macromoléculas, constituinte de enzimas e aminoácidos, refletindo na síntese de proteínas definindo a qualidade intrínseca do grão. O fósforo no trigo tem importante função na taxa de crescimento, no sistema radicular, participa da síntese e degradação de macromoléculas como amido, gorduras e proteínas, também causa atraso no aparecimento de folhas, diminui a quantidade de afixos, de biomassa e de grãos (CUNHA et al., 2015).

O enxofre juntamente com o nitrogênio é constituinte das proteínas que formam o glúten e adubações que causam desequilíbrio entre esses nutrientes podem ser prejudiciais à produtividade desta cultura. Também na falta de absorção de boro pela planta, em casos de stress hídrico ou com pouca matéria orgânica, resulta na diminuição da massa e número de grãos (CUNHA et al., 2015).

2.2.2 CÁLCIO (Ca)

O cálcio é absorvido pelas plantas na forma do cátion Ca^{2+} (LOPES, 1998), predominantemente por fluxo de massa, que ocorre quando a planta transpira criando um gradiente de potencial hídrico, movimentando água do solo para a raiz e então para as folhas (FORNASIERI FILHO, 2008). A aplicação de cálcio via foliar segundo Malavolta (1980), pode

ser uma fonte de fornecimento direcionado desse nutriente para as partes mais jovens da planta por ser um nutriente praticamente imóvel pelo floema.

O cálcio atua nas plantas de variadas maneiras, entre elas, como estimulante para o desenvolvimento de folhas e de raízes, reforça as estruturas da planta formando pectatos de cálcio da lamela média aumentando a elasticidade e permeabilidade da parede celular, ativa vários sistemas enzimáticos e atua ajudando a neutralizar ácidos orgânicos; atuando também, indiretamente na produção, corrigindo a acidez dos solos melhorando as condições para crescimento das raízes, de absorção e disponibilidade de outros nutrientes para a planta em faixas adequadas de pH (LOPES, 1998).

Os principais sintomas de deficiência de cálcio nas plantas são notados nas folhas mais jovens porque o nutriente é pouco translocado via floema dentro da planta, causando um aspecto gelatinoso com deformações, podendo apresentar clorose ou queimadura de uma região limitada nas margens destas folhas e nos pontos de crescimento, além disso, as raízes escurecem e apodrecem (LOPES, 1998).

2.2.3 POTÁSSIO (K)

O potássio é absorvido na forma iônica (K^+), tanto por difusão através do gradiente de concentração do mais concentrado para o menos, e também por fluxo de massa, sendo este com predominância em solos com CTC baixa (FORNASIERI FILHO, 2008). Sendo este pouco móvel no solo (LOPES, 1998). Para que ocorra uma melhor absorção de potássio é necessário que a solução no solo possua concentração suficiente de cálcio, e também afetando negativamente, quando o cálcio se encontra em concentrações muito elevadas, ocasiona diminuição da absorção de potássio (MALAVOLTA, 1980).

O potássio é o segundo nutriente mais absorvido do solo pela planta de trigo, é essencial para síntese proteica, atua na decomposição dos carboidratos fornecendo energia para a planta, é fundamental para absorção de outros nutrientes, ajuda a superar os efeitos de doenças e a tolerância ao frio sendo também de grande importância para a formação das sementes (FORNASIERI FILHO, 2008).

Grande parte do potássio permanece na solução da planta atuando na ativação de sistemas enzimáticos que regulam as taxas das principais reações metabólicas. Atua também no potencial osmótico, sendo indispensável para regulação da abertura estomática, controlada pela

concentração de potássio nas células ao redor dos estômatos, ocasionando maiores prejuízos na cultura em casos de estresse (LOPES, 1998).

Segundo Lopes (1998), doses exageradas de nitrogênio sem o adequado balanceamento com o potássio e outros nutrientes diminui a produtividade, assim o aumento das doses de nitrogênio em uma cultura tem relação com aumento de produtividade devido ao potássio. Além disso, aumenta os mecanismos de resistência natural das plantas reduzindo os danos por pragas e doenças.

A deficiência de potássio começa a aparecer em folhas velhas, devido à alta mobilidade do nutriente dentro da planta, sendo que os principais sintomas na cultura do trigo são plantas raquíticas e murchas, apresentando secamento ou necrose das margens das folhas, normalmente aparecendo primeiro nas folhas mais velhas (LOPES, 1998). Plantas deficientes em potássio tem o caule mais quebradiço, podendo levar ao acamamento com maior facilidade e levando as sementes ficarem menores e enrugadas devido a senescência precoce (ALVES, 2019).

2.3 ADUBAÇÃO FOLIAR

O manejo da adubação para a cultura do trigo vai depender da finalidade para esse cultivo. Sendo muito importante planejar as práticas no processo produtivo, visando aumentar a produção e reduzir custos, tentando ao máximo reduzir as perdas principalmente de nutrientes para o ambiente (FORNASIERI FILHO, 2008).

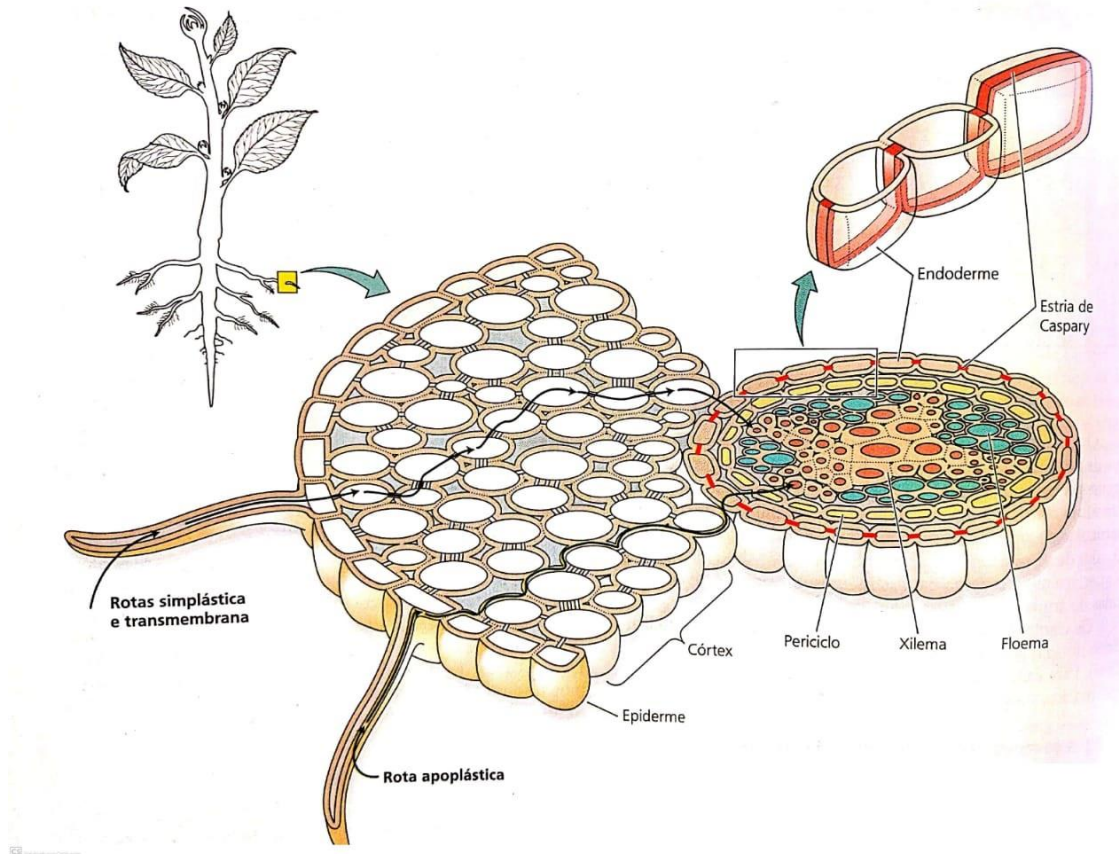
Após definida a necessidade de aplicação de fertilizantes é importante conhecer as quantidades de absorção e acumulação dos nutrientes durante as fases de desenvolvimento da planta. Segundo Fornasieri Filho (2008) a quantidade de nutrientes absorvida pela planta até o início do afilhamento é pequena, aumentando o fluxo de absorção à medida que as raízes vão se desenvolvendo, principalmente durante o segundo mês de crescimento vegetativo.

Segundo Malavolta (1980), para que o trigo obtenha uma produtividade de 3.000 kg ha⁻¹ são necessários 92 kg ha⁻¹ de potássio, sendo exportados pelos grãos cerca de 12 kg ha⁻¹ e em torno de 80 kg ha⁻¹ são reciclados pela palha; para o cálcio são necessários 16 kg ha⁻¹, sendo exportado pelos grãos em torno de 3 kg ha⁻¹ e reciclados pela palha cerca de 13 kg ha⁻¹.

Para entender melhor a absorção é importante considerar o papel da água, que atua como solvente pela grande capacidade de interação com íons e moléculas, realizando a movimentação dessas partículas, visto que para um nutriente ser absorvido via foliar, precisa estar em meio aquoso (CAMARGO, 1975).

Na Figura 1, é mostrado como ocorre a movimento de absorção da água nas raízes, assim como ocorre nas folhas. Na rota apoplástica o movimento da água ocorre entre as membranas pela parede celular, na rota simplástica a água vai passando de célula em célula através dos plasmodesmas, e ainda se movimenta pela rota transmembrana entrando de um lado da célula e saindo por outro lado (TAIZ E ZEIGER, 2004).

Figura 1. Rotas de absorção de água pelas raízes das plantas.



Fonte: Taiz e Zeiger (2004).

A absorção foliar é definida como a entrada de um íon no simplasto foliar (interior da célula) passando por duas barreiras, através da cutícula e do apoplasto (parede celular). Dependendo da molécula, a mesma pode translocar pelas rotas apoplásticas e simplásticas (FERNÁNDEZ et al., 2015). Após a absorção, os elementos são transportados pelo floema para outras partes da planta, exigindo gasto de energia, ou podem ficar armazenados no vacúolo (MALAVOLTA, 1980).

A absorção dos nutrientes é variável de acordo com a fase de desenvolvimento da cultura do trigo, sendo que, na fase de crescimento os nutrientes mais absorvidos são nitrogênio e

fósforo, na fase de floração o mais absorvido é o fósforo e na fase de frutificação o nutriente mais absorvido é o potássio (CAMARGO, 1975).

Segundo Fernández et al. (2015), para que as aplicações foliares de fertilizantes sejam eficazes é importante que a umidade relativa seja alta para que a folha permaneça mais tempo molhada permitindo maior tempo de absorção, porém se chover após a aplicação os nutrientes são facilmente lixiviados, além disso, a temperatura influencia na velocidade de evaporação da água.

Outro fator importante é a umidade da cutícula para que ocorra abertura estomática, sendo uma possibilidade de entrada das soluções aplicadas. A quantidade de tricomas na superfície das folhas ajuda no processo de absorção, aumentando a área de contato com a solução, além de que, a idade da folha interfere, pois quanto mais velha menor a absorção (MALAVOLTA, 1980).

Fatores externos que afetam na aplicação de fertilizantes foliares é a concentração dos nutrientes na solução aplicada, devendo sempre ser maior do que a concentração no interior das folhas para que se obtenha um gradiente de concentração e ocorra a difusão dos nutrientes penetrando sobre a superfície da planta, porém em quantidades exageradas que podem causar fitotoxidez. A solubilidade da formulação a ser aplicada também deve ser levada em conta, pois a absorção ocorre ainda quando em fase líquida na superfície da planta (FERNÁNDEZ et al., 2015). Com os avanços da tecnologia atual, onde se tem agentes espalhantes, surfactantes e umectantes que rompem a tensão superficial da folha e promovem maior contato com a superfície foliar aumentando assim a capacidade de absorção desses nutrientes via foliar.

Para Camargo (1975), a adubação foliar pode ser manejada para substituir adubações de cobertura para as grandes culturas em uma ou duas aplicações de formulados NPK, ou também podendo ser utilizada substituindo uma parte da adubação no solo e incrementando 3 aplicações durante o desenvolvimento da cultura adequando as quantidades de nutrientes dependendo das necessidades de cada estágio de desenvolvimento da cultura, assim na fase vegetativa utilizando uma formulação mais rica em nitrogênio, na fase de floração com maior concentração de fósforo e na fase de frutificação em potássio; ainda podendo ser utilizada como adubação suplementar obtendo aumento de produção.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi realizado na casa de vegetação, localizada na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, no *Campus* Laranjeiras do Sul/Paraná, rodovia BR 158 - Km 405, latitude 25°26'40.85"S, longitude 52°26'18.69"O. Foram utilizadas sementes de trigo, com os tratamentos descritos na tabela 1.

Tabela 1. Relação dos tratamentos para trigo (*Triticum spp.*) submetidas sob diferentes aplicações de Cálcio (Ca) e Potássio (K) via foliar. Laranjeiras do Sul, PR, 2023.

Tratamentos	Nutriente	Aplicação
1	Testemunha	Sem aplicação foliar
2	Cálcio e Potássio*	40 dias após semeadura
3	Cálcio e Potássio	60 dias após semeadura
4	Cálcio e Potássio	80 dias após semeadura

*Concentração 0,5% (massa/volume)

O experimento foi conduzido entre 05 de maio de 2022 até 29 de julho de 2022. Com a semeadura do trigo ocorrendo dia 05 de maio de forma manual em vasos de 14 kg preenchidos com substrato inerte e com adição de 50 gramas de adubação NPK com formulação 20-05-20. Foram utilizados 24 vasos sendo divididos 6 por tratamento. Para o plantio foram dispostas 6 sementes por vaso, sendo que após a germinação e estabelecimento da primeira folha foi deixado apenas uma planta por vaso.

Os vasos contendo as plantas foram rotacionadas a cada 15 dias na mesa de testes dentro da casa de vegetação, para evitar a influência do ambiente e a competitividade entre as plantas. A irrigação na casa de vegetação estava regulada para 3 períodos de irrigação durante o dia sendo estes um às 8 horas da manhã, outro ao meio-dia e outro às 18 horas, permanecendo ligada por 2 minutos em cada horário suprindo a necessidade de água da cultura. O controle de plantas daninhas não foi necessário por ser cultivado em substrato inerte e também não foi necessário a utilização de controles para doenças e pragas.

Para fertilização foliar o material utilizado foi o cloreto de cálcio, CaCl_2 , e cloreto potássio, KCl , sendo preparadas soluções aquosas individuais de cada composto na concentração de 0,5% (massa/volume), aplicados com uso de borrifador. Foi tomado cuidado durante as aplicações na ordem de aplicação nos vasos, onde o cálcio foi aplicado primeiramente individualmente por planta, após todas pulverizadas com o cálcio, foi aplicado o potássio na sequência.

As aplicações foram realizadas no período da manhã por apresentar temperatura mais amena. Após as aplicações a irrigação foi cessada por um intervalo de 24 horas para que não ocorresse lixiviação dos nutrientes. Também durante as aplicações foi adicionado uma proteção plástica sobre o solo, para que somente a parte aérea da planta fosse atingida.

As aplicações foram determinadas seguindo o desenvolvimento da cultura, onde no tratamento 1 não foi aplicado nenhum fertilizante foliar sendo a testemunha, no tratamento 2 foi aplicado cloreto de cálcio e cloreto de potássio aos 40 dias após a semeadura coincidindo com a fase de afilhamento apresentando o colmo principal e dois afilhos. O tratamento 3 foi aplicado cloreto de cálcio e cloreto de potássio aos 60 dias após semeadura coincidindo com a fase de emborrachamento e tratamento 4 foi aplicado cloreto de cálcio e cloreto de potássio aos 80 dias após semeadura coincidindo com a fase de florescimento com a antese completa. A quantidade aplicada foi suficiente para que molhasse as folhas sem ocorrer escorrimento, aproximadamente 4 mL por planta.

3.2 COLETA DE AMOSTRAS E PREPARO PARA ANÁLISES

Seguindo a metodologia de análises foliares de Lana et al. (2010) a coleta das amostras foi realizada no dia 29 de julho de 2022, retirando todas as folhas verdes da planta de cada vaso, posteriormente foram lavadas com ácido clorídrico (HCl) 3% (v/v), em seguida passadas na água da torneira para retirar o excesso do ácido e posteriormente enxaguadas com água destilada.

Após a lavagem, as folhas foram secas, em sacos de papel, em estufa com circulação de ar forçada com temperatura de 60 °C até massa constante (aproximadamente 72 horas de secagem).

Em seguida, as folhas foram moídas com auxílio de moinho de facas do tipo willey, tomando cuidado para não ocorrer contaminação, retirando os excessos de cada amostra e limpando o moinho com álcool 70%; as amostras moídas foram armazenadas em frascos plásticos com tampa devidamente identificados.

3.3 DIGESTÃO DAS AMOSTRAS

Para digestão foi utilizado como solução digestora nítrico-perclórica, na proporção de 750 mL de ácido nítrico p.a. concentrado com 250 mL de ácido perclórico p.a. concentrado conforme sugerido para tecidos vegetais (LANA et al. 2010).

De cada repetição foi medido aproximadamente 1,5 g e transferido para tubos de digestão, adicionado 6 mL de solução nítrico-perclórica e deixado em repouso por 12 horas. Posteriormente, em bloco digestor, as misturas foram aquecidas lentamente até temperatura de 220 °C mantendo essa temperatura até a completa digestão das amostras, sendo adicionado 1 mL quando o volume atingia aproximadamente um quarto do volume inicial. Foram preparadas quatro réplicas de branco nas mesmas condições (somente solução nítrico-perclórica).

Completada a digestão, cada solução resultante foi diluída com água destilada até volume final de 50 mL. Foram digeridas três réplicas de cada amostra a fim de obter maior segurança e confiabilidade dos dados.

3.4 DETERMINAÇÃO DE CÁLCIO E POTÁSSIO EM TECIDOS VEGETAIS

Para a determinação de cálcio foi utilizado um fotômetro de chama modelo 910M da marca analyser, com filtro para determinação de cálcio, potássio, sódio e lítio, e calibrado com solução padrão de cálcio e de potássio na concentração de 100 mg L⁻¹. Após calibração com solução de cálcio foram realizadas as leituras de cálcio nas amostras sem nova diluição.

Posteriormente o equipamento foi calibrado para o potássio com solução padrão e após calibração as amostras foram diluídas 10 vezes a fim de ajustar a concentração do elemento na solução da amostra.

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em 4 tratamentos com 6 repetições. Os tratamentos foram (1) testemunha, (2) aplicação foliar de cálcio e potássio aos 40 dias de desenvolvimento da cultura, (3) aplicação foliar de cálcio e potássio aos 60 dias e (4) aplicação de cálcio e potássio aos 80 dias.

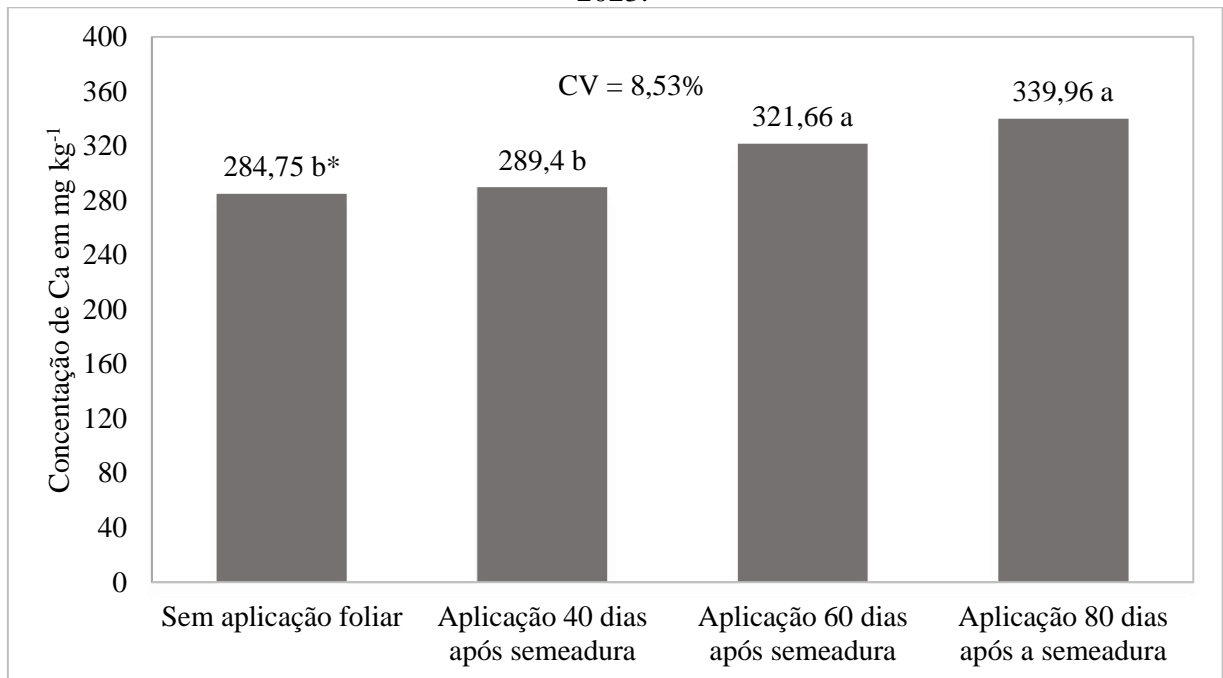
Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com resultado evidenciando ou não se ocorreu diferença significativa entre os tratamentos, porém sem identificar qual tratamento obteve melhores resultados. Para verificar as diferenças entre os tratamentos foi utilizado o teste de médias Tukey, comparando as médias com a diferença

mínima significativa (D.M.S), calculada manualmente a partir dos dados, sendo considerados diferentes quando essa diferença for maior que a D.M.S (BANZATTO; KRONKA, 2013).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observado no presente trabalho que para o tratamento 1 e 2 não ocorreu diferença no acúmulo de cálcio na folha, já nos tratamentos 3 e 4 ocorreu aumento estatisticamente significativo, obtendo uma diferença de cerca de 19% para o tratamento 4 com aplicação 80 dias após a semeadura, quando comparado com a testemunha, representado no gráfico 1.

Gráfico 1. Concentração de cálcio (mg kg^{-1}) na matéria seca em folhas de trigo (*triticum sp.*) submetidas aos tratamentos com aplicação foliar de cálcio e potássio. Laranjeiras do Sul, PR, 2023.



*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

A imobilidade de nutrientes também pode resultar em deficiências mesmo em solos férteis, um exemplo é o cálcio sendo um nutriente pouco móvel na planta pelo floema, ou seja, absorvido no solo e translocado para as partes da planta em que está transpirando, seja nas folhas ou frutos, e pouco translocado para regiões de maior necessidade (Malavolta, 2006). Assim sendo, o suprimento de cálcio via foliar pode ser utilizada para posicionar o nutriente nas partes da planta que estão em déficit.

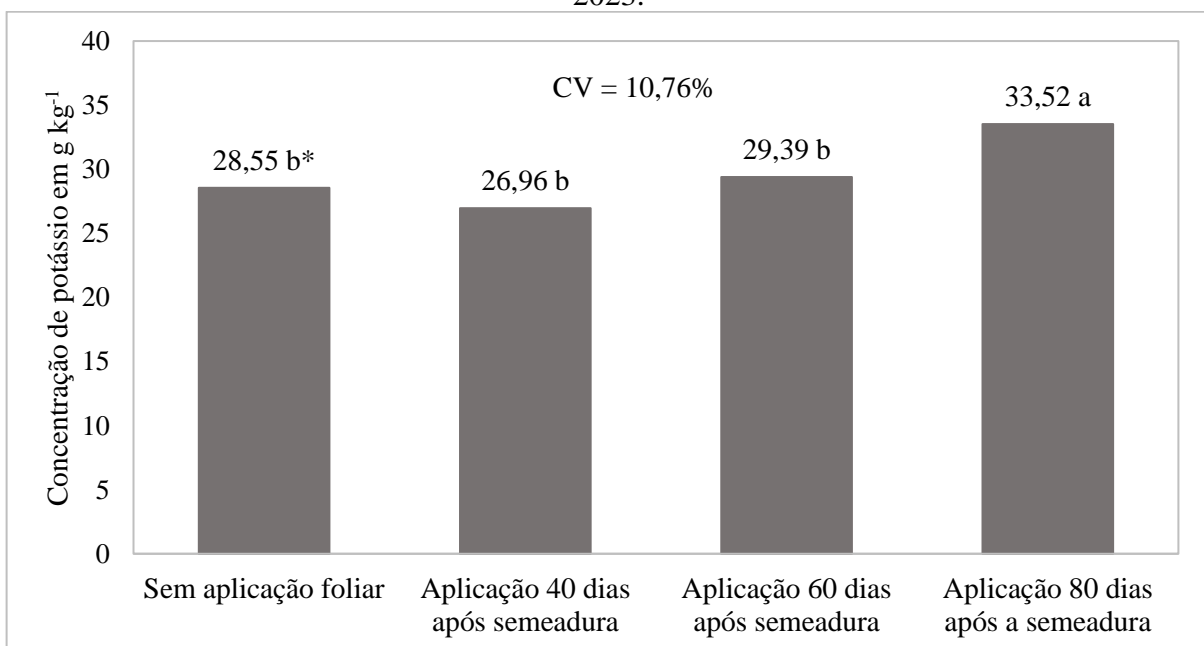
Nota-se que a concentração de cálcio nas folhas começou a se destacar quando aplicado a partir dos 60 dias após a semeadura, dada a sua baixíssima translocação dentro da planta, pode

ser explicado o resultado como sendo pela absorção do nutriente acabando não tendo tempo de ser translocado para outras partes.

As aplicações de cálcio e potássio nas folhas obtiveram melhores resultados quando aplicados na fase de enchimento de grãos, não sendo verificada influência negativa de um nutriente sobre a absorção do outro, sendo que foram aplicados separadamente, mas um posterior ao outro.

Para o potássio foi constatado um incremento de cerca de 16% da concentração deste elemento na folha no tratamento 4 quando comparado com a testemunha. Fica evidente que a aplicação a partir do estágio de emborrachamento aumenta a quantidade do nutriente na massa seca das folhas (gráfico 2).

Gráfico 2. Concentração de potássio (g kg^{-1}) de matéria seca em folhas de trigo (*triticum sp.*) submetidas aos tratamentos com aplicação foliar de cálcio e potássio. Laranjeiras do Sul, PR, 2023.



*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Em trabalhos realizados por Alves, D. A. *et al.* em 2019, com aplicação foliar de potássio nos estágios de emborrachamento e enchimento de grãos, verificou que essas aplicações aumentaram a massa de mil grãos, comprimento de espiga e número de grãos por espiga, diferindo da testemunha em cerca de 30% na produtividade.

O potássio, considerado nutriente que possui boa mobilidade, translocado com facilidade dentro da planta, é rapidamente translocado para os grãos na fase de enchimento, podendo causar sintomas de deficiência nas folhas, mesmo com teores adequados no solo,

sendo necessário suprir essa demanda via foliar (Fernández, 2015). Sendo constatado nesta pesquisa que a fase que obteve maior absorção e acúmulo do nutriente foi justamente no tratamento 4, fase de floração. Outro ponto que vale destacar é que como o mesmo tem alta mobilidade na planta, a aplicação foliar do nutriente em outras fases da cultura pode ter sido posicionada em outras partes da planta, notando-se somente aumento na última aplicação, que foi mais próxima à avaliação das folhas.

Segundo Siqueira (1988), o período de maior absorção de potássio e fósforo na cultura do trigo foi na fase final do perfilhamento até a fase inicial de enchimento de grãos. Para Faquin (2005), o potássio nas gramíneas trás efeitos indiretos na qualidade aumentando o período de enchimento dos grãos.

A aplicação via foliar tanto de cálcio quanto de potássio possibilita posicionar os nutrientes para proporcionar a planta uma nutrição adequada, sabendo-se que uma planta bem nutrida apresentará menor impacto na produção devido à estresses ambientais, de pragas e doenças (SCHEEREN; CASTRO; CAIERÃO, 2015).

5 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos pode se concluir que aplicações foliares de cálcio e potássio proporcionaram um aumento da concentração desses nutrientes na massa seca das folhas quando aplicados a partir da fase de emborrachamento aos 60 dias após semeadura, obtendo melhor resposta quando aplicados no estágio de florescimento, aos 80 dias após semeadura.

Verificando que posicionar as aplicações de cálcio e potássio via foliar nos estágios de emborrachamento até o começo do enchimento de grãos de melhor aproveitamento pela planta, pois segundo os resultados é o período de maior absorção desses nutrientes, visando o custo-benefício das lavouras comerciais. Contudo são necessários testes a campo para evidenciar a pesquisa conduzida em casa de vegetação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, D. A. da S.; WELZ, C. C.; CRUZ, R. M. S. da; OLIVEIRA, K. M. de; BONETT, L. P. **Adubação foliar e viabilidade econômica de potássio na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.)**. Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR, Umuarama, v. 22, n. 2, p. 53-58, abr./jun. 2019.
- BANZATTO, David Arioaldo; KRONKA, Sérgio do Nascimento. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal - SP: Funep, 2013. 237 p. ISBN 85-87632-71-X.
- BRAR, M.S.; SHARMA, P.; SINGH, A.; SAANDHU, S.S. Eficiência de Uso de Nitrogênio (NUE), Crescimento, Parâmetros de Rendimento e Rendimento de Milho (*Zea mays* L.) Afetado pela Aplicação de K. Eifc, n. 30, 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para a Análise de Sementes**. Brasília, DF. 2009. 395 p. ISBN 978-85-99851-70-8.
- CAMARGO, Paulo Nogueira de; SILVA, Ody. **Manual de adubação foliar**. Rua Júlio Conceição - SP: Editora e Distribuidora HERBA Ltda, 1975. 258 p.
- CONAB. **A cultura do trigo**. Organizadores: Aroldo Antonio de Oliveira Neto e Candice Mello Romero Santos. – Brasília: Conab, 2017. 218p. ISBN: 978-85-62223-09-9. Disponível em:
https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17_04_25_11_40_00_a_cultura_do_trigo_versao_digital_final.pdf . Acesso em: 29 de Set. 2021.
- CONAB - **Comparativo de área, produtividade e produção de trigo** – safras 2019 e 2020 - Análise mensal, Trigo. Brasília DF. Dez. 2020.
- CUNHA, Gilberto Rocca da *et al.* Necessidades edafoclimáticas. *In*: BORÉM, Aluísio; SCHEEREN, Pedro Luiz. **Trigo: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. cap. 3, p. 56-72. ISBN 978-85-7269-522-0.
- FAQUIN, Valdemar. Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente. **Nutrição mineral de plantas**. UFLA/FAEPE, Lavras – MG, 2005.

FERNÁNDEZ, Victoria *et al.* **Adubação foliar: Fundamentos científicos e técnicas de campo**. 1. ed. São Paulo: Abisolo, 2015. 150 p. ISBN 978-85-69084-00-6. Disponível em: https://www.fertilizer.org/images/Library_Downloads/2015_ifa_abisolo_adubacao_foliar.pdf.

Acesso em: 20 ago. 2022.

FORNASIERI FILHO, Domingos. **Manual da cultura do trigo**. 1. ed. Jaboticabal - SP: Funep, 2008. 338 p. ISBN 978-85-7805-013-9.

JORIS, Helio Antonio Wood *et al.* **Informações técnicas para trigo e triticales: 14ª reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de trigo e triticales**. 1. ed. Castro, PR: Fundação ABC e Biotrigo Genética, 2022. 274 p. ISBN 978-85-61408-11-4. Disponível em:

<https://www.conferencebr.com/conteudo/arquivo/informacoes-tecnicas-para-trigo-e-triticales--safra-2022-1649081250.pdf> . Acesso em: 20 ago. 2022.

LANA, Maria do Carmo *et al.* **Análise química do solo e tecido vegetal: Práticas de laboratório**. Cascavel: Edunioeste, 2010. 130 p. ISBN 978-85-7644-207-3.

LOPES, Alfredo Scheid. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2. ed. rev. Piracicaba - SP: Associação brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato, 1998. 177 p. Disponível em: <https://www.ufjf.br/baccan/files/2019/04/Manual-Internacional-de-Fertilidade-do-Solo.pdf>.

Acesso em: 16 ago. 2022.

MALAVOLTA, E. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba - SP: Agronomica Ceres, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronomica Ceres Ltda, 2006. 638 p.

ORTOLAN, F. **Genótipos de trigo do Paraná – safra 2004: caracterização e fatores relacionados à alteração da cor de farinha**. 2006. 140 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

SCHEEREN, Pedro Luiz; CASTRO, Ricardo Lima de; CAIERÃO, Eduardo. Botânica, morfologia e descrição fenotípica: Características botânicas e fisiológicas. *In*: BORÉM,

Aluísio; SCHEEREN, Pedro Luiz. **Trigo: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. cap. 2, p. 35-55. ISBN 978-85-7269-522-0.

SEAB/DERAL. - **Evolução da área colhida, produção, rendimento, participação e colocação Paraná/Brasil**. Set. 2021.

SIQUEIRA, Otávio João Fernandes de. **Adubação foliar em trigo**. Passo Fundo - RS: EMBRAPA-CNPT, 1988. 48 p. ISBN 0101-6644.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre - RS: Artmed, 2004. 719 p. ISBN 85-363-0291-7.