

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS-UFGD

FACULDADE DE CIENCIAS AGRARIAS-FCA

Época de aplicação foliar de K e Mg na cultura da soja e seus efeitos nos teores de óleo, proteína e produtividade.

ISABELLA CAROLINE FRITZ BRANQUINHO

LEONARDO DIAS DECIAN

DOURADOS

MATO GROSSO DO SUL

2020

**ÉPOCA DE APLICAÇÃO FOLIAR DE K E MG NA CULTURA DA SOJA
E SEUS EFEITOS NOS TEORES DE ÓLEO, PROTEÍNA E
PRODUTIVIDADE.**

ISABELLA CAROLINE FRITZ BRANQUINHO

LEONARDO DIAS DECIAN

Orientador: PROF.DR.MUNIR MAUAD

Projeto de pesquisa apresentado á
Universidade Federal da Grande Dourados,
aplicado a disciplina de Trabalho de
Conclusão de Curso II, como parte das
exigências do Curso de Bacharelado em
Agronomia.

Dourados
Mato Grosso do Sul
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

B817é Branquinho, Isabella Caroline Fritz

Época de aplicação foliar de K e Mg na cultura da soja e seus efeitos nos teores de óleo, proteína e produtividade. [recurso eletrônico] / Isabella Caroline Fritz Branquinho. -- 2020.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Munir Mauad .

TCC (Graduação em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2020.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Glycine max. 2. adubação foliar. 3. florescimento. I. Mauad, Munir. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

SUMÁRIO

	Páginas
RESUMO	ii
1.INTRODUÇÃO.....	1
2.REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 HISTÓRICO DA ANATOMIA FOLIAR.....	3
2.2.ANATOMIA FOLIAR.....	3
2.2.1 Estruturas internas da folha	3
2.3 MECANISMOS DE ABSORÇÃO.....	4
2.4FATORES QUE AFETAM A ABSORÇÃO	4
2.4.1Fatores internos	4
2.4.2Fatores externos.....	5
2.5 IMPORTANCIA DO Mg^{+2} NAS PLANTAS	6
2.6IMPORTANCIA DO K^{+} NAS PLANTAS	7
2.7 COMPONENTES DA PRODUÇÃO	8
3.0 MATERIAIS E MÉTODOS.....	9
3.1 Local, clima e solo.....	9
3.2 Delineamento experimental.....	9
3.3 Cultivar	9
3.4 Instalação e condução.....	9
3.5 Variáveis analisadas	10
4.0RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	10
5.0 CONCLUSÃO.....	13
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	14

RESUMO

A soja é a matéria prima para diversos produtos, sendo uma das principais culturas semeadas no Brasil. Sua alta produtividade está ligada a várias técnicas de manejo, dentre elas o fornecimento de nutrientes que pode ser feito via solo ou foliar. A adubação foliar tem crescido nos últimos anos, tornando-se uma opção para o fornecimento ou suplementação de nutrientes. O objetivo deste trabalho é avaliar a aplicação foliar de produto contendo K e Mg em diferentes estádios reprodutivos da cultura da soja. O experimento foi realizado na fazenda Antolin, município de Dourados, sob as coordenadas 22°13'53.6"S 54°59'52.1"W. O trabalho foi conduzido em delineamento experimental em blocos ao acaso com 3 tratamentos (R2-R4; R4-R5.2; testemunha) e 7 repetições, totalizando 21 unidades experimentais. A variedade da soja utilizada foi M6410IPRO de tipo de crescimento indeterminado. As variáveis analisadas foram: número de vagens por planta, número de grãos por vagens, massa de 1000 grãos, produtividade, teor de óleo e teor de proteína. A análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As aplicações nos estádios reprodutivos da soja proporcionaram um aumento da massa de 100 grãos. Houve aumento nos componentes da produção na aplicação realizada no estádio R2-R4, em relação a testemunha quando comparado a aplicação feita em R4- R5.3.

LISTA DE TABELAS**PÁGINA**

TABELA 1. Teores de nutrientes nas folhas de soja em R2.....11

TABELA 2. Médias dos valores de estande final de plantas (EFP), altura de plantas (AP), número de vagens por plantas (NVP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (PG) da cultura da soja em teor de Proteína (TP) e teor de óleo (TO) em função do adubo foliar...12

1. INTRODUÇÃO

A soja é uma das principais commodities agrícolas produzidas no país, tendo um alto impacto no PIB brasileiro. Na safra 2019/2020 foi colhida 124,8 milhões de toneladas, tendo um aumento de 4,3% em relação ao ano anterior. As exportações no setor agropecuário em 2020, chegou a marca de US\$ 42 bilhões sendo US\$16,3, devido à soja, um aumento de 7,9%, quando comparada com a safra passada. (CONAB, 2020).

Devido ao seu alto potencial produtivo, sua composição química, valor nutritivo (tanto para alimentação humana, como animal) e por ser fonte de matéria prima para diversos complexos agroindustriais essa oleaginosa é a principal cultura de grãos semeada no Brasil.

A área cultivada com grãos no Brasil na safra 2019-2020 é estimada em aproximadamente de 62,2 milhões de hectares, dos quais 36,8 milhões são cultivados com soja. Neste contexto, o estado do Mato Grosso do Sul apresenta uma área cultivada de 4,8 milhões de hectares com 2 milhões de hectares destinados para o cultivo da soja, com uma produtividade média de 52,19sc/ha (CONAB, 2020).

Um dos vários fatores que influenciam a produtividade da cultura da soja é a adubação, que pode representar até 30% do custo final de produção (IFAG, 2020).

Uma das formas de se fornecer nutrientes a planta é por meio da adubação foliar, que embora seja uma prática conhecida há mais de 100 anos (BORKERT, 1987), só recentemente, vem sendo estudada com maior profundidade, se comparada a outros métodos de adubação (REZENDE et al., 2005).

As maiores velocidades de absorção de macronutrientes via sistema radicular, acontecem durante o florescimento e início de enchimento de grãos para a maioria desses, as maiores quantidades são absorvidas após o florescimento (REZENDE et al., 2005). Assim, o fornecimento de nutrientes durante o período reprodutivos pode ser uma estratégia para o aumento da produtividade na cultura da soja como demonstrado por Madic et al., (2015), Bernis & Viana (2015), e Silva et al., (2017).

Potássio (K) e Magnésio (Mg) são elementos essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas. O potássio é um macronutriente que não faz parte de nenhum composto orgânico e não desempenha função estrutural na planta, mas sim, atua na ativação de aproximadamente 50 enzimas (MARQUES, 2012). O magnésio compõe a molécula de clorofila, correspondendo a 2,7% do seu peso, sendo fundamental nos processos da fotossíntese. Dentre outras importantes funções desempenhadas pelo Mg,

destaca-se a ativação enzimática, o Mg ativa mais enzimas do que qualquer outro elemento na planta, enzimas essas ligadas a processos respiratórios, enzimas que atuam na síntese de DNA e RNA, assim como atua na ativação das enzimas ligadas aos processos da fotossíntese (FAQUIN, 2005; TAIZ, et al., .

Embora exista uma abundante literatura a respeito dos efeitos fisiológicos de K e do Mg, o conhecimento sobre a aplicação conjunta de K e Mg é limitada (KOCH et al., 2019).

Objetivou-se com esse trabalho avaliar a aplicação foliar de produto contendo K e Mg em diferentes estádios reprodutivos da cultura da soja.

2.REVISÃO DE LITERATURA

2.1 HISTÓRICO DA APLICAÇÃO FOLIAR

A capacidade de as plantas absorverem substâncias via foliar foi identificada há três séculos, dando início aos trabalhos científicos para a identificação da morfologia e compostos químicos da cutícula foliar, além dos mecanismos envolvidos no processo de absorção (FERNÁNDEZ et al., 2015).

Primeiramente foi realizada a marcação por florescência e, posteriormente, a radio marcação para caracterizar os aspectos químicos e de translocação da solução na planta, após a penetração na cutícula foliar. No começo do século 20 se deu o interesse para saber a importância dos estômatos no processo de absorção na superfície da folha. Em 1972 foi constatado que a água por si só, diminuiria a taxa de absorção, sendo interessante a adição de uma substância que reduz a tensão superficial (FERNÁNDEZ et al., 2015). No Brasil, os primeiros estudos a respeito da adubação foliar datam de 1960 em cafeeiro, onde foi realizado tanto experimento em situação de campo, quanto em ambiente controlado, na ESALQ-USP e no IAC de Campinas (MALAVOLTA, 1980).

Apesar da maior dificuldade de absorção quando comparada à das raízes, a aplicação via foliar pode ser justificada quando as condições do solo limitam a disponibilidade de nutrientes por ele fornecidos. Podem ocorrer situações onde há grandes perdas de nutrientes no perfil do solo. Nesse caso, a realização de um estímulo fisiológico intensifica a atividade metabólica, resultando em maior produtividade (FERNÁNDEZ, 2015). A aplicação foliar também pode ser uma prática corretiva, de cobertura, complementar, estimulante ou suplementar (BOARETTO, 1982).

2.2 ANATOMIA FOLIAR

2.2.1 Estruturas internas da folha

Tecidos

As folhas, de uma maneira geral, possuem 3 tecidos diferentes: mesófilo, epiderme e tecidos vasculares (TAIZ et al., 2017).

Epiderme

A epiderme é constituída na grande maioria das espécies vegetais por uma única camada de células tubulares, com exceções de algumas outras espécies com mais de uma camada deste tipo de células. Em quase todas as plantas, estas células não possuem cloroplastos em sua constituição (TAIZ et al., 2017).

Quase sempre a epiderme é revestida por uma cutícula, formada por compostos como: pectina, ceras, cutina e celulose. Estes compostos são excretados pelas células da epiderme, e quando extravasam e entram em contato com o oxigênio, convertem-se em polímeros (TAIZ et al., 2017).

A cutícula geralmente é mais espessa na parte adaxial do que na parte abaxial. Essa característica está relacionada com a posição das folhas, pois a parte adaxial está mais exposta aos raios solares como impactos mecânicos diretos, além de estar mais sujeita a ataques de pragas e patógenos (TAIZ et al., 2017).

Mesófilo

O mesofilo é a região da folha onde estão presentes os cloroplastos, e a principal função dessa região foliar é a síntese de carboidratos através da fotossíntese. Essa região é formada por células parenquimáticas, que são diferenciadas em paliçádico e lacunoso para espécies dicotiledôneas, e não apresenta essa diferenciação para espécies monocotiledôneas, tendo o mesofilo homogêneo (TAIZ et al., 2017).

O apoplasto está presente nessa região foliar e é constituído de uma cadeia de paredes celulares, seus respectivos espaços e vasos condutores. É responsável pela movimentação livre de água, porém existem impedimentos químicos e físicos, principalmente por elementos iônicos, além dos impedimentos da camada de cutina que reveste a epiderme (TAIZ et al., 2017).

2.3 MECANISMOS DE ABSORÇÃO

A planta pode ser dividida em duas partes, a primeira com vasos lenhosos, colênquima, esclerênquima, cutículas, e paredes com a presença de celulose; o conjunto dessas estruturas é chamado de apoplasto. A segunda parte chamada simplasto, é constituída dos plasmalemas, tonoplastos, citoplasmas, organelas, membranas nucleares e ectodesmos. Para que a substância entre no vegetal, é necessário que ocorra o rompimento da cutícula, chegando ao apoplasto, e, posteriormente, o rompimento do plasmalema para chegar ao simplasto (CASTRO, 2009).

A absorção foliar pode ocorrer de duas formas: passiva e ativa. A primeira, um processo físico caracterizado por não gastar energia (ATP), podendo ser, difusão simples ou difusão facilitada. A substância atravessa a cutícula foliar, a parede celular e os espaços intracelulares, chegando ao plasmalema. Tal processo pode ter interferência dos fatores ambientais. Já na absorção de forma ativa, ocorre gasto de energia, após o atravessar o plasmalema, a substância atinge o citoplasma, onde é acumulada no vacúolo ou é levada a outras partes da planta (ROSOLEM, 2002).

A velocidade de absorção da substância nutritiva pela folha depende das condições ambientais, da cultura em questão e do tamanho da partícula pulverizada, e, portanto, varia de nutriente para nutriente (FAQUIN, 2005).

2.4 FATORES QUE AFETAM A ABSORÇÃO

A absorção via foliar pode ser influenciada por diversos fatores, sejam externos, ligados ao meio ambiente ou internos, ligados à estrutura e à fisiologia das plantas, que fazem variar a eficiência da adubação (FAQUIN, 2005).

2.4.1 Fatores internos

a) Espessura da cutícula: A quantidade de estômatos interfere na absorção, uma vez que cutículas espessas e poucos estômatos prejudicam a entrada da substância na planta. Na epiderme abaxial a penetração é maior devido à quantidade de estômatos e menor espessura da cutícula. Já na epiderme adaxial, por ter uma maior cerosidade, a absorção é menor. Entretanto, se a substância ficar por certo tempo na superfície foliar, a penetração ocorre como na abaxial. A presença de pilosidade e tricomas diminuem a

capacidade de absorção (RODRIGUES,2003). Entretanto, há autores que afirmam ser a presença dessas estruturas algo favorável à absorção, devido ao maior molhamento e à superfície de contato da solução com a epiderme (KERBAUY,2004).

b) Idade das folhas: Folhas mais jovens têm alta atividade metabólica e maior consumo de nutrientes para formação de compostos orgânicos. Sua capacidade de absorção é maior, além de terem a cutícula mais fina, com menor serosidade e maior demanda de nutrientes (RODRIGUES, 2003; KERBAUY, 2004).

c) Estado de hidratação das folhas: Quando desidratada, a folha murcha e torna-se quase impermeável, o que prejudica a capacidade de absorção. Para haver uma boa absorção é necessário que a cutícula esteja bem hidratada (RODRIGUES, 2003; KERBAUY, 2004).

d) Quantidade de estômatos: a quantidade é variável para cada espécie vegetal. Estômatos são normalmente encontrados em maior quantidade na parte abaxial da folha, como no caso da soja, considerada uma espécie epistomática. (CAMARGO, 2009).

2.4.2 Fatores externos

a) Temperatura e Umidade: a temperatura e a umidade afetam a velocidade de secamento da solução pulverizada nas folhas. A combinação desses fatores influi na variação dos gradientes de pressão de vapor na folha e no ar, auxiliando na absorção. Dessa forma, umidade relativa alta e temperaturas amenas favorecem a absorção foliar, pois ocorre menos evaporação da solução. Portanto, para um melhor resultado, é indicado que aplicações sejam feitas pela manhã ou no final da tarde (FAQUIN, 2005).

b) Molhabilidade da superfície foliar: a absorção depende do quanto a superfície foliar é atingida com a solução. A capacidade de molhamento da solução nutritiva irá depender do ângulo da aplicação e da tensão superficial do líquido. Para diminuir tais interferências existem os surfactantes, substâncias capazes de romper a tensão superficial da cutícula foliar e da gotícula pulverizada, e que também reduzem a evaporação (FAQUIN, 2005).

c) Tamanho da partícula pulverizada: gotas muito grandes fazem com que a superfície foliar torne-se encharcada e comece a gotejar, resultando na lavagem ou remoção da solução nutritiva das folhas, o que prejudica a absorção na cutícula foliar (RODRIGUES, 2003; NACHTIGALL, 2010). Em contrapartida, as partículas menores resultam numa maior concentração do produto, podendo causar fitotoxidez na planta,

além de apresentarem um maior risco de ocorrer deriva e rápida evaporação (RAMOS, 2001).

2.5 IMPORTANCIA DO Mg^{+2} NAS PLANTAS

O Magnésio (Mg^{+2}) é um metal alcalino, íon catiônico bivalente, considerado um macro nutriente essencial para as plantas, ou seja, o Mg^{+2} influi muito no metabolismo; sem ele a planta não completa (KERBAURY, 2004).

No solo, quanto maior o raio iônico do elemento, menor sua mobilidade, sendo assim, o magnésio é considerado um nutriente móvel e a absorção pelas raízes se dá por fluxo de massa. (BATISTA et al., 2018).

A translocação do Mg^{+2} na planta é facilmente realizada via floema, e ele é o principal elemento responsável pela ativação de enzimas, tais como a ribulose-1,5-bifosfato (RuBP), responsável por ser a enzima chave no processo de fotossíntese (CAKMAK et al., 2008) e algumas enzimas responsáveis pelo transporte de fosforo para dentro das células (MARSCHNER, 1995).

No tecido vegetal sua mobilidade é considerada intermediária. Sendo assim, conforme ocorre a demanda de magnésio, este é mobilizado para o terço superior da planta. Havendo níveis inadequados do nutriente no solo, a deficiência se manifesta nas folhas mais velhas (LUENGO et al., 2017).

O Mg é componente essencial da molécula de clorofila. Ele é de grande importância na fotossíntese, respiração, sínteses orgânicas, armazenamento, translocação de foto assimilados, síntese de proteínas e estabilidade ribossômica. (KERBAURY, 2004).

Nas folhas, o magnésio pode se apresentar de três formas, sendo elas: ligado a molécula de clorofila, precipitado na parede celular (insolúvel) e na parte solúvel (FINK, 1991).

Em plantas de beterraba deficientes em Mg, foram verificados o acúmulo de sacarose nas folhas, quatro vezes superior, quando se comparando com plantas onde o nível nutricional estava adequado, evidenciando o papel do nutriente no transporte de foto assimilados da área foliar para os órgãos de reserva (HERMANS et al., 2004).

Cakmak et al., (1994) em seus estudos a respeito da função do Mg na nutrição de plantas, verificou que, em plantas com deficiência de magnésio há acúmulo de carboidratos nas folhas totalmente expandidas, onde folhas mais velhas apresentaram até

nove vezes mais foto assimilados, quando comparados com plantas com equilíbrio nutricional.

A pulverização de magnésio pode vir a ser um método rápido para aumentar a produtividade, em um curto espaço de tempo. Em plantas de milho, submetidas a aplicações foliares com Mg^{+2} , em condições controladas, resultaram em aumento da taxa fotossintética, e acúmulo de biomassa no caule segundo (JEZEK et al., 2015). Quando realizada na época certa, a adubação com magnésio é uma alternativa viável para o maior rendimento de culturas como soja e milho, podendo ter um incremento na produtividade, além de proporcionar maior peso de grãos (ALTARUGIO et al., 2017).

2.6 IMPORTANCIA DO K^+ NAS PLANTAS

Sabe-se que para o bom desenvolvimento da cultura da soja é fundamental que haja boa fertilidade do solo (CARNIELLI et al., 1988), e também condições climáticas favoráveis. (CIIAGRO, 1974). Isso faz com que o produtor rural ajuste a fertilidade da sua área, a fim de suprir a demanda da soja por nutrientes que possibilitem alcançar uma alta produtividade.

Todos os nutrientes exigidos pela cultura são importantes, pois na ausência de algum nutriente essencial, a cultura não completa seu ciclo (MENDES, 2007). Uma vez que o produto final da soja são os seus grãos e deles é que provém a lucratividade, é imprescindível que seja dada uma atenção especial para o nível de K^+ . A produtividade da planta, possui alta dependência por K^+ , porque este nutriente está fortemente associado translocação direta dos fotoassimilados produzidos nas folhas, carreando-os para os grãos (JUNIOR, et al., 2018).

Gonçalves et al. (2010) constataram que a produtividade da soja é menor quando não adubada com K_2O . Em média, 32,1 kg de K são extraídos 22 do solo para se produzir 1000 kg de grãos, e 18,8 kg de K, em média, são exportados (PAULETTI; 2004).

Outro ponto importante é que o potássio está relacionado ao potencial osmótico e expansão celular, o que não somente promove o crescimento e a multiplicação celular, mas também confere turgescência às células, além de possibilitar maior expansão foliar. Deve-se também ressaltar a importância deste nutriente no tocante aos estômatos, pois as variações de concentração de K nos estômatos nas células guardas estabelecem um sinal de fechamento ou de abertura para as tais. Assim sendo, mesmo que de forma

indireta, o K^+ influencia tanto na absorção de água e nutrientes e na saída de oxigênio, como na entrada de gás carbônico (TAIZ et al., 2017).

A deficiência de K^+ é percebida através de sintomas característicos, estes sendo o surgimento de pontos necróticos nas folhas, evoluindo posteriormente para um tecido necrosado na borda foliar (SFREDO e BORKERT; 2004). Esse sintoma é evidente em folhas mais velhas, pois o potássio é móvel dentro do vegetal (TAIZ et al., 2017).

O potássio, quando disponível no solo em quantidade adequada e suficiente para suprir a exigência da soja, é responsável por vários benefícios, dentre os quais:

- 1) aumenta a capacidade de nodulação no sistema radicular;
- 2) proporciona incrementos nos componentes da produção desta cultura;
- 3) reduz o número de grãos enrugados;
- 4) aumenta a tolerância a estresses bióticos e abióticos. (JUNIOR et al., 2018).

2.7 COMPONENTES DA PRODUÇÃO

Junior e Costa (2002) afirmam que a cultura da soja tem três componentes definidores da produção:

- 1) O número de plantas por área;
- 2) O número de vagens por planta e de grãos por vagem;
- 3) O peso médio dos grãos. O número de legumes numa mesma planta está correlacionado diretamente à carga floral do vegetal (que consegue gerar novas vagens) e também ao número de flores apresentado em cada um dos nós existentes na planta (JIANG & EGLI, 1993).

Apesar das cultivares existentes terem alto potencial genético de emitirem grande número de estruturas florais, uma parte dessa capacidade é perdida, devido ao abortamento e abscisão das estruturas reprodutivas, onde até 80% da carga floral não prospera (JUNIOR; COSTA, 2002). O potencial produtivo das plantas não é totalmente expresso devido à interação com o ambiente: disponibilidade de nutrientes, pluviosidade e incidência de pragas e doenças (EVANS, 1993).

No momento em que a planta de soja entra em estágio fenológico R2, caracterizado por uma flor aberta nos 2 últimos nós superiores da planta, ocorre um aumento no fluxo de absorção e acúmulo de matéria seca, esse aumento dura até o estágio de R6, estágio compreendido por uma vagem com os grãos completamente formados e

preenchendo totalmente os lóculos da vagem. Inicialmente a planta de soja começa a acumular os nutrientes e os fotoassimilados nos seus órgãos vegetativos, e no decorrer da formação dos órgãos reprodutivos, a planta começa a direcionar o acúmulo de nutrientes e fotoassimilados para os órgãos reprodutivos. (NEUMAIER et al., 2000).

3.0 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local, clima e solo

O experimento foi conduzido na fazenda Antolin, município de Dourados, com coordenadas geográficas $22^{\circ}13'53.6''S$ $54^{\circ}59'52.1''W$. O clima conforme a classificação de Koppen é do tipo Am (Alvares et al. 2013). O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico argiloso.

3.2 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento experimental em blocos ao acaso, com 3 tratamentos e 7 repetições, totalizando 21 unidades experimentais. Os tratamentos foram compostos por épocas de aplicação na soja (R2-R4; R4-R5.3 e sem aplicação), de um adubo foliar contendo potássio (39,8%) e magnésio (1,8) em sua composição.

3.3 Cultivar

A cultivar usada foi a M6410IPRO, de crescimento indeterminado e ciclo precoce, com exigência de fertilidade de média alta, com resistência ao nematóide das Galhas (*Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne Javanica*) e de Cisto, apresentando flor roxa e hilo preto com altura aproximada de 85 cm.

3.4 Instalação e condução

O experimento foi instalado em lavoura comercial no dia 22 de dezembro de 2019, sendo essa área semeada no dia 9 de novembro de 2019, e utilizando-se das tecnologias próprias do proprietário da fazenda, cada parcela com área de $42m^2$ onde foi descartado $1m^2$ de cada extremidade, resultando em $20m^2$ para a parcela útil. O espaçamento utilizado foi de 0,45m entre linhas e população 280.000 plantas. As sementes foram inoculadas diretamente no sulco de plantio com três doses de 100ml/50kg de sementes de *Bradyrhizobium japonicum*.

A adubação foi realizada utilizando-se 400kg/ha de supersimples e 200kg/ha de KCl. Foram feitas três aplicações de fungicidas: a primeira com propiconazol + difenoconazol e oxiclreto de cobre ($Cu_2Cl(OH)_3$), a segunda com fluxapiraxade + piraclostrobina e oxiclreto de cobre ($Cu_2Cl(OH)_3$), e a terceira apenas com fluxapiraxade + piraclostrobina.

A aplicação do adubo foliar foi feita no estágio reprodutivo, sendo: R2-R4, R4-R5.3, sempre sendo realizadas aos finais de tarde em temperaturas mais amenas e com velocidade do vento baixa, utilizando um pulverizador costal pressurizado a gás carbônico, com bico de aplicação XR110-VS, barra de 2 m com quatro bicos de pulverização e volume de calda de 100L/há.

3.5 Variáveis analisadas

Análise foliar: foi realizada uma amostragem para a diagnose foliar antes de serem aplicados os tratamentos. Em 30 plantas foram coletadas amostras do terceiro trifólio com pecíolo e do ápice para a base no estágio R2. O material vegetal foi seco em estufa de circulação forçada, à temperatura de 60 °C por 48 horas, e depois moído e encaminhado para análise química.

Número de vagens por planta: foi determinado por meio da coleta de 10 plantas sequenciais na área útil da parcela e os dados transformados para número de vagens por plantas.

Número de grãos por vagens: foi determinado pela contagem dos números de grãos das vagens de 10 plantas e dividido pelo número total de vagens.

Massa de 100 grãos: foi determinada de acordo com a metodologia das regras de análises de sementes proposta pelo Brasil- Ministério da Agricultura (Brasil, 2009).

Produtividade: foi determinada pela coleta de todas as plantas da área útil com 20m² e os dados foram posteriormente transformados para kg por ha⁻¹.

Teor de óleo: foi determinado utilizando o aparelho extrator de Soxhlt e éter de petróleo como solvente, segundo o procedimento descrito nas normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985).

Teor de proteína: foi determinado em amostras secas e moídas do grão obtendo-se o teor de nitrogênio total por meio da técnica Kieldahl, conforme a recomendação de Viiti., et al (2010). A análise será realizada em duplicata e o valor de N total multiplicado pelo fato 6,25.

Análise estatística: Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

4.RESULTADOS E DISCUSSÕES

O teor de N estava abaixo da faixa recomendada para a cultura da soja (40-54 g kg⁻¹) enquanto os teores de P, K, Ca, Mg e S estão dentro da faixa (2.5-50 g kg⁻¹; 15-25

g kg⁻¹; 4-20 g kg⁻¹; 3-10 g kg⁻¹; 2,5-40 g kg⁻¹) recomendadas, respectivamente, por RAIJ et al (1997). Para os micronutrientes B e Cu estão na faixa para a cultura da soja (que é 21-35 mg kg⁻¹ e 10-30 mg kg⁻¹), enquanto os micronutrientes Fe, Mn e Zn estão acima da faixa recomendada (50-350 mg kg⁻¹, 20-100 mg kg⁻¹ e 20-50 mg kg⁻¹) (tabela 1).

O baixo teor de N pode estar ligado a fatores abióticos, Hungria e Vargas, (2000) relatam que os estresses ambientais, como pluviosidade, acidez do solo e elevadas temperaturas, são as principais causas de fixação biológica ineficiente.

Tabela 1. Teores de nutrientes nas folhas de soja em R2.

Nutrientes	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Cu	Mn	Zn
	g/kg						mg/kg				
	31,3	6	29	6,9	4,1	4,1	26,1	470,5	13	231,5	105,5

Pelos resultados obtidos, nota-se efeito significativo para número de vagens: por plantas, número de grãos por vagens, massa de 100 grãos e produtividade grãos. Já para o estande final de plantas, teor de proteína e teor de óleo não houve o efeito significativo dos tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2. Médias dos valores de estande final de plantas (EFP), altura de plantas (AP), número de vagens por plantas (NVP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (PG) da cultura da soja em teor de Proteína (TP) e teor de óleo (TO) em função do adubo foliar.

	NVP	NGP	M100	PG	TO	TP
Tratamento ⁽¹⁾	n°		g	kg ha ⁻¹	%	%
R2 - R4	45,20 a	118,24a	155,53a	4148 a	19,69	33,03
R4 - R5.3	44,0 ab	111,57b	153,21a	3579 ab	20,11	32,86
Água	41,5 b	96,48 b	128,35b	3491 b	20,51	33,03
Pr > Fc	8,874	20,295	19,049	5,372	28,55	0,19
CV ⁽²⁾	3,91**	5,88**	6,26**	10,89*	3,20 ^{ns}	2,94 ^{ns}

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%. ⁽²⁾ **, * e ns significativo a 1 % e 5% – não significativo.

O maior número de vagens por plantas foi obtido pela aplicação do produto contendo potássio e magnésio no estádio R2-R4, que diferiu estatisticamente da testemunha que obteve o menor valor (Tabela 2).

O estádio R2 é caracterizado como pleno florescimento com a abertura de várias flores na haste principal (CAMARA, et al., 2006). Neste estádio ocorre um maior acúmulo de nutrientes e massa seca nos órgãos vegetativos como folhas, pecíolos e caules, além de um aumento da área foliar conforme o desenvolvimento da planta, aumentando

assim a taxa fotossintética e resultando numa maior produção de fotoassimilados (MUNDSTOCK, et al. 2005). Após a formação da vagem (R4) a planta começa a translocação de fotoassimilados, carboidratos, para o acúmulo de massa seca nos grãos, (MUNDSTOCK, et al. 2005; e CÂMERA, 2000).

O magnésio participa do centro da molécula de clorofila, essencial para a fotossíntese, e é ativador de diversas enzimas, que auxiliam no transporte e acúmulo de massa seca no sistema “fonte-dreno”. Já o potássio é regulador da abertura e fechamento dos estômatos, ativador enzimático que auxilia na síntese de proteínas e no transporte de açúcares (TAIZ et al., 2017 e KERBAUY, 2004). Possivelmente, a aplicação do K^+ e Mg^{+2} em R2 tenha favorecido um maior pegamento das estruturas florais que estavam se formando e, conseqüentemente, houve um menor número de abortamento e flores, formando um maior número de vagens. Nonokawa et al., (2012) relatam que o fornecimento insuficiente de fotoassimilados para flores e vagens é um dos fatores determinantes no abortamento dessas estruturas reprodutivas.

Em plantas de crescimento indeterminado, após o aparecimento das flores, ainda há a formação de novos nós e, posteriormente, o aparecimento de novas estruturas florais, ou seja, há o florescimento, a formação de vagens e a maturação, ocorrendo de maneira escalonada, podendo, assim, em uma mesma planta, encontrarem-se flores e vagens em diferentes estágios de desenvolvimento (AGNOL, 2017). O número de vagens por plantas é o componente da produção mais correlacionado com a produtividade (DALCHIAVON & CARVALHO, 2012).

Assim, a adubação foliar em R2 e R4 pode ter estimulado um maior transporte de nutrientes, compostos nitrogenados, carboidratos e matéria seca das folhas, caules e ramos para os grãos (MUNDSTOCK, et al. 2005) e, conseqüentemente, ter contribuído para a formação de um maior número de grãos. Para o número de grãos por vagem e grão de planta, o tratamento em R2 e R4 proporcionam maiores valores dos tratamentos.

Cultivares de tipo de crescimento indeterminado, possuem a característica de desenvolvimento vegetativo após o início do florescimento, sendo 66,6% do ciclo total da planta destinado à fase reprodutiva (ZANON, et al., 2015). Nesta fase, a distribuição de fotoassimilados é direcionada para o desenvolvimento de estruturas vegetativas e reprodutivas, ocorrendo uma competição entre esses órgãos. Possivelmente, a aplicação realizada em R2-R4, tenha promovido uma melhor redistribuição dos fotoassimilados no sistema “fonte-dreno”. Segundo Fageria et al., (2005) a produtividade da cultura da soja é limitada pela capacidade da fonte em sintetizar assimilados na fase reprodutiva.

Silva et al., (2017) observaram em seu trabalho, que aplicação foliar de K^+ e Mg^{+2} na cultura da soja nos estádios R4-R5.1, havia promovido uma aceleração e maior enchimento de grãos, evidenciando uma maior translocação dos fotoassimilados das partes vegetativas (tais como folhas e colmos) para armazenamento nos grãos.

Apesar dos teores foliares de K^+ e Mg^{+2} estarem dentro da faixa adequada para a cultura da soja (Tabela 1), a disponibilidade dos nutrientes via foliar pode ter servido, provavelmente, como um estímulo fisiológico à planta, resultando em um maior número de vagens e grãos por planta (Tabela 2).

O efeito fisiológico do Mg^{+2} na translocação de fotoassimilados do local de fonte para os drenos foi relatado por Brandão et al., (2019) e Garcia et al., (2019) com as culturas de cana-de-açúcar assim como Crusciol et al., (2019).

Para massa de 100 grãos, os tratamentos onde os resultados se mostraram estatisticamente significativos foram R2 – R4 e R4 – R5.3. Isto provavelmente pode ser explicado pelo momento em que a planta absorveu os nutrientes via folha. Houve um estímulo fisiológico em diversas rotas metabólicas, onde várias delas estão intimamente relacionadas à translocação de fotoassimilados do local de produção até o local de armazenamento. Sabe-se que o início do enchimento dos grãos na planta de soja se dá no estágio de R5; portanto, uma adubação visando estimular o aumento do fluxo de fotoassimilados desde a fonte até o dreno pode estimular um maior acúmulo de massa no momento de formação e enchimento do grão.

Para a produtividade de grão observa-se efeito significativo da aplicação em R2-R4 em relação à testemunha (Tabela 2). Segundo Junior & Costa, (2002) o número de vagens por planta e grãos por vagens são os componentes da produção mais importantes da produtividade de grãos de soja, pois alterações nestes componentes são responsáveis pelo ajuste da produtividade, número de vagens por planta e a massa de grãos. Estes componentes da produção se correlacionam diretamente com a produção.

Para teores de óleo e proteína não houve diferença significativa entre os tratamentos, porém se encontravam nos níveis médios adequados. Alguns autores evidenciam que quando há um ganho na produtividade, ocorre um declínio nos teores de óleo e proteína (SOUZA et al., 2009).

5.CONCLUSÃO

Aplicação foliar de produto contendo K e Mg na fase reprodutiva aumentou a massa de 100 grãos.

Aplicação de adubação foliar K^+ e Mg^{+2} nos estágios R2-R4 proporcionam aumento dos componentes da produção em relação a testemunha, quando comparado a aplicação dos estágios R4-R5.3.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acompanhamento da safra brasileira de grãos. **CONAB COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO**. Brasília-DF. v.7 - Safra 2019/20 - n. 6 - Sexto levantamento, mar 2020. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br> > Acesso em: 24 de mar de 2020.
- AGNOL, A. D. Soja de crescimento indeterminado é a preferida dos produtores. **Campos & Negócios**. p.16-19. 2017.
- ALMEIDA, L.A.; R. A. S. KIIHL & R. V. ABDELNOOR. **Melhoramento da soja. In: Simpósio sobre Atualização em Genética e Melhoramento de Plantas**. A.F.B. Abreu, F.M.A. Gonçalves, O.G. Marques Jr. e P.H.E. Ribeiro (eds.). Lavras, MG, UFLA-GEN, 1997. p.09-55.
- ALTARUGIO, L. M. LOMAN, M. H. NIRSCHL, M. G. SILVANO, R. G. ZAVASCHI, E. CARNEIRO, L.M.S. VITTI, G.C. LUZ, P.H.C. OTTO, R. Yield performance of soybean and corn subjected to magnesium foliar spray. **Pesquisa agropecuária**. Brasília, v.52, n.12, p.1185-1191, dez. 2017.
- ATR da cana. **Campo e Negócios**, 2019. Disponível em:<<https://revistacampoenegocios.com.br/importancia-do-magnesium-e-boro-na-produtividade-e-no-atr-da-cana>>.
- 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.
- BERNIS, D.J; VIANA, O. H. **Influência da aplicação de nitrogênio via foliar em diferentes estágios fenológicos da soja**. *Revista Cultivando o Saber*, edição especial, p. 88 – 97. 2015.
- BOARD, J. **Light interception efficiency and light quality affect yield compensation of soybean at low plant populations**. *Crop Science*, v.40, p.1285-1294, 2000.
- BOARETTO; A.E; **Adubação Foliar em Tomateiro (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) Estaqueado**. Botucatu, 1982. 183p. (Livre docência – Faculdade de Ciências Agrônômicas).
- BORKERT; C. M. Soja: adubação foliar. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1987. 34 p. (Documentos, 22).CASTRO, P. R. C. **Princípios da adubação foliar**. Jaboticabal: Funep - SP, 42p, 2009.
- CIAGRO. Zoneamento Macro - **Aptidão ecológica da cultura da soja. Zoneamento Agrícola do Estado de São Paulo**, vol. 1. 1974 disponível em: http://www.ciiagro.sp.gov.br/znmt_macro_22.html
- Custos de produção. IFAG – **Instituto para o fortalecimento da agropecuária de Goiás**. Disponível em: <<http://ifag.org.br/custos-de-producao>>. Acesso em: 25 abr. 2020.
- EVANS; L. T. **Crop evolution, adaptation and yield**. Cambridge, Inglaterra: Cambridge University Press, 1993. 500p.

FAUSTINO, V. A. Impacto do estresse hídrico e biótico (*Anticarsia gemmatalis* hübner, 1818) sobre o mecanismo de defesa da soja. **Universidade Federal de Viçosa**. Viçosa, 2015.

FERNÁNDEZ; V.; SOTIROPOULOS, T.; BROWN, P.; **Adubação foliar: fundamentos científicos e técnicas de campo**. p.150. Abisolo. São Paulo. 2015.

FINK; S. **The micromorphological distribution of bound calcium in needles of Norway spruce** [*Piceae abies* (L.) Karst. **New Phytologist**, London, v.119, n.1, p. 33-40, 1991.

FURTADO; E. S; CLEMENTE. G. S.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; SANTOS, L. N. S.; CUNHA, F. N.; AZEVEDO, L. O. S.; SOUZA, F. C.; SANTOS, M. A. **Manejo fisiológico na fase de enchimento de grãos da cultura da soja com fertilizante foliar**. **Global Science and Technology**. v.10, n.03, p.54-65, Rio Verde. 2017.

GONÇALVES, J. A. C.; NACKE, H.; MARENGONI, N. G.; CARVALHO, E. A.; COELHO, G. F. **Produtividade e componentes de produção da soja adubada com diferentes doses de fósforo, potássio e zinco**. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p.660-666, 2010.

HERMANS, C; VERBRUGGEN, N. Physiological characterisation of Mg deficiency in *Arabidopsis thaliana*. **Journal of Experimental Botany**, v.56, p.2153-2161, 2005.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T. Environmental factors affecting N₂ fixation in grain legumes in the tropics, with emphasis on Brazil. **Field Crop Research**. v.65, p.151-164, 2000.

JUNIOR, A. O.; Castro, C.; Oliveira, F. A. **Potássio: cuidados para a manutenção do equilíbrio nutricional da soja**. Embrapa Soja. Folder, Londrina, 2018.

JUNIOR, A. A. B; PROCÓPIO, S. O; DEBIASI, H; FRANCHINI, J. C. Densidade de plantas na cultura da soja. **Embrapa Soja**, Londrina, 2015.

KERBAUY, G. B; **Fisiologia Vegetal**. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2004.

KOCH, K., & MENGEL, K. **Efeito do K sobre a utilização do N pelo trigo de primavera durante a formação de grãos**. **Jornal da Agronomia**. V.69, p.477-480,1977

KOCH, M; BUSSE, M. N; NAUMANN, M; JAKLI, B; SMIT, I; CAKMAK, C. H; PAWELZIK, E. **Differential effects of varied potassium and magnesium nutrition on production and partitioning of photoassimilates in potato plants**. **Physiologia Plantarum**, v.166, n.4, p. 921–935. 2019

LANA, R. M. Q.; HAMAWAKI, O. T.; LIMA, L. M. L.; JÚNIOR, L. A. Z. **Resposta da soja a doses e modos de aplicação de potássio em solos do cerrado**. **Bioscience Journal**. v. 8, n. 2, p 17-23, 2002.

LEE, C. D; EGLI, D. B; TEKRONY, D. M. Soybean response to plant population at early and late planting dates in the Mid-South. **Agronomy Journal**, v.100, p.971-976, 2008.

LUENGO, R. F. A.; BUTRUILLE, N. M. S.; CASTRO, A. R. M.; SILVA, J. S.; MALDONADEL, I. R.; JÚNIOR, A. D. C. Determinação de minerais no solo e análise de folhas de couve produzida em Brasília. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v. 21, 2017.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Ceres, 1980.251p.

MANDIC, V.; SIMIC, A.; KRNJAJA, V.; BIJELIC, Z.; TOMIC, Z.; STANOJKOVIC, D.; USLIE, R.D. **Effect of foliar fertilization on soybean grain yield**. *Biotechnology in Animal Husbandry*. v.31, n.1, p 133-143, 2015.

MARQUES, A. **Enzimas indicadoras do estado de indução de resistência em genótipos de soja submetidos à deficiência de potássio**. In: Congresso Brasileiro de Soja, VI., 2012, Cuiabá.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. London: Academic Press, 1995.

McBLAIN, B. A.; HUME, D. J. **Reproductive abortion, yield components and nitrogen content in three early soybean cultivars**. *Canadian Journal of Plant Science, Ottawa*, v. 61, n. 3, p. 499-505, July. 1981.

MENDES, A. M. S. **Introdução a fertilidade do solo. Embrapa semi-árido**. 2007. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/35800/1/OPB1291.pdf>

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja: fatores que afetam o crescimento e rendimento de grãos**. *Biblioteca setorial da Faculdade de Agronomia da UFRGS*. 31p. Porto Alegre, 2005.

NACHITIGALL, G. R.; NAVA, G. **Adubação foliar: Fatos e mitos**. *Embrapa Uva e Vinho*. 2010.

NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B.; OYA, T. **Estádios de desenvolvimento da cultura de soja**. In: Bonatto, E.R. (eds.). **Estresses em soja**. *Passo Fundo: Embrapa Trigo*, 2000, cap.1, p.19-44

NONOKAWA, K.; NAKAJIMA, T.; NAKAMURA, T.; KOKUBUN, M. **Effect of Synthetic Cytokinin Application on Pod Setting of Individual Florets within Raceme in Soybean**. *Plant Production Science*. v.15, n.2, p.79-81.2012.

OLIVEIRA, F. A.; CASTRO, C.; KLEPKER, D. **Fertilidade do solo e nutrição da soja**. *Boletim Técnico 50*. Embrapa soja, Londrina 2007.

PAULETTI, V. **Nutrientes: Teores e Interpretações 2**. Ed. Castro, PR, 2004.

REIS, L. C. **Produtividade da soja sob diferentes cenários de variabilidade climática na região do Matopiba, Brasil**. *Universidade Federal do Rio Grande do Norte*. Natal, 2020.

REZENDE, P. M.; GRIS, C. F.; CARVALHO, J.G.; GOMES, L. L.; BOTTINO, L. Adubação foliar. I. **Épocas de aplicação de fósforo na cultura da soja**. Ciência e Agrotecnologia, v. 29, n. 6, p. 1105-1111, 2005.

RIBEIRO, D. J.; SIMONETTI, A. P. M. M.; AGUIAR, C. G.; GAI, V. F. **Resposta da soja (GLYCINE MAX (L.) MERRILL) à aplicação de potássio foliar**. 12º Encontro Científico Cultural Interinstitucional.

RODRIGUES, J. D. **Fisiologia Vegetal e sua Importância na Tecnologia de Aplicação de Defensivos**. Biológico, v.65, n.1/2, p.59-61, jan /dez., São Paulo, 2003.

ROSOLEM, C. A. **Recomendação e aplicação de nutrientes via foliar**. Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão – Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras-MG, 99p, 2002.

SFREDO, G. J.; BORKET, C. M. **Deficiência e toxicidade de nutrientes em plantas de soja**. Embrapa Soja, Londrina, n.231, 2004.

SILVA, E. D. B. Estimando a produtividade na cultura da soja. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/blog/46/estimando-a-produtividade-na-cultura-da-soja>>. Acesso em: 28 de setembro de 2020.

SILVA, N. F.; CLEMENTE, G. S.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; SANTOS, L.N.S.; CUNHA, F.N.; AZEVEDO, L. O.S.; SOUZA, F.C.; SANTOS, M.A. **Manejo fisiológico na fase de enchimento de grãos da cultura da soja com fertilizante foliar**. Global Science and Techonology. Rio verde. v.10, n.03, p.54-65, 2017.

Soja é produto mais importante do Brasil e rende US\$ 40bilhões em exportações. CANAL RURAL, 2018. Disponível em: < <https://www.canalrural.com.br/projeto-soja-brasil/soja-e-produto-mais-importante-do-brasil-e-rende-us-40-bilhoes-em-exportacoes/>>. Acesso em 12 de março de 2018.

SOUZA, L. C. F.; ZANON, G. D.; PEDROSO, F. F.; ANDRADE, L. H. L. **Teor de proteína e de óleo nos grãos de soja em função do tratamento de sementes e aplicação de micronutrientes**. Ciência e Agrotecnologia, v.33, p. 1586 -1593, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia vegetal e Desenvolvimento Vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M.; SALVADOR, N. **Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.37, p.1071-1077, 2002.

ZANON, A. J.; WINCK, J. E. M.; STRECK, N. A.; ROCHA, T. S. M.; CERA, J. C.; RICHTER, G. L.; LAGO, I.; SANTOS, P. M.; MACIEL, L.R.; GUEDES, J. V. C.; MARCHESAN, E. **Desenvolvimento de cultivares de soja em função do grupo de maturação e tipo de crescimento em terras altas e terras baixas**. Bragantia. Campinas, v.74, n.4, p.400-411,2015.