



MARIA BETHÂNIA AFONSO SILVEIRA

**EFICIÊNCIA DE CALDA CÚPRICA ASSOCIADA A CÁLCIO
E MAGNÉSIO NO MANEJO DO OÍDIO DA SOJA**

**LAVRAS – MG
2022**

MARIA BETHÂNIA AFONSO SILVEIRA

**EFICIÊNCIA DE CALDA CÚPRICA ASSOCIADA A CÁLCIO E MAGNÉSIO NO
MANEJO DO OÍDIO DA SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte
das exigências do Curso de Agronomia, para a
obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Mário Lúcio Vilela de Resende
Orientador

Dilson Lucas Fernandes Silva
Coorientador

**LAVRAS – MG
2022**

AGRADECIMENTOS

Primeiro à Deus, por não me deixar desistir nos momentos mais difíceis, e me dar forças para seguir em frente.

Aos meus pais, e a minha Tia Raquel pelo apoio, por não me deixarem desamparada pelo caminho que percorri.

À minha amiga Roberta, por estar sempre pronta para me ajudar, desde o início da faculdade, e até mesmo antes dela. Ao meu namorado Guilherme por sempre estar presente nas idas e vindas para Lavras.

Ao meu Orientador Ph.D Mário Lúcio Vilela de Resende, por me proporcionar a oportunidade de desenvolver esse trabalho, com toda sua sabedoria.

Ao meu coorientador Dilson Lucas, à Dra. Deila, Ms. Thamires, Dra. Tharyn, e a todos os membros do laboratório de Fisiologia do Parasitismo, pela infinita paciência, por me ensinar e guiar no desenvolvimento desse trabalho.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

A soja (*Glycine max*), é atualmente a principal cultura agrícola brasileira. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a safra de 2022 e 2023 deve bater recorde de 150,36 milhões de toneladas. Dentre as doenças fúngicas que acometem essa cultura está o oídio, causada pelo fungo *Erysiphe difusa*. Apesar da pulverização de fungicidas ser a principal medida de manejo, existe uma alternativa que pode contribuir para a redução da intensidade dessa doença, que é a nutrição mineral equilibrada. Muitas vezes os nutrientes são utilizados no manejo de doenças com a finalidade de induzir a resistência a patógenos. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos da calda cúprica, associada a diferentes concentrações de óxido de magnésio (MgO), óxido de cálcio (CaO), geox HD (CaO 48% + MgO 24%) e dolomita, no controle do oídio da soja. Os tratamentos utilizados foram: testemunha (T1); fungicida Fluxapiroxade (T2); MgO 1% Cu 1% (T3); MgO 1% Cu 2% (T4); CaO 1% Cu 1% (T5); CaO 1% Cu 2% (T6); Geox 1% Cu 1% (T7); Geox 1% Cu 2% (T8); Dolomita 1% Cu 1% (T9); Dolomita 1% Cu 2% (T10); instalados utilizando delineamento em blocos casualizados, com três repetições. Foi avaliado o crescimento da planta através da altura, diâmetro, número de nós primários, e teor de clorofila das folhas. A análise estatística desses dados foi realizada no programa estatístico Sisvar®. Os resultados mostram que a altura dos tratamentos T2, T3, T4 T7, T8, T9 e T10 apresentaram valores significativamente superiores, quando comparados aos demais tratamentos testados. O diâmetro do caule e número de nós primários de cada planta não apresentaram diferença significativa. Com relação a área abaixo da curva de progresso da doença no terço inferior da planta (AACPD INF), os tratamentos T4, T5, T6, T8, T9 e T10 apresentaram menor severidade da doença. A área abaixo da curva de progresso da doença no terço mediano (AACPD MED), também apresentou os tratamentos T4, T5, T6, T8, T9 e T10 como mais eficientes no controle da severidade do oídio. Os teores de clorofila a, e b, e os carotenóides não diferiram entre os tratamentos avaliados. A aplicação do Cobre na concentração 2% associado aos nutrientes Cálcio e Magnésio nas proporções de 1% e 2% foram eficazes na redução da severidade do oídio na soja.

Palavras-chaves: *Glycine max*. Nutrição mineral, *Erysiphe difusa*, Alternativa, Crescimento.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	6
2 REVISÃO DE LITERATURA	8
2.1 A cultura da soja	8
2.2 O oídio na soja.....	9
2.3 Manejo do oídio da soja com associações de Cobre (Cu), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg)	10
3 OBJETIVOS	13
3.1 Objetivo geral.....	13
3.2 Objetivos específicos	13
4 MATERIAL E MÉTODOS	14
4.1 Experimentos em casa de vegetação	14
4.1.1 Manejo do oídio da soja com diferentes associações de cobre (Cu), cálcio (Ca) e magnésio (Mg).....	14
4.2 Avaliação da severidade do oídio.....	15
4.3 Parâmetros de crescimento	16
4.4 Quantificação dose teores de clorofila a, clorofila b e carotenoides	16
4.5 Análises estatísticas	16
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
6 CONCLUSÃO	22
REFERÊNCIAS.....	23

1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.)] é uma oleaginosa que se destaca mundialmente devido aos seus diversos usos, como alimentação animal, produção de biocombustíveis e alimentação humana. Nas últimas décadas o grão se apresentou como uma alternativa à proteína animal, devido ao menor custo e a maior disponibilidade da proteína vegetal (DOMINGUES, 2010). A produção desses grãos, no Brasil, deve atingir 272,5 milhões de toneladas no ciclo 2021/22, tudo isso devido às condições climáticas favoráveis para o desenvolvimento das plantas. Em relação à temporada anterior, esse volume representa um crescimento de 6,7%, sendo esse número em toneladas cerca de 17 milhões. Sobre a área, espera-se a expansão de 4 milhões de hectares, estima-se então 73,8 milhões de hectares. (CONAB, 2022).

A partir da década de 1970 a cultura se expandiu significativamente. E com as grandes áreas de monocultivo, surgiram problemas que impactaram na produtividade, dentre eles destacaram-se os problemas fitossanitários. Doenças fúngicas ganharam importância, sendo que anteriormente eram consideradas secundárias. De forma epidêmica o oídio e a ferrugem asiática, começaram a causar danos notáveis as regiões produtoras, devido à expansão mundial da soja (DOMINGUES, 2010).

O oídio (*Microsphaera diffusa*) é um fungo que pode se instalar em qualquer estágio de desenvolvimento da cultura (IGARASHI, 2010). As temperaturas amenas e condições de baixa umidade relativa do ar, são fatores que favorecem o desenvolvimento do fungo. A temperatura de 18 °C, favorece o desenvolvimento rápido micelial (YORINORI, 1997). O oídio desenvolve seu micélio na superfície das folhas, dos frutos e ramos, que é de onde absorve os nutrientes através dos seus haustórios, que são emitidos para o interior das células epidêmicas (IGARASHI, 2010).

Para proteger a soja contra essa doença, uma opção é o uso do cobre, sendo o sulfato de cobre um produto que apresenta um elevado efeito fúngico e bacteriostático (PENTEADO, 2001), ademais ele também é um nutriente essencial para as plantas. Para concluir seu ciclo de vida e seu desenvolvimento, além dos nutrientes minerais que as plantas adquirem do solo, elas também absorvem através das aplicações foliares. O cobre é um elemento que participa de vários processos fisiológicos devido à sua capacidade de sair em múltiplos estados de oxidação in vivo. Além disso, esse micronutriente, atua como elemento estrutural em algumas metaloproteínas que estão envolvidas no transporte de elétrons em cloroplastos e mitocôndrias, como também na resposta ao estresse oxidativo da planta. Tradicionalmente é utilizado na

agricultura como agente antifúngico (YRUELA, 2009). Esse elemento é responsável por desempenhar papéis importantes no manejo de pragas, e além disso é essencial na agricultura orgânica, onde o manejo de doenças depende quase unicamente de seu uso (HUBER & HANEKLAUS, 2007). O cobre possui um mecanismo de ação na proteção da planta, seu ingrediente ativo é o Cu^{++} , ele atua contra fungos, bactérias e oomicetos.

De acordo com Zambolim; Ventura; Junior (2012) todos os nutrientes são fundamentais para a planta, uma vez que, qualquer nutriente influencia na sanidade das plantas, podendo torna-la mais suscetível ou não às doenças. O Cálcio é um constituinte da lamela média; desempenha uma função importante na manutenção da integridade celular e permeabilidade da membrana. Cofator de algumas das enzimas envolvidas na hidrólise do ATP e fosfolípidos. Ativa algumas das enzimas envolvidas na mitose, na divisão celular e expansão celular. É também importante na síntese de proteínas e transferência de carboidratos. É um mensageiro secundário na regulação metabólica. Serve ainda como agente desintoxicante na presença de metais pesados. Já o Magnésio é um constituinte da molécula de clorofila. É um cofator para muitas enzimas envolvidas na transferência de fosfato e açúcares. Estabiliza as partículas ribossomais na configuração necessária para a síntese de proteínas (TAIZ & ZEIGER, 2010; JONES, 2012). Sendo assim, o objetivo desse trabalho é avaliar a eficiência da calda cúprica associada ao Cálcio e ao Magnésio, no manejo do Oídio da soja.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da soja

A soja foi inicialmente utilizada como adubo verde e forrageira, e só depois como grão, sua descoberta no mundo ocidental ocorreu nos Estados Unidos, na década de 1920, e a partir daí iniciou-se sua exploração comercial. Em meados da década de 1970, os preços da soja no mercado mundial estavam excelentes, o que fez com que sojicultores da região sul, onde as variedades introduzidas dos EUA apresentavam boa adaptação, migrassem para a região central do Brasil. Embora a terra dessa região fosse abundante e barata, ela era também infértil. As sementes de soja que eram cultivadas com êxito no Sul não se adaptaram às condições do Cerrado e não havia como introduzir uma soja tropical de outro país, porque ela não existia. Sendo assim, os produtores de soja pressionaram as instituições oficiais de pesquisa para que houvesse o desenvolvimento de sementes adaptadas às condições tropicais de baixa latitude, o que foi alcançado a partir de 1980, o que transformou esse bioma no maior centro produtor de soja, milho, algodão e carnes do Brasil (CESB, 2018).

Atualmente a soja representa um número significativo dentre as exportações brasileiras. Famílias de diferentes classes econômicas dependem dos empregos que são gerados no complexo de produção, industrialização e transporte da soja (FARIAS et al., 2007).

Dentre os elementos climáticos que mais interferem no desenvolvimento e produtividade da soja, estão o fotoperíodo e a disponibilidade hídrica. A temperatura ideal para o seu crescimento é de 30 graus, sendo assim essa cultura tem melhor adaptação em regiões em que as temperaturas oscilam entre 20 e 30 graus. Em relação ao fotoperíodo (comprimento do dia), cada cultivar possui o seu, ou seja, é uma característica variável, caso o fotoperíodo for acima do crítico, a consequência será o florescimento atrasado. Já em relação à necessidade de água da cultura, essa aumenta de acordo com o desenvolvimento da planta, sendo mais importante a disponibilidade na germinação-emergência e na floração-enchimento de grãos (FARIAS et al., 2007).

O Brasil é o maior produtor de grãos quando se fala em valor, com receita de US\$ 37 bilhões, o que equivale a 22,2% das exportações globais. O país alcançou o maior volume de soja produzido no mundo em 2020, com 126 milhões de toneladas, superando os EUA. Desse volume, 84 milhões de toneladas foram embarcados, tornando os brasileiros os maiores exportadores da commodity (AGRO, CANAL 2022).

2.2 O oídio na soja

Dentre os fatores responsáveis pela diminuição da produtividade da soja, está o oídio, nas lavouras mais atingidas por essa doença as perdas podem chegar a 40%, sendo o método mais eficiente de controle o uso de cultivares resistentes. O agente etiológico da doença, é um fungo biotrófico *Erysiphe difusa*, pertencente ao grupo de fungos Ascomycetos, da ordem *Erysiphales*, família *Erysiphaceae*, ou seja, são parasitas obrigatórios, necessitam de células vivas para viver e se multiplicar. Apesar de não matarem a planta, eles esgotam suas reservas nutricionais, o que diminui a produção (STADNIK, 2001). O oídio da soja, em sua forma anamórfica, é identificado como *Oidium* sp., a qual é a forma mais comumente observada em campo e em casa de vegetação (CASTRO, 2016).

O fungo infecta toda a área da soja, além disso, ele é responsável por infectar as mais diversas espécies de leguminosas (GAZZONI E YORINORI, 1995). Se a severidade da doença for grande, a fotossíntese pode ser comprometida em 50%, e a transpiração à 65%, o que leva as folhas a secarem e caírem quando ainda estão prematuras (MIGNUCCI; CHAMBERLAIN, 1978).

O desenvolvimento da doença ocorre da seguinte forma, o esporo (conídio ou ascósporo) do fungo, ao cair na superfície da folha, germina e produz uma teia de micélio que se espalha pela superfície da planta. Os prejuízos causados pelo patógeno ocorrem quando os esporos desse fungo, denominados conídios, se depositam sobre a superfície do folíolo. Assim o micélio penetra nas células da epiderme, e através de haustórios, nutre-se do conteúdo das células. Forma-se na superfície da planta, uma camada de micélio e esporos pulverulentos de pequenos pontos brancos, que podem cobrir toda a parte aérea da planta, o que é menos comum de acontecer nas vagens. Já nas folhas, a coloração do fungo, que era branca, se torna cor castanho-acinzentada, o que dá a aparência de sujeira, em ambas as faces da folha. Em condições severas, a frutificação do fungo, e a cobertura do micélio, impedem a fotossíntese (YORINORI, 1997).

Nos pecíolos e na haste, as estruturas do fungo adquirem uma nova coloração que vai de branca a bege, o que contrasta com a epiderme da planta, que adquire uma coloração diferente, roxa a negra. Nas situações mais severas e em cultivares suscetíveis, ocorre a colonização das células da epiderme das hastes, o que impede a expansão do tecido cortical, e também o simultâneo engrossamento do lenho, o que faz com que as hastes fiquem com leves rachaduras e cicatrizes superficiais (YORINORI, 2001).

Segundo Yorinori (1997) a infecção ocorre em qualquer estágio de desenvolvimento da planta, apesar de ser mais visível no início da floração. As lavouras infectadas por oídio podem ser notadas a longas distâncias, devido a coloração prateada da folhagem, principalmente pela exposição da face inferior das folhas pelo vento.

2.3 Manejo do oídio da soja com associações de Cobre (Cu), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg)

Frequentemente os nutrientes minerais são aplicados para melhorar a qualidade geral das plantas e seus rendimentos. A nutrição de uma planta estabelece em grande parte a sua resistência ou suscetibilidade a doenças sua estrutura morfológica ou histológica e a capacidade dos patógenos de sobreviver. Em diversas situações, os nutrientes, são os primeiros, e a principal a linha de defesa contra as doenças. Sendo assim, a nutrição é um importante controle cultural para a doença das plantas, e um componente integral da agricultura de produção (HUBER, D. M.; HANEKLAUS, S., 2007).

Além dos nutrientes minerais que as plantas adquirem predominantemente no solo, também são requeridos elementos que provém de aplicações foliares, para que seja garantido seu desenvolvimento e crescimento, com o intuito de assegurar a conclusão do seu ciclo de vida. As funções bioquímicas e as propriedades metabólicas desses elementos têm associação com vários aspectos da planta, como: fisiologia, biologia molecular e bioquímica vegetal (YRUELA, 2009).

O cálcio possui diferentes funções na planta, dentre elas estão a função estrutural, a regulação de enzimas e o transporte de mensagens secundárias. Esse nutriente é fundamental na manutenção da integridade funcional e estrutural da parede celular e das membranas. Em relação ao seu efeito no crescimento e desenvolvimento da planta, ele pode atrasar a senescência e o amadurecimento, devido a sua interação com hormônios, também pode haver melhora da qualidade dos frutos e hortaliças, alteração da fotossíntese, em processos como divisão celular, volume das células e movimentos citoplasmáticos. Como mensageiro secundário, o cálcio recebe o estímulo e conduz a mensagem, estímulos externos (luz e gravidade), e internos (hormônios) atuam sobre os mecanismos transportadores desse nutriente, dentro da célula, modificando seu nível no citoplasma (MALAVOLTA, 2006). Esse elemento apresenta função essencial na integridade e na estabilidade da membrana celular. Quando o tecido apresenta deficiência desse nutriente, ocorre o aumento do vazamento dos solutos de baixo peso

molecular. E em caso de deficiências mais severas, verifica se a desintegração geral das estruturas da membrana e a perda da compartimentação celular (MALAVOLTA, 2006).

O aumento de Ca^{2+} pode levar a um aumento na concentração de cálcio nas folhas, mas não obrigatoriamente nos órgãos de baixa transpiração como os frutos carnosos ou nos tubérculos, que são fornecidos em predominância pelo floema. As baixas concentrações desse nutriente em frutos carnosos e tubérculos ainda pode aumentar as perdas causadas pelo aumento da senescência do tecido e por infecções fúngicas. Mesmo que seja um pequeno aumento relativo na concentração de Cálcio nos frutos, esse manejo pode apresentar eficácia na redução ou prevenção de perdas econômicas causadas por distúrbios de armazenamento (Marschner, 2012).

O Magnésio é ativador de várias enzimas, absorvido e transportado no xilema como íon Mg^{2+} . Na maior parte dos casos as enzimas fosforilativas são dependentes do magnésio, que são responsáveis por formar uma ponte entre o ATP ou o ADP e a molécula da enzima. A transferência de energia desses dois compostos é essencial nos processos da fotossíntese (fase luminosa e fase escura), respiração (glicólise e ciclo dos ácidos tricarboxílicos, reações de compostos orgânicos (carboidratos, lipídeos, proteínas), absorção iônica e trabalho mecânico, como exemplo expansão da raiz e aprofundamento. Em relação às pragas e doenças, suspeita-se que há o enfraquecimento da planta decorrente da diminuição na absorção iônica quando o magnésio é deficiente; nessas condições, há o acúmulo de substratos para o patógeno como aminoácidos e açúcares devido à menor síntese de proteínas, celulose e amido; além de outros compostos tóxicos ao patógeno (MALAVOLTA, 2006). O Magnésio é o átomo central da molécula da clorofila, o que corresponde ao valor de 2,7% do peso molecular da clorofila, de acordo com o estado nutricional da planta, por volta de 6 a 25% do Mg total está ligado à clorofila. Nas folhas está presente cerca de 5 a 10% do Mg total, o que está ligado à pectina das paredes celulares, ou precipitado com por exemplo os sais pouco solúveis no vacúolo, que participam da regulação osmótica (MARSCHNER, 2012). Pelo fato de 75% do Mg foliar estar envolvido na síntese proteica (WHITE; BROADLEY, 2009), o suprimento adequado desse nutriente é muito importante para a soja, que é uma planta que acumula cerca de 40% de proteína em seus grãos (PIPOLO et al., 2015).

O cobre é uma substância que desempenha diversos papéis vitais no interior da planta, como na formação da clorofila, na fotossíntese, nas cadeias respiratórias de transporte de elétrons, na proteção contra o estresse oxidativo, nas proteínas, carboidratos, parede celular e no metabolismo (REHMAN et al., 2019).

Uma das formas de utilização do cobre como fungicida, é através da preparação de uma calda, cujo o principal ingrediente constituinte é esse elemento, denominada calda cúprica (MOREIRA, 2014). Os produtos à base de cobre utilizam a defesa natural da planta como aliada, ou seja, eles aumentam a capacidade de defesa contra fungos e microrganismos, a chamada indução de resistência. Portanto a calda cúprica pode atuar como um agente indutor que aciona os mecanismos de defesa da planta contra vários microrganismos, que antes estavam em estado latente. Além disso, esses produtos podem ajudar a elevar a eficácia do controle químico que já é realizado e reduzir de forma significativa a resistência dos fungos aos agroquímicos (SATIS, 2018).

Esse elemento atua diretamente no metabolismo da parede celular, o cobre é responsável por sinalizar para a maquinaria de tráfego de proteínas de transcrição, fosforilação oxidativa, mobilização de ferro, e biogênese de cofator de molibdênio. Dentro da célula o Cu é essencial em seis locais: citosol, no Retículo Endoplasmático (ER), na mitocôndria interna membrana, no estroma do cloroplasto, no lúmen dos tilacóides e no apoplasto (MARSCHNER 1995). O processo de aquisição e do transporte do Cobre para dentro da célula ainda é pouco conhecido, mas o estudo para entendê-lo está em processo. Sendo assim para que haja o crescimento e desenvolvimento normal da planta, esse metal é demandado, diante da sua indisponibilidade aparecem sintomas específicos, na maioria das vezes nos órgãos e nas folhas jovens (YRUELA, 2009).

Para impedir a toxicidade do cobre, todas as plantas têm mecanismos de tolerância. Estes mecanismos, estão envolvidos, especialmente, em evitar o acúmulo de concentrações que sejam tóxicas em locais dentro da célula, o que evita os efeitos nocivos ao invés de proteínas que seriam desenvolvidas para resistir aos efeitos dos metais pesados (YRUELA, 2009).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar os efeitos da calda cúprica aplicada em associação com Cálcio e Magnésio no manejo do oídio em soja e nas respostas de defesa das plantas.

3.2 Objetivos específicos

- a) Avaliar os efeitos da aplicação da calda cúprica aplicada em modo isolado ou em associação com os nutrientes Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), e com um fungicida sistêmico na incidência e severidade do oídio em soja em casa de vegetação;
- b) Comparar o (s) tratamento (s) com maior eficácia no controle da doença com fungicida sistêmico na incidência e severidade do oídio em casa de vegetação;
- c) Quantificar os teores de clorofila em folhas de soja coletadas após a aplicação do (s) tratamento (s) selecionado (s) e a inoculação do patógeno.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Experimentos em casa de vegetação

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Fitopatologia (DFP), Universidade Federal de Lavras (UFLA). Utilizou-se a cultivar M6410 IPRO (Monsoy).

O plantio foi realizado em vasos de 5 litros contendo a proporção de 2:1:1 de solo, areia, e substrato comercial respectivamente. O solo utilizado nos vasos, foi previamente autoclavado, homogeneizado com areia e substrato (2:1:1). Realizou-se uma adubação no início do experimento conforme recomendação, estimativa de exportação de nutrientes IAC.

4.1.1 Manejo do oídio da soja com diferentes associações de cobre (Cu), cálcio (Ca) e magnésio (Mg)

Esse experimento avaliou os efeitos de diferentes de tratamentos (Tabela 1) na incidência e severidade do oídio da soja conforme metodologia descrita em 5.1. Os tratamentos consistiram em controle (testemunha), sulfato de cobre (CuSO_4), óxido de Magnésio, óxido de cálcio, Dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), Geox HD (CaO 48% + MgO 24%), e fungicida Fluxapiraxade.

Os tratamentos utilizados foram: testemunha (T1); fungicida Fluxapiraxade (T2); MgO 1% Cu 1% (T3); MgO 1% Cu 2% (T4); CaO 1% Cu 1% (T5); CaO 1% Cu 2% (T6); Geox 1% Cu 1% (T7); Geox 1% Cu 2% (T8); Dolomita 1% Cu 1% (T9); Dolomita 1% Cu 2% (T10).

Os diferentes tratamentos foram aplicados nos estádios V2 (Um trifólio completamente desenvolvido), sendo realizadas apenas uma aplicação durante o período experimental. Para todos os tratamentos foram utilizadas a dose de 1% do volume de calda de 100 L/ha, sendo medidos o pH e a condutividade elétrica. O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados, contendo dez tratamentos, três blocos e duas plantas por vaso.

Tabela 1 - Diferentes combinações dos nutrientes Cu, Ca e Mg para o manejo do oídio da soja em casa de vegetação.

Protocolo de experimento para soja			
Tratamentos	Base	%Base	%Cobre
T1		Testemunha	
T2		Fungicida	Fluxapiraxade
T3	MgO	1%	1%
T4	MgO	1%	2%
T5	CaO	1%	1%
T6	CaO	1%	2%
T7	Geox	1%	1%
T8	Geox	1%	2%
T9	Dolomita	1%	1%
T10	Dolomita	1%	2%

Fonte: Do autor (2022).

4.2 Avaliação da severidade do oídio

As avaliações foram realizadas a partir do início das pulverizações, com intervalo de 3 (três) dias, quantificando a severidade e a incidência do oídio, foram avaliadas com base na escala diagramática de Polizel e Juliatti (2010). A partir do surgimento dos primeiros sintomas da doença foram realizadas cinco avaliações com intervalos de 3 dias. Os dados de incidência e severidade da doença foram convertidos em área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de acordo com a equação de Shaner e Finney (1977).

$$AACPD = \sum \left\{ \left[\frac{Y_i + Y_{i+1}}{2} \right] x (t_{i+1} - t_i) \right\} \quad (1)$$

No qual:

AACPD= área abaixo da curva de progresso da doença;

Y_i= proporção da doença na i-ésima observação;

T_i= tempo em dias na i-ésima observação.

n= número total de observações.

4.3 Parâmetros de crescimento

Foi mensurada ao final da aplicação dos tratamentos a cada 3 (três) dias, a altura das plantas (cm), diâmetro do caule (cm) e número de nós primários.

4.4 Quantificação dose teores de clorofila a, clorofila b e carotenoides

Para a determinação dos teores de clorofila (clorofila a e b) foram utilizados aproximadamente 2 g de folha, homogeneizada e macerada com acetona a 80%, conforme metodologia de Lichtenthaler e Welburn (1983). A absorbância foi determinada em espectrofotômetro a 470, 647 e 663 nm para os teores de clorofila a e b, respectivamente.

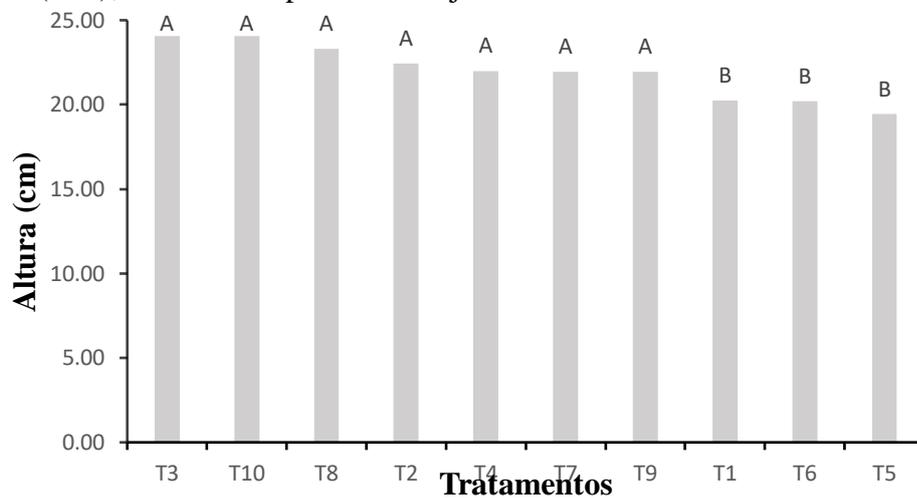
4.5 Análises estatísticas

Os pressupostos da análise de variância foram verificados utilizando-se o teste de Shapiro-Wilk. As variáveis significativas no teste F ($p \leq 0,05$) foram submetidas ao teste de Scott Knott a 5% de probabilidade utilizando-se software Sisvar versão 5.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mostraram que em relação à altura das plantas, os tratamentos T2, T3, T4, T7, T8, T9 e T10, apresentaram os valores de altura significativamente superiores, quando comparado aos demais tratamentos testados. (Figura 1). Devido à baixa mobilidade do Ca no floema, o crescimento das plantas que receberam esse tratamento foi prejudicado, esse fato foi observado no estudo de Marschner's 2012.

Figura 1 - Efeito dos tratamentos testemunha (T1); fungicida Fluxapiraxade (T2); MgO 1% Cu 1% (T3); MgO 1% Cu 2% (T4); CaO 1% Cu 1% (T5); CaO 1% Cu 2% (T6); Geox 1% Cu 1% (T7); Geox 1% Cu 2% (T8); Dolomita 1% Cu 1% (T9); Dolomita 1% Cu 2% (T10); na altura de plantas de soja.

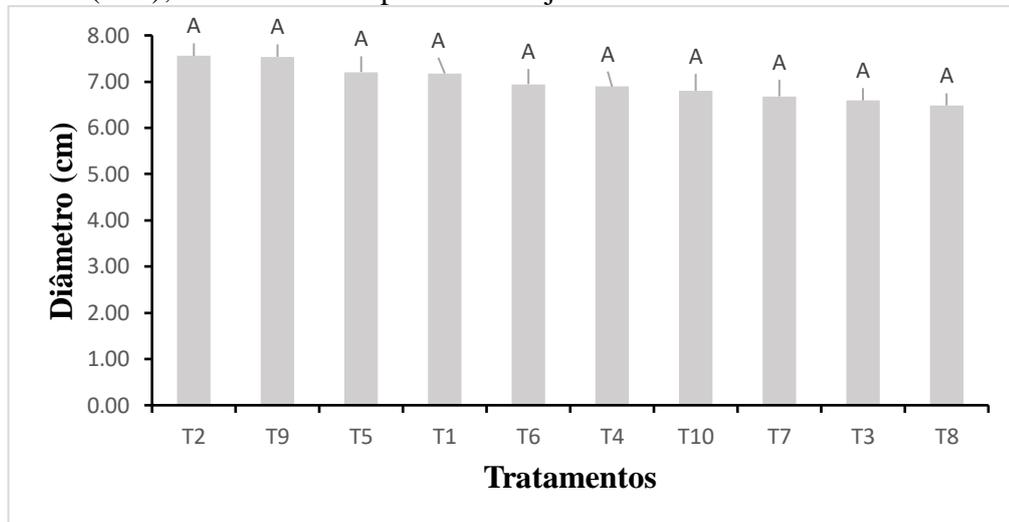


Legenda: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na barra não diferem entre si pelo teste Scott Knott ($p \leq 0,05$).

Fonte: Do autor (2022).

O diâmetro do caule (Figura 2) e número de nós primários (Figura 3) de cada planta não apresentaram diferença significativa.

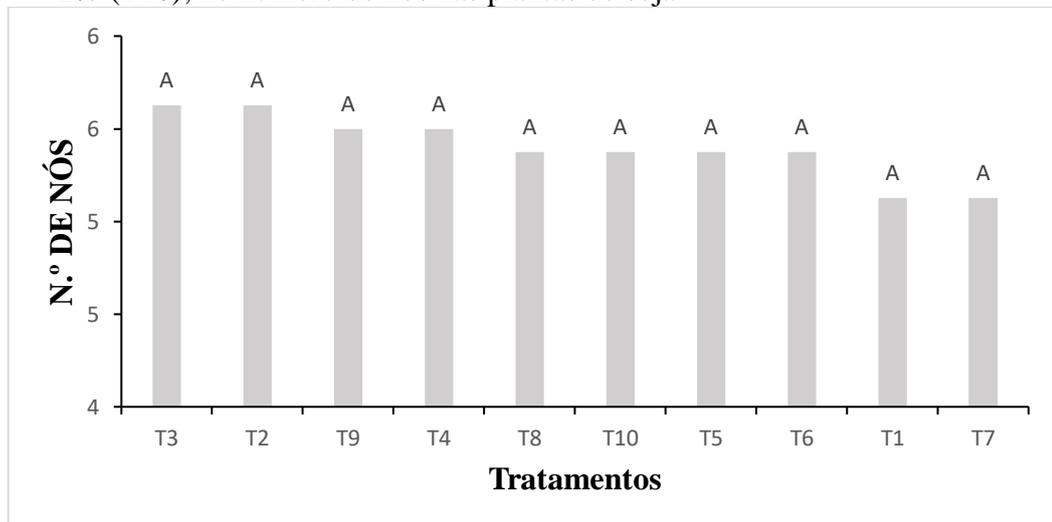
Figura 2 - Efeito dos tratamentos testemunha (T1); fungicida Fluxapiraxade (T2); MgO 1% Cu 1% (T3); MgO 1% Cu 2% (T4); CaO 1% Cu 1% (T5); CaO 1% Cu 2% (T6); Geox 1% Cu 1% (T7); Geox 1% Cu 2% (T8); Dolomita 1% Cu 1% (T9); Dolomita 1% Cu 2% (T10); no diâmetro de plantas de soja.



Legenda: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na barra não diferem entre si pelo teste Scott Knott ($p \leq 0,05$).

Fonte: Do autor (2022).

Figura 3 - Efeito dos tratamentos testemunha (T1); fungicida Fluxapiraxade (T2); MgO 1% Cu 1% (T3); MgO 1% Cu 2% (T4); CaO 1% Cu 1% (T5); CaO 1% Cu 2% (T6); Geox 1% Cu 1% (T7); Geox 1% Cu 2% (T8); Dolomita 1% Cu 1% (T9); Dolomita 1% Cu 2% (T10); no número de nós nas plantas de soja.

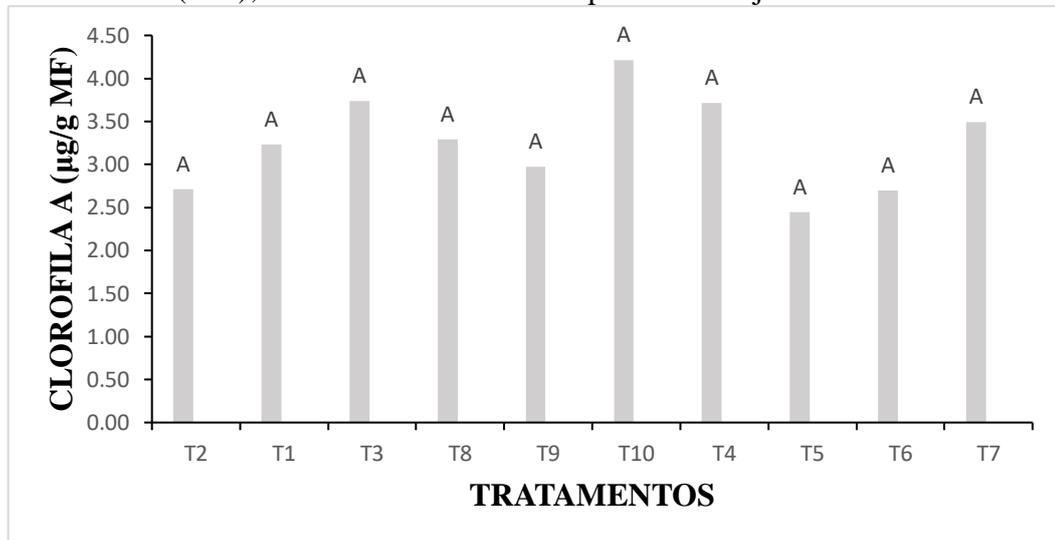


Legenda: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na barra não diferem entre si pelo teste Scott Knott ($p \leq 0,05$).

Fonte: Do autor (2022).

Os teores de clorofila a (figura 4), b (figura 5), e os carotenóides (figura 6) não diferiram entre tratamentos avaliados.

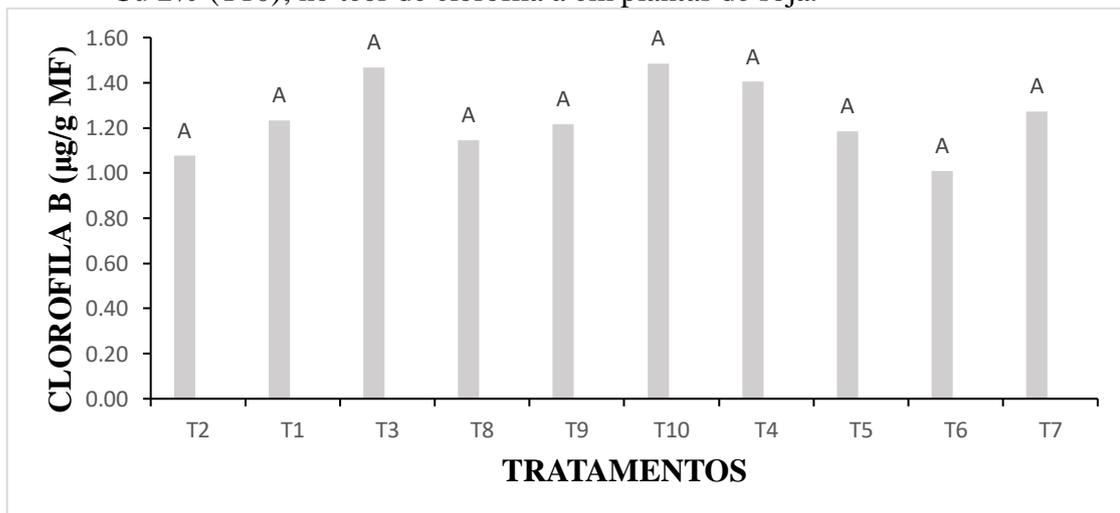
Figura 4 - Efeito dos tratamentos testemunha (T1); fungicida Fluxapiraxade (T2); MgO 1% Cu 1% (T3); MgO 1% Cu 2% (T4); CaO 1% Cu 1% (T5); CaO 1% Cu 2% (T6); Geox 1% Cu 1% (T7); Geox 1% Cu 2% (T8); Dolomita 1% Cu 1% (T9); Dolomita 1% Cu 2% (T10); no teor de clorofila a em plantas de soja.



Legenda: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na barra não diferem entre si pelo teste Scott Knott ($p \leq 0,05$).

Fonte: Do autor (2022).

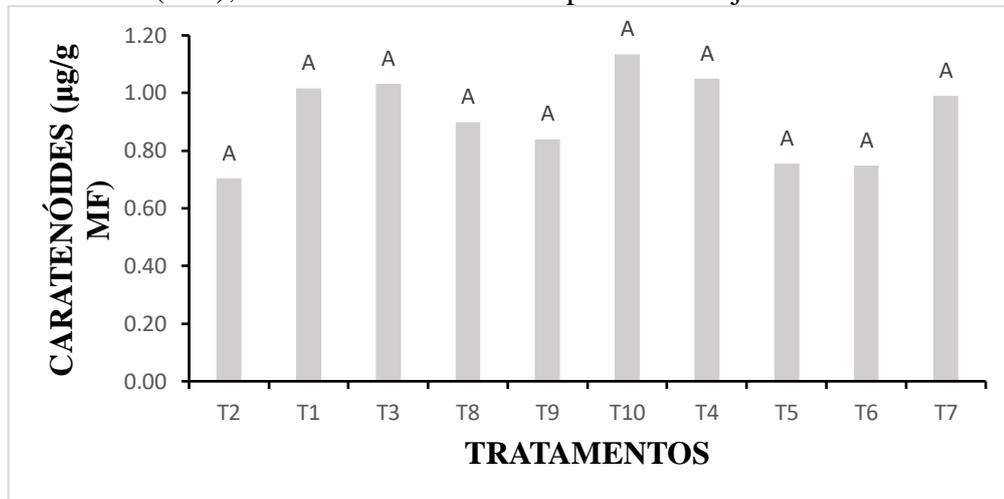
Figura 5 - Efeito dos tratamentos testemunha (T1); fungicida Fluxapiraxade (T2); MgO 1% Cu 1% (T3); MgO 1% Cu 2% (T4); CaO 1% Cu 1% (T5); CaO 1% Cu 2% (T6); Geox 1% Cu 1% (T7); Geox 1% Cu 2% (T8); Dolomita 1% Cu 1% (T9); Dolomita 1% Cu 2% (T10); no teor de clorofila b em plantas de soja.



Legenda: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na barra não diferem entre si pelo teste Scott Knott ($p \leq 0,05$).

Fonte: Do autor (2022).

Figura 6 - Efeito dos tratamentos testemunha (T1); fungicida Fluxapiraxade (T2); MgO 1% Cu 1% (T3); MgO 1% Cu 2% (T4); CaO 1% Cu 1% (T5); CaO 1% Cu 2% (T6); Geox 1% Cu 1% (T7); Geox 1% Cu 2% (T8); Dolomita 1% Cu 1% (T9); Dolomita 1% Cu 2% (T10); no teor de clorofila a em plantas de soja.

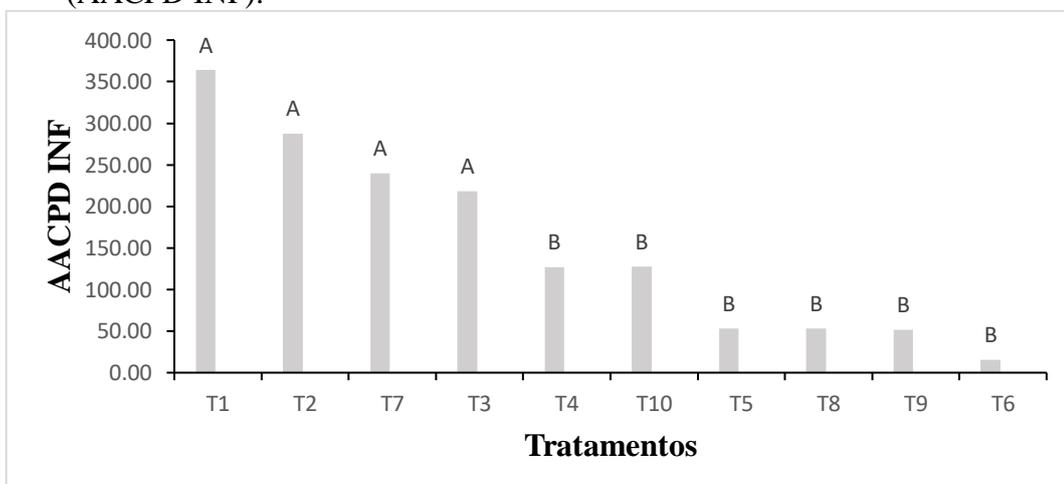


Legenda: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na barra não diferem entre si pelo teste Scott Knott ($p \leq 0,05$).

Fonte: Do autor (2022).

Com relação a área abaixo da curva de progresso da doença no terço inferior da planta (AACPD INF), (Figura 4), os tratamentos T4, T5, T6, T8, T9 e T10 apresentaram menor progresso da doença, indicando maior eficácia de controle.

Figura 7 - Efeito dos tratamentos testemunha (T1); fungicida Fluxapiraxade (T2); MgO 1% Cu 1% (T3); MgO 1% Cu 2% (T4); CaO 1% Cu 1% (T5); CaO 1% Cu 2% (T6); Geox 1% Cu 1% (T7); Geox 1% Cu 2% (T8); Dolomita 1% Cu 1% (T9); Dolomita 1% Cu 2% (T10); na área abaixo da curva de progresso da doença no terço inferior da planta (AACPD INF).

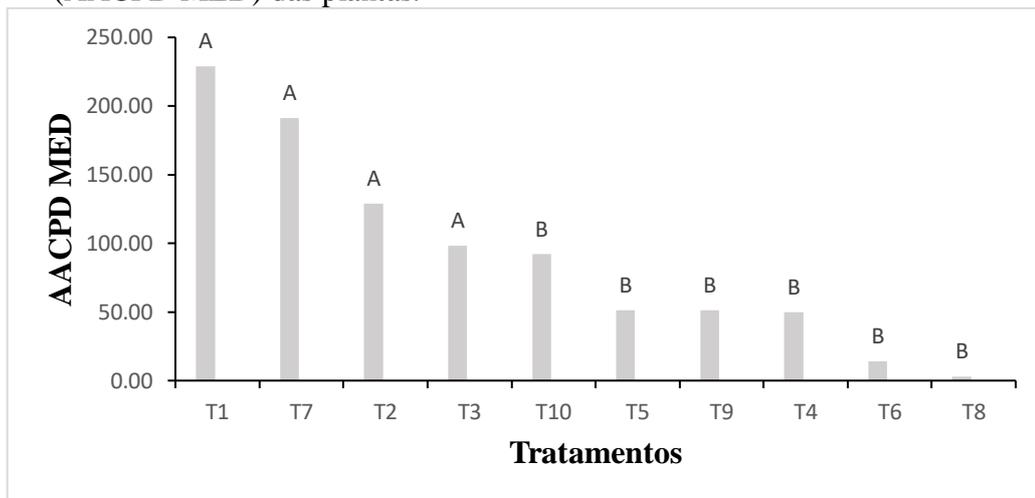


Legenda: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na barra não diferem entre si pelo teste Scott Knott ($p \leq 0,05$).

Fonte: Do autor (2022).

No que diz respeito a área abaixo da curva de progresso da doença no terço mediano (AACPD MED), (Figura 5), os melhores resultados também foram os tratamentos T4, T5, T6, T8, T9 e T10, ou seja, neles a eficácia de controle da doença também foi maior.

Figura 8 - Efeito dos tratamentos testemunha (T1); fungicida Fluxapiraxade (T2); MgO 1% Cu 1% (T3); MgO 1% Cu 2% (T4); CaO 1% Cu 1% (T5); CaO 1% Cu 2% (T6); Geox 1% Cu 1% (T7); Geox 1% Cu 2% (T8); Dolomita 1% Cu 1% (T9); Dolomita 1% Cu 2% (T10); na área abaixo da curva de progresso da doença no terço mediano (AACPD MED) das plantas.



Legenda: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na barra não diferem entre sipelo teste Scott Knott ($p \leq 0,05$).

Fonte: Do autor (2022).

Uma possível explicação para a redução da severidade do Oídio, é o fato das pontes de cálcio entre os ácidos pécnicos ou entre esses e outros polissacarídeos dificultarem o acesso e a ação de enzimas pectolíticas produzidas pelo fruto e que causam amaciamento, e daquelas produzidas pelos fungos e bactérias que causam deterioração. O cálcio na parede celular vegetal, ao se ligar covalentemente às pectinas, dá origem ao pectato de cálcio, o que restringe a ação da pectinametilesterase e poligalacturonase (MOTA et al., 2002).

De acordo com Huber & Jones 2012, os mecanismos específicos de defesa no manejo de doenças pelo Magnésio incluem: aumento da resistência dos tecidos aos patógenos. Segundo os autores, o tempo de aplicação, o nível do nutriente na planta e a interação com outros nutrientes na planta ou patógeno são considerações importantes para entender o papel do magnésio na resistência ou suscetibilidade.

Já o cobre, quando dissolvido na água, ao entrar na célula do patógeno, é capaz de interferir em inúmeras reações enzimáticas que levam ao bloqueio da atividade respiratória, o que inibe a germinação dos esporos. (LA TORRE et. al., 2018).

6 CONCLUSÃO

A aplicação do Cobre na concentração 2% associado aos nutrientes Cálcio e Magnésio nas proporções de 1% e 2% foram eficazes na redução da severidade do oídio na soja.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, A. A. **Estudo de alguns aspectos do desenvolvimento do feijão jacatupé (*Pachyrrhizus tuberosus Lam. Spreng*)**. Tese (Doutor em Biologia) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1987.
- BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento. Produção de grãos é estimada em 272,5 milhões de toneladas com clima favorável para as culturas de 2ª safra. **CONAB**, 2022. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4684-producao-de-graos-e-estimada-em-272-5-milhoes-de-toneladas-com-clima-favoravel-para-as-culturas-de-2-safra> >. Acesso em: 1 ago. 2022.
- CASTRO, E. M. et al. Aspectos anatômicos e fisiológicos de plantas de guaco submetidas a fotoperíodos. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.3, p.846-850, 2005. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/hb/a/Rv8fW8d7fk5Zhmf7frNHkDs/?format=pdf&lang=pt> >. Acesso em: 16 set. 2022.
- CASTRO, R. **Alterações fisiológicas causadas por fungicida em soja infectada naturalmente por oídio**. Dissertação (Mestre em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.
- CESB. **Soja: Quebrando recordes**. Sorocaba/SP, 2018. p. 216. Disponível em: < <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1105763/1/capLIVROCESB.pdf> >. Acesso em 11 ago. 2022.
- DOMINGUES, L. S. **Influência de cultivares e densidades de plantas sobre a eficácia da proteção química no patossistema soja – *Phakopsora pachyrhizi***. Dissertação (Mestre em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2010.
- FARIAS, J. et. al. **Ecofisiologia da soja**. 48 Ed. Londrina: Circular Técnica, 2007.
- GAZZONI, D. L.; YORINORI, J. T. **Manual de identificação de pragas e de doenças da soja**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995. 128 p.
- HUBER, D. M.; JONES, J. B. *The role of magnesium in plant disease*. **Plant and soil**, v. 368, n. 1, p. 73-85, 2013. Disponível em: < <https://www.jstor.org/stable/42952550> >. Acesso em: 16 set. 2022.
- HUBER, D. M.; HANEKLAUS, S. *Managing nutrition to control plant disease*. **Landbauforschung Völkenrode**, v. 57, p. 313-322, 2007. Disponível em: < https://www.researchgate.net/profile/Dm-Huber/publication/228652549_Managing_nutrition_to_control_plant_disease/links/00b49538f7c3547cc6000000/Managing-nutrition-to-control-plant-disease.pdf >. Acesso em: 29 ago. 2022.
- IGARASHI, S. et al. Danos causados pela infecção de oídio em diferentes estádios fenológicos da soja. **Arq. Instituto de Biologia**, v. 77, n. 2, p. 245-250, 2010. Disponível em: <

<https://www.scielo.br/j/aib/a/wVGKLGVN9mt3t47xWYhQGjc/?format=pdf&lang=pt> >. Acesso em: 01 ago. 2022.

LA TORRE, A. et al. Copper in plant protection: current situation and prospects. **Phytopathologia Mediterranea**, n. 57, p. 201-236, 2018. Disponível em: < https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-23407 >. Acesso em: 02 set. 2022.

LICHTENTHALER, H. K.; WELLBURN, A. *Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents.* **Biochemical Society Transactions**, v. 603, n. 1, p. 591-592, 1983. Disponível em: < <https://doi.org/10.1042/BST0110591> >. Acesso em: 19 agosto 2022.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas.** Universidade de São Paulo, 2006. p. 536.

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

MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants.** 3 ed. London: Elsevier, 2012. 651 p.

MIGNUCCI, J. S.; CAHMBERLAIN, D. W. *Interactions of Microsphaera diffusa with soybeans and other legumes.* **Phytopathology, Lancaster**, v. 68, p. 169-173, 1978. Disponível em: < https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1978Abstracts/Phyto68_169.htm >. Acesso em: 25 agosto 2022.

MORALES, R. G. F. et al. Influência da nutrição mineral foliar nas doenças da parte aérea e no rendimento da cultura da soja. **Ambiência Guarapuava (PR)**, v.7 n.2 p. 207-215, 2011. Disponível em: < <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/viewFile/1124/1260> >. Acesso em: 01 set. 2022.

MOREIRA, V. R. R. **Calda Cúprica.** Fichas Agroecológicas – Tecnologias Apropriadas para Agricultura Orgânica. Coordenação de Agroecologia – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2014. Disponível em: <<https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/defesa/livros/CALDA%20CUPRICA.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2022.

MOTA, W.F.; SALOMÃO, L.C.C; PEREIRA, M.C.T.P; CECON,P.R. Influência do tratamento pós-colheita com cálcio na conservação de jabuticabas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.24, n.1, 2002.

PENTEADO, Silvio Roberto. **Agricultura orgânica.** Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca e Documentação, 2001. 41 p. (Série Produtor Rural, Edição Especial)

PIPOLO, A. E. et al. **Teores de óleo e proteína em soja:** fatores envolvidos e qualidade para a indústria. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 15 p.

POLIZEL, A.; JULIATTI, F. C. Quantificação de doenças foliares da soja por escalas diagramáticas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11, 2010. Disponível em: < <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2010c/quantificacao%20de%20doencas.pdf> >

Quais são os principais produtores de grãos do mundo?. **Canal Agro Estadão**, 2022. Disponível em: < <https://summitagro.estadao.com.br/comercio-exterior/quais-sao-os-principais-produtores-de-graos-do-mundo/> >. Acesso em: 11 ago. 2022.

REHMAN, M. et al. *Copper environmental toxicology, recente advances, and future outlook: a review*. **Environmental Science and Pollution Research**, 2019, n. 26, p. 18003-18016. Disponível em: < <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05073-6> >. Acesso em: 15 agosto 2022.

SATIS. **Entenda por que o cobre é um importante aliado no combate às doenças**. Satis, 2018. Disponível em: <<https://www.satis.ind.br/blog/interna/entenda-por-que-o-cobre-e-um-importante-aliado-no-combate-as-doencas#:~:text=Existem%20no%20mercado%20diversos%20fungicidas,parte%20de%20cima%20das%20folhas>>. Acesso em: 26 de set de 2022.

SOARES, R. M. et al. Oídio. **EMBRAPA**, 2021. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/producao/doencas-da-soja/doencas-causadas-por-fungos/oidio> >. Acesso em: 01 ago. 2022.

STADNIK, M. J.; RIVERA, M. C. **Oídios**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2001. 484 p.

YORINORI, J. T. Oídio da soja. **EMBRAPA**, 1997. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSO/17662/1/comTec059.pdf> >. Acesso em: 01 ago. 2022.

WHITE, J. P.; BROADLEY, M. R. *Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets - iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine*. **New Phytologist**, v. 182, p. 49-84, 2009. Disponível em: < <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02738.x> >. Acesso em: 29 julho 2022.

YRUELA, I. *Copper in plants: Acquisition, transport and interactions*. **Functional Plant Biology**, 2009, n. 36, p. 409-430. Disponível em: < <https://doi.org/10.1071/fp08288> >. Acesso em: 27 julho 2022.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A.; JUNIOR, L. A. Z. **Efeito da nutrição mineral no controle de doenças de plantas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2012. 327p.