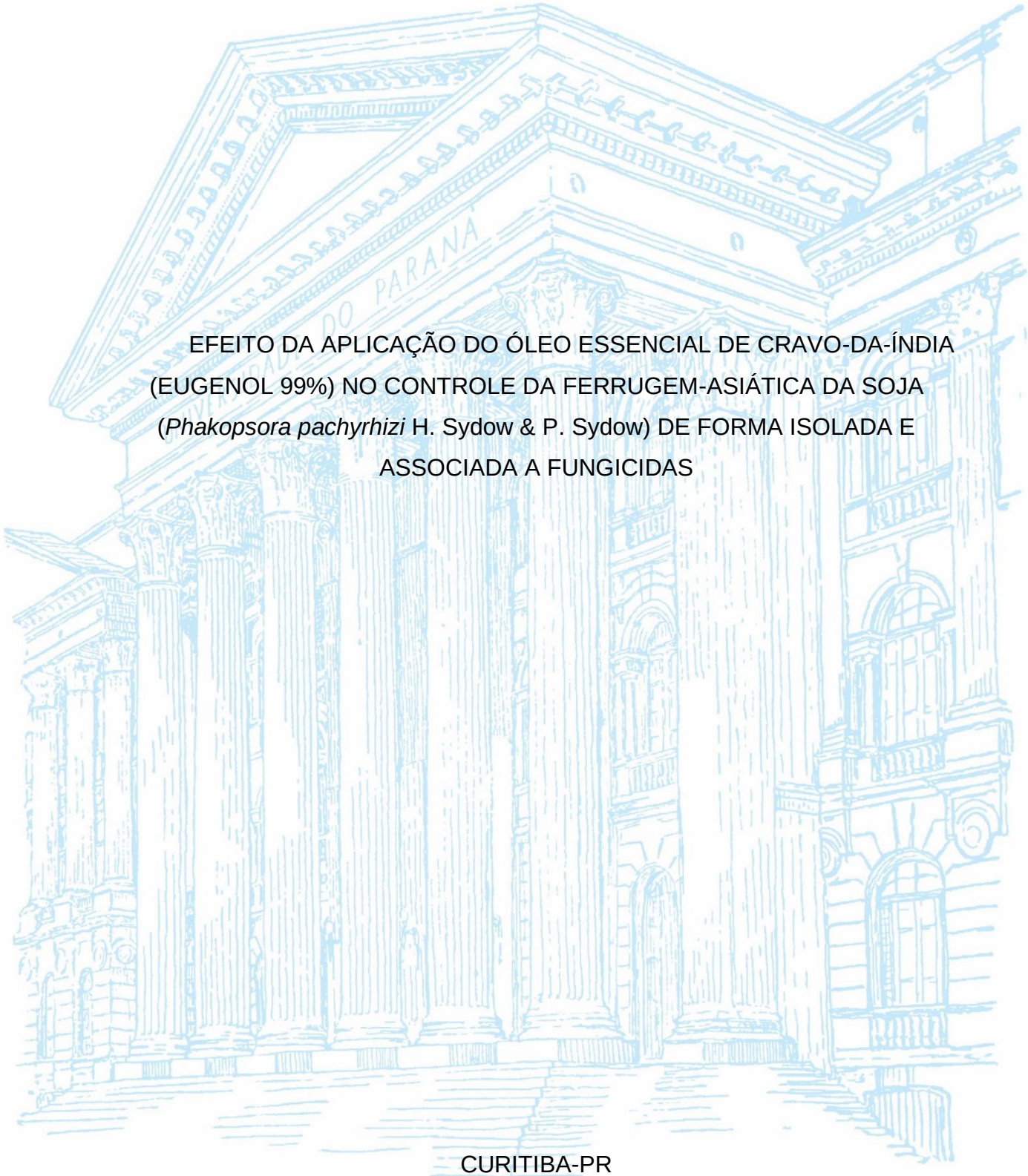
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GISLAINE MARTINS SLUSARZ



EFEITO DA APLICAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE CRAVO-DA-ÍNDIA (EUGENOL 99%) NO CONTROLE DA FERRUGEM-ASIÁTICA DA SOJA (*Phakopsora pachyrhizi* H. Sydow & P. Sydow) DE FORMA ISOLADA E ASSOCIADA A FUNGICIDAS

CURITIBA-PR

2024

GISLAINE MARTINS SLUSARZ

EFEITO DA APLICAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE CRAVO-DA-ÍNDIA (EUGENOL 99%) NO CONTROLE DA FERRUGEM-ASIÁTICA DA SOJA (*Phakopsora pachyrhizi* H. Sydow & P. Sydow) DE FORMA ISOLADA E ASSOCIADA A FUNGICIDAS

Artigo apresentado ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fitossanidade.

Orientador: Dr. Wilson Story Venancio

CURITIBA-PR

2024

Efeito da aplicação do óleo essencial de cravo-da-índia (Eugenol 99%) no controle da ferrugem-asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi* H. Sydow & P. Sydow) de forma isolada e associada a fungicidas

Gislaine Martins Slusarz, Wilson Story Venancio

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial antifúngico do óleo essencial de cravo-da-índia (Eugenol 99%) no controle da ferrugem-asiática da soja (*P. pachyrhizi*), tanto isoladamente quanto em combinação com fungicidas. O experimento foi realizado na Estação Experimental Agrícola dos Campos Gerais (EEACG) durante a safra 2023/2024. As aplicações foram feitas nas seguintes datas: 28/12/2023 (BBCH 16/61), 04/01/2024 (BBCH 61), 11/01/2024 (BBCH 19/65), 18/01/2024 (BBCH 69/71) e 25/01/2024 (BBCH 73). Foram avaliados a área foliar infectada/severidade, incidência, nível de desfolha causada pela ferrugem, fitotoxicidade da cultura, produtividade de grãos e peso de mil grãos. O óleo essencial de cravo-da-índia (Eugenol 99%), quando associado a fungicidas e aplicado de forma preventiva, demonstrou um potencial significativo para o controle alternativo da ferrugem-asiática da soja, com eficiência variando de 75,5% a 98,8%. Aplicações isoladas de Eugenol 99% ofereceram controle de até 26,1% na maior dose testada.

Palavras-chave: *Glycine max*; aplicações preventivas; controle alternativo.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the antifungal potential of clove essential oil (Eugenol 99%) in controlling Asian soya rust (*P. pachyrhizi*), both alone and in combination with fungicides. The experiment was carried out at the Campos Gerais Agricultural Experimental Station (EEACG) during the 2023/2024 harvest. Applications were made on the following dates: 28/12/2023 (BBCH 16/61), 04/01/2024 (BBCH 61), 11/01/2024 (BBCH 19/65), 18/01/2024 (BBCH 69/71) and 25/01/2024 (BBCH 73). Infected leaf area/severity, incidence, level of defoliation caused by rust, crop phytotoxicity, grain yield and thousand-grain weight were assessed. The essential oil of cloves (Eugenol 99%), when combined with fungicides and applied preventatively, showed significant potential for alternative control of Asian soybean rust, with efficiency ranging from 75,5% to 98,8%. Single applications of Eugenol 99% offered control of up to 26,1% at the highest dose tested.

Keywords: *Glycine max*; preventive applications; alternative control.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 4
2 MATERIAL E MÉTODOS 5
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 9
4 CONCLUSÕES 18
REFERÊNCIAS 19

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de soja (*Glycine max* (L) Merr.) do mundo. Na safra 2023/2024 a produção brasileira foi de 147,33 milhões de toneladas do grão em uma área semeada de 46,02 milhões de hectares (CONAB, 2024).

Vários fatores têm limitado o rendimento, a lucratividade e o sucesso da produção da soja, sendo as doenças um dos mais importantes (HARTMAN *et al*., 1999). A ferrugem-asiática da soja, causado pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* (H. Sydow & P. Sydow) é uma das principais doenças da cultura (HARTMAN *et al*., 2015).

A sintomatologia inicial da doença são pequenas lesões de coloração castanha a marrom-escura, denominadas de urédias, as quais estão situadas principalmente na face inferior dos folíolos, que se rompem liberando os uredósporos e com o aumento da doença, as plantas apresentam clorose e desfolha precoce (GODOY *et al*., 2020). Segundo estudos realizados em diversas regiões produtoras de soja, as reduções de produtividade causadas pela ferrugem-asiática podem variar entre 10% a 100% (DE LA PARTE *et al*., 2015; REIS, 2019).

O manejo da doença concentra-se principalmente em estratégias integradas, visando escape e redução do inóculo inicial do fungo, como o vazio sanitário, semeadura antecipada, uso de cultivares de ciclo precoce e com genes de resistência e a aplicação de fungicidas (DALCIN *et al*., 2021).

No entanto, o uso constante de fungicidas com modos de ação específicos pode favorecer a seleção nas populações de patógenos, tornando necessária a alternância de produtos com diferentes mecanismos de ação (MASSI *et al*., 2021). Devido a ocorrência do aumento da resistência dos patógenos aos produtos sintéticos, bem como as preocupações ambientais, têm estimulado a busca por novos agentes antimicrobianos originários de plantas (BAIOTTO *et al*., 2023).

O uso de óleos essenciais extraídos de plantas tem demonstrado grande potencial no controle de fitopatógenos, por sua ação fungitóxica direta, inibindo o crescimento micelial e a germinação de esporos, e pela capacidade de induzir mecanismos de defesa em plantas (BIGATON *et al*., 2013; TAHERI *et al*., 2023).

Nos últimos anos, o óleo de cravo tem sido extensivamente estudado, devido as suas propriedades. Seu óleo essencial é isolado de botões de flores secas, que são a fonte de seu cheiro forte (AFFONSO *et al*., 2012). O principal constituinte do óleo de cravo-da-índia é o eugenol que compõem entre 70% e 90% do óleo, enquanto

5% a 15% é acetato de eugenol e β-cariofileno e concentrações de até 2,1% de α-humuleno, além óxido de cariofileno e acetato de eugenila em menores concentrações (RAZAFIMAMONJISON *et al*., 2014; CORTES-ROJAS *et al*., 2014; HARO-GOZÁLEZ *et al*., 2021).

No controle de fungos fitopatogênicos, o óleo essencial de cravo-da-índia tem mostrado resultados promissores. Costa *et al*. (2011) investigaram a ação do óleo essencial de cravo-da-índia sobre o crescimento micelial *in vitro* dos fungos fitopatogênicos *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum* e *Macrophomina phaseolina*. Estes autores, constataram que o óleo essencial de cravo apresentou atividade fungicida na concentração de 0,15% sobre o crescimento de *R. solani*, *F. oxysporum* e *F. solani*.

Diante do exposto, o objetivo principal deste estudo foi avaliar o efeito do óleo essencial de cravo-da-índia (Eugenol 99%) no controle da ferrugem-asiática da soja (*P. pachyrhizi*) de forma isolada e associada a fungicidas convencionais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi implantada durante a safra de 2023/2024 na Estação Experimental Agrícola dos Campos Gerais (EEACG), localizada na Rodovia BR-277, Km 175 (Divisa com o rio Capivara), localidade de Manhoso, Papagaios Novos, Estrada Velha da Vilinha, no município de Palmeira, PR (Latitude 25º25’37.88” Sul e Longitude 50º2’50.84” Oeste) e altitude média de 880 metros.

O clima onde o experimento foi conduzido é o Cfb, clima temperado, com verão ameno, sempre úmido, o qual apresenta chuvas bem distribuídas com pluviosidade média anual de 1500mm (NITSCHE *et al*., 2019), em solo classificado como Cambissolo Háplico Tm+Tb distrófico típico textura média A moderado (SANTOS *et al*., 2018). A precipitação média diária durante o período do experimento foi de 5,7mm, temperatura média de 23,3°C e umidade média de 79,2%.

Utilizou-se o delineamento estatístico de blocos ao acaso com onze tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos utilizados estão descritos na Tabela 1 e os produtos na Tabela 2.

TABELA 1 – DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS UTILIZADOS PARA AVALIAR O CONTROLE DA FERRUGEM-ÁSIATICA (*P. pachyrhizi*) NA CULTURA DA SOJA *(G. max*), CULTIVAR ZEUS IPRO. PALMEIRA, PR. SAFRA 2023/2024.

Tratamentos		**Produto comercial**	**Época[2]**	**N° de aplicações**	**Dose do p.c. (g ou mL.ha^{-1})[1]**
1	Testemunha	-	-	-	-
2	Padrão Positivo I	Orkestra+Assist	A	3	350+0,25% v/v
		Ativum+Unizeb Gold+Assist	C		1000+2500+0,25% v/v
		Blavity+Unizeb Gold+Assist	E		300+2500+0,25% v/v
3	Manejo Eugenol + Químico I	Orkestra+Assist	A	3	350+0,25% v/v
		Eugenol 99%+Ativum+Ochima	C		400+1000+250
		Eugenol 99%+Blavity+Ochima	E		400+300+250
4	Padrão Multissítio	Unizeb Gold	ABCDE	5	2500
5	Manejo Eugenol Isolado	Eugenol 99%+Ochima	ABCDE	5	100+250
6	Manejo Eugenol Isolado	Eugenol 99%+Ochima	ABCDE	5	200+250
7	Manejo Eugenol Isolado	Eugenol 99%+Ochima	ABCDE	5	400+250
8	Manejo Eugenol Isolado	Eugenol 99%+Ochima	ABCDE	5	800+250
9	Padrão Positivo II	Unizeb Gold+Orkestra	A	5	2500+350
		Unizeb Gold	B		2500
		Unizeb Gold+Ativum	C		2500+1000
		Unizeb Gold	D		2500
		Unizeb Gold + Blavity	E		2500+300
10	Manejo Eugenol + Químico II	Eugenol 99%+Orkestra+Ochima	A	5	400+350+250
		Eugenol 99%+Ochima	B		400+250
		Eugenol 99%+Ativum+Ochima	C		400+1000+250
		Eugenol 99%+Ochima	D		400+250
		Eugenol 99% + Blavity+Ochima	E		400+300+250
11	Manejo Eugenol + Químico III	Eugenol 99%+Ochima	A	4	400+250
		Eugenol 99%+Ochima	B		400+250
		Eugenol 99%+Ochima	C		400+250
		Eugenol 99% + Blavity+Ochima	D		400+300+250

1. Dose em gramas ou mililitros do produto comercial (p.c.) por hectare.
2. Época de aplicação: A (28/12/2023) – BBCH 16/61; B: (04/01/2024) – BBCH 61; C: (11/01/2024) – BBCH 19/65; D: (18/01/2024) – BBCH 69/71 e E: (25/01/2024) – BBCH 73.

FONTE: O autor (2024).

TABELA 2 – DESCRIÇÃO DOS PRODUTOS UTILIZADOS NO EXPERIMENTO. PALMEIRA, PR. SAFRA 2023/2024.

Produto	Composição		Formulação
	Ingrediente ativo	Grupo químico	
Orkestra SC	Fluxapiroxade + Piraclostrobina	Estrobilurina + Carboxamida	Suspensão concentrada (SC)
Ativum	Epoxiconazol + Fluxapiroxade + Piraclostrobina	Triazol + Carboxamida + Estrobilurina	Concentrado Emulsionável (EC)
Unizeb Gold BR	Mancozebe	Ditiocarbamatos	Grânulos Dispersíveis em Água (WG)
Blavity	Fluxapiroxade + Protioconazol	Carboxamida + Triazolintiona	Suspensão concentrada (SC)
Eugenol 99%	Eugenol	Fenilpropanoide do grupo dos óleos essenciais	Concentrado Emulsionável (EC)
Ochima	Adjuvante	Ésteres alquílicos do ácido fosfórico	Concentrado Emulsionável (EC)
Assist	Óleo mineral	Hidrocarbonetos alifáticos	Concentrado Emulsionável (EC)

FONTE: O autor (2024).

Cada parcela correspondeu a uma área de 16 m², composta de 5 linhas de 8,0 metros de comprimento, com espaçamento de 0,45 m entre linhas e média 15,8 sementes por metro linear, sendo utilizada a cultivar de soja Zeus IPRO. Foi efetuado o tratamento de sementes com o fungicida sistêmico clorantraniliprole (Dermacor® 50 mL p.c./100 kg), ipconazol (Rancona T® 200 mL p.c./100 kg), polímero (100 mL p.c./100 kg), pó secante (150 mL p.c./100 kg), Biofix Premium (50 mL p.c./50 kg) e Biofix Azos (100 mL p.c./50 kg) e, em seguida, fez-se a semeadura de forma mecanizada com adubação de base de 250 kg/ha de 02-12-12, sendo que a semeadura foi realizada no dia 13/11/2023, e a emergência da cultura ocorreu em sete dias. Como tratos culturais fizeram-se o controle de plantas daninhas com uma aplicação de glifosato (Crucial® 2 L/ha p.c.), controle de percevejos e lagartas com o inseticida gama-cialotrina (Nexide® 60 mL/ha p.c.) e manejo nutricional com o fertilizante foliar (Mn Dray® 1 L/ha p.c.).

Para a aplicação dos produtos testados, utilizou-se um equipamento pulverizador de precisão para ensaios agronômicos, pressurizado com CO_2, com quatro pontas do tipo leque XR 11002, espaçados de 0,5m entre si. O volume de calda utilizado foi de 200 $L.ha^{-1}$, com uma pressão de trabalho constante de 3,2 bar. As aplicações foram realizadas de acordo com o descrito na Tabela 1, e com intervalos de sete dias entre as aplicações.

Foram avaliadas a área foliar infectada/severidade (%), incidência (%), nível de desfolha (%) provocada pela ferrugem, fitotoxicidade da cultura (%), produtividade de grãos ($kg.ha^{-1}$) e peso de mil grãos.

Para avaliação da porcentagem de área foliar afetada pela ferrugem, utilizou-se a escala diagramática para avaliação da severidade da ferrugem da soja, proposta por Franceschi *et al*. (2020). Foram feitas avaliações visuais em que se avaliou 10 folhas por parcela, selecionadas de forma aleatória, totalizando 40 folhas por tratamento, estimando assim a severidade média. Essas avaliações foram realizadas no momento das aplicações dos produtos testados, e aos 7, 14, 21 e 28 dias após a última aplicação. Com os valores da severidade calculou-se a Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD), de acordo com a fórmula proposta por Shaner & Finney (1977). Com o resultado da AACPD foi possível obter a eficácia agronômica de cada tratamento, através da equação proposta por Abbott (1925).

Para a avaliação da incidência utilizou-se as folhas avaliadas na severidade da ferrugem da soja, sendo 10 folhas por parcela, totalizando 40 folhas por tratamento. Assim, a incidência da doença (ID) foi calculada da seguinte forma: ID (%) = (NFD/NTF) x 100. Onde, NFD = número de folhas doentes e NTF = número total de folhas avaliadas.

As avaliações de desfolha foram efetuadas visualmente considerando a porcentagem da desfolha na planta, com a cultura nos estádios fenológicos R5, R7 e R8, utilizando-se da escala publicada por Hirano *et al*. (2010).

Durante a condução do experimento foram realizadas avaliações de possíveis danos visuais na parte aérea da planta (fitotoxicidade), para isso utilizou-se a escala adaptada de 0 (para nenhum sintoma visível) a 100% (morte completa da planta) conforme descrita por EWRC (1964), aos sete dias após cada aplicação.

A partir da colheita das três linhas centrais de 3 metros de comprimento de cada parcela, estimou-se o peso de mil grãos (g) e a produtividade de grãos ($Kg.ha^{-1}$), sendo os resultados corrigidos para 13% de umidade. O ganho relativo percentual foi calculado com base na diferença entre a produtividade média dos tratamentos e a produtividade média da Testemunha sem aplicação.

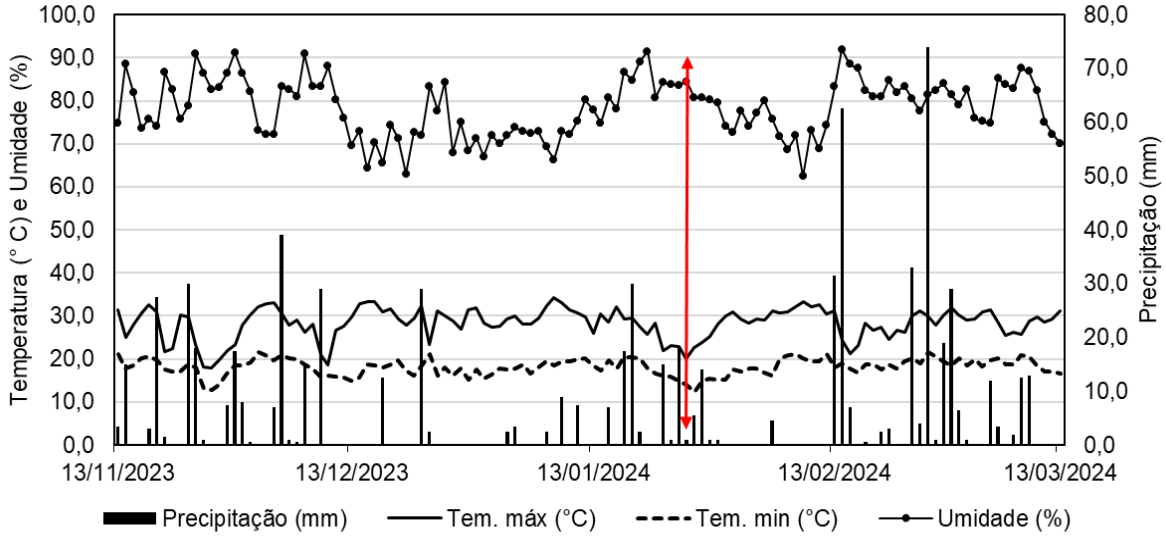
Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e a diferença entre médias, quando significativa, foi comparada pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, através da utilização do “software” Sasm – agri (CANTERI *et al.*, 2001).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sintomas iniciais da ferrugem asiática foram identificados durante o estágio de desenvolvimento da planta BBCH 73, durante a quinta e última aplicação, alcançando uma porcentagem de 50,1% nas plantas do tratamento Testemunha na avaliação final (Tabela 3).

Na Figura 1, é possível visualizar os dados meteorológicos coletados durante o estudo, bem como a identificação dos primeiros esporos da ferrugem. Foi percebido um cenário propício para o crescimento da ferrugem-asiática, com um aumento significativo da umidade (84,5%) e a temperatura máxima atingindo 20°C. Estas condições são semelhantes às descritas por Melching *et al*. (1989), que indicaram que temperaturas variando entre 15°C e 25°C foram ideais para o desenvolvimento da ferrugem.

FIGURA 1 – TEMPERATURA DO AR MÁXIMA E MINÍMA, PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E UMIDADE RELATIVA DO AR REGISTRADAS NO PERÍODO DE 13/11/2023 A 13/03/2024 EM PALMEIRA, PR, NA ESTACÃO EXPERIMENTAL AGRÍCOLA DOS CAMPOS GERAIS (EEACG).



FONTE: O Autor (2024).

Durante as avaliações de severidade aos 0DAE, 7DAE e 14DAE, dias após a quinta aplicação, todos os tratamentos com aplicações de Eugenol isolado ou em combinação com fungicidas apresentaram diferenças estatisticamente relevantes ao tratamento Testemunha sem aplicação. No entanto, quando os fungicidas foram combinados com Eugenol (Manejo Eugenol + Químico I e Manejo Eugenol + Químico II) com três e cinco aplicações respectivamente, os resultados foram melhores,

mostrando uma redução significativa na severidade da doença, os quais foram estatisticamente iguais aos tratamentos Padrão Positivo I (Orkestra + Ativum + Unizeb Gold + Blavity), Padrão Multissítio (Unizeb Gold) e ao Padrão Positivo II (Unizeb Gold + Orkestra + Ativum + Blavity) (Tabela 3).

O tratamento com Manejo Eugenol + Químico III (tratamento 11), composto por três aplicações de Eugenol na dose de 400 $mL.ha^{-1}$ e uma aplicação em mistura de Eugenol com o fungicida Blavity nas avaliações realizadas de 0DAE a 14DAE, também resultou em reduções no desenvolvimento da doença, com severidade variando 0,3% a 2,6% (Tabela 3).

Aos 21DAE, com a cultura em BBCH 81/93, é possível observar que os tratamentos com manejo de Eugenol em combinação com fungicidas (tratamento 3 e 10) apresentaram resultados estatisticamente diferentes da Testemunha, mostrando os menores níveis de severidade da ferrugem-asiática. Além disso, não houve diferença significativa em relação aos tratamentos Padrão Positivo I, Padrão Multissítio e Padrão Positivo II (Tabela 3).

Na última avaliação da severidade da ferrugem-asiática aos 28DAE, com a cultura na fase fenológica BBCH 85/95, a severidade média dos tratamentos com os diferentes manejos variou de 0,7% a 48,1%, enquanto que a Testemunha sem manejo atingiu 50,1%. Durante esta avaliação, percebeu-se que os tratamentos manejados com Eugenol e associados aos fungicidas (tratamento 3 e 10), foram estatisticamente iguais entre si, e ao tratamento Padrão Positivo I e diferiram do Padrão Multissítio e do Padrão Positivo II (Tabela 3).

Com a aplicação do Manejo Eugenol + Químico III (tratamento 11), observou-se que três aplicações consecutivas do óleo essencial de cravo-da-índia, seguidas por uma quarta aplicação combinada com o fungicida Blavity, resultaram em eficácia estatisticamente semelhante ao Padrão Multissítio (Unizeb Gold) e ao Padrão Positivo II, que utilizou os fungicidas Unizeb Gold, Orkestra, Ativum e Blavity em momentos distintos (Tabela 3).

No manejo da ferrugem-asiática com aplicações isoladas de Eugenol, observou-se uma redução significativa da doença dos 0 aos 14DAE, dias após a quinta aplicação em comparação à Testemunha. No entanto, a partir dos 21DAE, a doença avançou agressivamente nas plantas, com a Testemunha apresentando uma média de 50,1%, enquanto os tratamentos com Eugenol apresentaram médias variando de 43,9% a 48,1% (Tabela 3).

TABELA 3 - PORCENTAGEM DE SEVERIDADE EM DIFERENTES TRATAMENTOS VISANDO O CONTROLE DA FERRUGEM-ASIÁTICA (*P. pachyrhizi*) NA CULTURA DA SOJA (*G. max*), CULTIVAR BMX ZEUS 55I57 RSF IPRO. PALMEIRA, PR, SAFRA 2023/2024.

N°	Tratamentos	Época de aplicação	% Severidade ferrugem-asiática[1]									
			0DAE 25/01/24		7DAE 01/02/24		14DAE 08/02/24		21DAE 15/02/24		28DAE 22/02/24	
1	Testemunha	-	1,0	a	3,8	a	10,6	a	21,1	a	50,1	a
2	Padrão Positivo I	ACE	0,0	e	0,0	f	0,1	e	0,2	d	1,1	f
3	Manejo Eugenol + Químico I	ACE	0,0	e	0,0	f	0,1	e	0,2	d	1,0	f
4	Padrão Multissítio	ABCDE	0,0	e	0,1	f	0,2	e	1,5	d	4,3	e
5	Manejo Eugenol Isolado	ABCDE	0,8	b	3,0	b	8,1	b	20,1	ab	48,1	ab
6	Manejo Eugenol Isolado	ABCDE	0,7	b	2,6	c	8,0	b	19,6	ab	46,9	bc
7	Manejo Eugenol Isolado	ABCDE	0,5	c	2,2	d	6,8	c	18,8	b	45,0	cd
8	Manejo Eugenol Isolado	ABCDE	0,4	c	2,0	d	6,2	c	18,4	b	43,9	d
9	Padrão Positivo II	ABCDE	0,0	e	0,1	f	0,3	e	1,0	d	5,4	e
10	Manejo Eugenol + Químico II	ABCDE	0,1	e	0,1	f	0,1	e	0,2	d	0,7	f
11	Manejo Eugenol + Químico III	ABCD	0,3	d	1,1	e	2,6	d	6,3	c	5,7	e
C.V. (%)[2]			13,4		9,5		10,3		7,4		5,0	

1. Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.
2. Coeficiente de variação em porcentagem.

FONTE: O Autor (2024).

Em relação a incidência de ferrugem-asiática nas plantas avaliadas, a Tabela 4 mostra que, aos 0 e 7DAE, a incidência na Testemunha era de 100%. Observou-se uma diferença significativa nos tratamentos que incluíram aplicações de fungicidas (tratamentos 2, 4 e 9) e nas associações de fungicidas com Eugenol (tratamento 3 e 10).

Na avaliação dos 14DAE, o tratamento com Manejo Eugenol + Químico I (tratamento 3) e o Padrão Positivo I apresentaram as menores médias (50,0%), mostrando diferenças estatísticas significativas em relação aos demais tratamentos (Tabela 4).

No entanto, o tratamento Manejo Eugenol + Químico II também apresentou diferenças em comparação ao Padrão Multissítio, que recebeu cinco aplicações do fungicida Unizeb Gold e atingiu média de 72,5%. Aos 21DAE, os tratamentos 3 (Manejo Eugenol + Químico I) e 10 (Manejo Eugenol + Químico II), foram estatisticamente semelhantes entre si e ao Padrão Positivo I, mas diferiram significativamente dos demais tratamentos (Tabela 4).

Na última avaliação aos 28DAE, as médias de incidência variaram de 85% a 100%, sem apresentar diferenças estatísticas entre os tratamentos (Tabela 4).

TABELA 4 - PORCENTAGEM DE INCIDÊNCIA EM DIFERENTES TRATAMENTOS VISANDO O CONTROLE DA FERRUGEM-ASIÁTICA (*P. pachyrhizi*) NA CULTURA DA SOJA (*G. max*), CULTIVAR BMX ZEUS 55I57 RSF IPRO. PALMEIRA, PR, SAFRA 2023/2024.

N°	Tratamentos	Época de aplicação	% Incidência ferrugem-asiática[1]									
			0DAE 25/01/24		7DAE 01/02/24		14DAE 08/02/24		21DAE 15/02/24		28DAE 22/02/24	
1	Testemunha	-	100,0	a	100,0	a	100,0	a	100,0	a	100,0	a
2	Padrão Positivo I	ACE	2,5	d	27,5	c	50,0	d	80,0	b	100,0	a
3	Manejo Eugenol + Químico I	ACE	25,0	bc	27,5	c	50,0	d	75,0	b	100,0	a
4	Padrão Multissítio	ABCDE	15,0	c	42,5	b	72,5	b	100,0	a	85,0	a
5	Manejo Eugenol Isolado	ABCDE	100,0	a	100,0	a	100,0	a	100,0	a	100,0	a
6	Manejo Eugenol Isolado	ABCDE	100,0	a	100,0	a	100,0	a	100,0	a	100,0	a
7	Manejo Eugenol Isolado	ABCDE	97,5	a	100,0	a	100,0	a	100,0	a	100,0	a
8	Manejo Eugenol Isolado	ABCDE	97,5	a	100,0	a	100,0	a	100,0	a	100,0	a
9	Padrão Positivo II	ABCDE	22,5	c	42,5	b	100,0	a	100,0	a	100,0	a
10	Manejo Eugenol + Químico II	ABCDE	35,0	b	40,0	bc	62,5	c	75,0	b	100,0	a
11	Manejo Eugenol + Químico III	ABCD	95,0	a	100,0	a	100,0	a	100,0	a	100,0	a
	C.V. (%)[2]		7,6		7,6		3,8		4,6		9,2	

1. Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.
2. Coeficiente de variação em porcentagem.

FONTE: O Autor (2024).

Através da AACPD calculada no período de avaliações da severidade da doença, todos os tratamentos com os diferentes manejos foram capazes de reduzir as infecções, apresentando diferenças estatísticas em relação à Testemunha sem aplicação. No entanto, as combinações de Eugenol em misturas com fungicidas (tratamento 3 e 10) mostraram resultados mais promissores para o manejo deste patossistema, com controle de 98,8% e 98,6%, respectivamente. Esses resultados não diferiram estatisticamente do Padrão Positivo I (tratamento 2), Padrão Multissítio (tratamento 4) e Padrão Positivo II (tratamento 9) (Gráfico 1).

Estudos indicam que o óleo essencial de cravo-da-índia pode auxiliar no crescimento da soja e aumentar a resiliência contra doenças, incluindo a ferrugem. De acordo com os resultados obtidos por Sumartini (2010), pulverizações de óleo de cravo-da-índia, realizadas a cada cinco dias, demonstrou uma redução significativa na severidade da ferrugem-asiática da soja, com uma diminuição de 17% em estudos à campo e 68% em condições de casa de vegetação.

Em um estudo, uma mistura de óleo de cravo e extrato de nim reduziu a intensidade da ferrugem em 45% em comparação ao tratamento controle, aumentando significativamente o número de vagens e prevenindo a perda de rendimento em 20% (SUMARTINI, 2016).

Os óleos essenciais de *Hyptis marrubioides*, *Aloysia gratíssima* e *Cordia verbenacea* em exibiram fortes propriedades antifúngicas, inibindo efetivamente a germinação de esporos de *P. pachyrhizi* in vitro em 100% e reduziram a severidade

da doença em casa de vegetação em 33% a 41% em comparação com fungicidas comerciais (piraclostrobina + epoxiconazol), que alcançaram até 61% de redução (SILVA *et al*., 2012; SILVA *et al*., 2014).

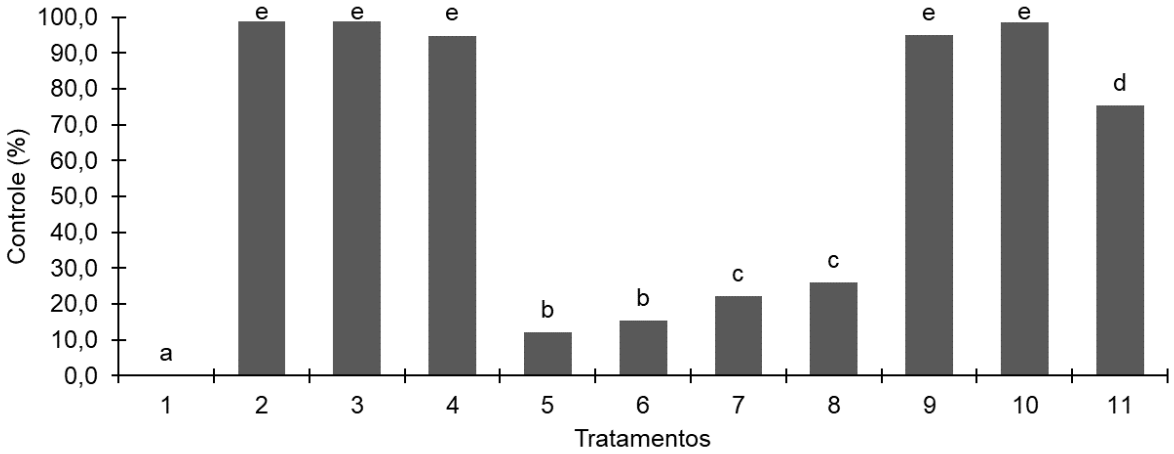
Em um estudo realizado por Medice *et al*. (2007), foi analisado o impacto de diferentes óleos essenciais no controle do fungo *P. pachyrhizi*, tanto em condições in vitro quanto in vivo. Os resultados demonstraram que, no teste in vivo, os óleos *Corymbia citriodora*, *Cymbopogon nardus*, *Azadirachta indica*, *Melaleuca alternifolia* e *Thymus vulgaris* pulverizando sete dias antes da inoculação e a cada vinte dias, promoveram controle significativo na severidade da ferrugem, não diferindo do fungicida à base de pyraclostrobin + epoxyconazole. Já no teste in vitro, os óleos de *Eucalyptus citriodora*, *C. nardus*, *A. indica* e *T. vulgaris* apresentaram inibição na germinação dos uredosporos do fungo, em concentrações de 1%, 0,5%, 1% e 0,3% (v/v), respectivamente.

O tratamento Manejo Eugenol + Químico III (tratamento 11), que consistiu em três aplicações de Eugenol na dose de 400 $mL.ha^{-1}$ e uma aplicação combinada com o fungicida Blavity, alcançou um controle de 75,5% da ferrugem. As aplicações isoladas de Eugenol (óleo essencial de cravo-da-índia) não foram tão eficientes quanto as aplicações de fungicidas e as combinações de fungicidas com Eugenol apresentando uma eficiência de controle que variou de 12,1% a 26,1% (Gráfico 1).

No entanto no estudo de Mesquini *et al*. (2011) investigaram a eficácia e o progresso da ferrugem asiática, em condições de campo, utilizando diferentes produtos alternativos. Após 123 dias do início do experimento, foi constatado que o tratamento com óleo essencial de *E. citriodora* alcançou um índice de controle de 61%.

Os óleos essenciais são cada vez mais usados no controle de doenças. Estudos sobre a ação antimicrobiana do eugenol demonstram a capacidade desse composto de causar a ruptura das membranas fúngicas e bacterianas (GILL, HOLLEY, 2006). Esses achados sugerem que o mecanismo antimicrobiano do eugenol está relacionado a danos na membrana celular. Como composto lipofílico, o eugenol pode se inserir entre as cadeias de ácidos graxos que constituem as bicamadas lipídicas das membranas, resultando em alteração na fluidez e na permeabilidade das mesmas (BRAGA *et al*., 2007). Portanto, a combinação de eugenol com fungicidas não apenas proporcionou um controle eficaz da doença, mas também se mostrou competitiva com os tratamentos com fungicidas convencionais, oferecendo uma alternativa promissora para o manejo de doenças na cultura.

GRÁFICO 2 – EFICIÊNCIA DE CONTROLE EM DIFERENTES TRATAMENTOS VISANDO O CONTROLE DA FERRUGEM-ASIÁTICA (*P. pachyrhizi*) NA CULTURA DA SOJA (*G. max*), CULTIVAR BMX ZEUS 55I57 RSF IPRO. PALMEIRA, PR, SAFRA 2023/2024.



FONTE: O Autor (2024).

Na primeira avaliação da desfolha da cultura, os tratamentos que combinaram Eugenol com fungicidas (tratamentos 3 e 10) não apresentaram incidência de desfolha, sendo estatisticamente semelhantes ao Padrão Positivo I e II. Contudo, esses tratamentos foram estatisticamente inferiores à Testemunha sem manejo, ao Padrão Multissítio e aos demais tratamentos (Tabela 5).

Na primeira avaliação da desfolha, constatou-se que as aplicações isoladas de Eugenol (tratamentos 6, 7 e 8), seguidas pelo tratamento com a combinação de Manejo Eugenol + Químico III (tratamento 11), também apresentaram médias de desfolha estatisticamente inferiores à da Testemunha sem manejo (Tabela 5).

Na segunda avaliação, realizada em 21DAE, todos os tratamentos aplicados para o controle da ferrugem-asiática apresentaram médias de desfolha significativamente inferiores em comparação à Testemunha. Observou-se que os tratamentos compostos pelas misturas de Eugenol e fungicidas (tratamentos 3 e 10) apresentaram resultados estatisticamente semelhantes entre si e ao padrão Positivo I. No entanto, esses tratamentos diferiram significativamente do Padrão Multissítio, que recebeu exclusivamente aplicações de Unizeb Gold e do Padrão Positivo II, que foi tratado com Unizeb Gold, Orkestra, Ativum e Blavity (Tabela 5).

Na última avaliação da desfolha, realizada aos 28DAE, todos os tratamentos que envolveram a aplicação de fungicidas, tanto de forma isolada quanto em associação com Eugenol a 99%, diferiram estatisticamente da Testemunha sem aplicação e dos tratamentos com Eugenol aplicado isoladamente. As médias de

desfolha variaram de 7,5% a 58,3%. Os tratamentos que combinaram Eugenol com fungicidas (tratamentos 3 e 10) apresentaram desfolha de 8,5% e 7,5%, respectivamente, diferenciando-se estatisticamente do Padrão Multissítio e do Padrão Positivo II, mas sendo estatisticamente equivalentes ao Padrão Positivo I (Tabela 5).

O tratamento 11, o que consistiu em três aplicações isoladas de Eugenol seguidas por uma aplicação combinada com o fungicida Blavity, apresentou resultados de desfolha estatisticamente semelhantes aos do Padrão Multissítio, o qual recebeu exclusivamente aplicações do fungicida Unizeb Gold, tanto aos 14 quanto aos 21 dias após a última aplicação (Tabela 5).

TABELA 5 - PORCENTAGEM DE DESFOLHA EM DIFERENTES TRATAMENTOS VISANDO O CONTROLE DA FERRUGEM-ASIÁTICA (*P. pachyrhizi*) NA CULTURA DA SOJA (*G. max*), CULTIVAR BMX ZEUS 55I57 RSF IPRO. PALMEIRA, PR, SAFRA 2023/2024

N°	Tratamentos	Época de aplicação	%Desfolha[1]		
			14DAE 08/02/24	21DAE 15/02/24	28DAE 22/02/24
1	Testemunha	-	11,0 a	49,0 a	97,3 a
2	Padrão Positivo I	ACE	0,0 e	0,0 f	10,5 e
3	Manejo Eugenol + Químico I	ACE	0,0 e	0,0 f	8,5 e
4	Padrão Multissítio	ABCDE	3,0 d	19,0 d	53,5 c
5	Manejo Eugenol Isolado	ABCDE	10,0 ab	47,5 b	97,0 a
6	Manejo Eugenol Isolado	ABCDE	8,3 bc	47,5 b	96,8 a
7	Manejo Eugenol Isolado	ABCDE	7,8 c	46,0 c	96,3 a
8	Manejo Eugenol Isolado	ABCDE	7,3 c	46,0 c	96,0 a
9	Padrão Positivo II	ABCDE	0,0 e	4,5 e	38,3 d
10	Manejo Eugenol + Químico II	ABCDE	0,0 e	0,0 f	7,5 e
11	Manejo Eugenol + Químico III	ABCD	2,3 d	19,0 d	58,3 b
	C.V. (%)[2]		16,6	2,0	2,2

1. Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.
2. Coeficiente de variação em porcentagem.

FONTE: O Autor (2024).

A produtividade e o peso de mil de grãos foram fortemente influenciados pelo manejo da ferrugem-asiática na cultura. Os tratamentos que utilizaram fungicidas, tanto isoladamente quanto em combinação com Eugenol, resultaram em rendimentos superiores em comparação à Testemunha sem aplicação e aos tratamentos que empregaram apenas Eugenol. Os ganhos de produtividade observados variaram de 41,4% a 91,7%, conforme detalhado na Tabela 6. Esses resultados indicam que o manejo eficaz da ferrugem-asiática, especialmente com o uso de fungicidas e suas combinações, é crucial para melhorar a produtividade e qualidade dos grãos.

O tratamento que combinou Eugenol com os fungicidas Orkestra, Ativum e Blavity (tratamento 3) resultou em uma produtividade média de 3109,0 kg/ha e um peso de mil grãos de 174,8 gramas. Esses resultados foram estatisticamente equivalentes ao Padrão Positivo I, mas diferiram significativamente do Padrão

Multissítio, que utilizou apenas Unizeb Gold, do Padrão Positivo II, bem como dos demais tratamentos avaliados (Tabela 6).

As misturas de Eugenol com fungicidas nos tratamentos 10 e 11 resultaram em aumentos de 48,0% e 41,4% de rendimentos de grãos, respectivamente, sendo estatisticamente semelhantes ao Padrão Multissítio e Padrão Positivo II, que apresentaram um aumento de 48,4%. Por outro lado, as aplicações isoladas de Eugenol para o controle da ferrugem-asiática não demonstraram diferenças significativas na produtividade e no peso de mil grãos em comparação à Testemunha sem manejo, com ganhos relativos variando entre 7,5% a 8,5% (Tabela 6).

A eficácia dos fungicidas e a combinação da mistura de fungicidas com eugenol no aumento da produtividade e do peso dos grãos pode ser atribuída à sua capacidade de controlar a ferrugem-asiática de forma mais eficiente. Estudos anteriores confirmam que fungicidas são eficazes no controle de doenças foliares e podem melhorar significativamente a qualidade e o rendimento das culturas (ADASKAVEG *et al*., 2024; KHALID *et al*., 2024).

A combinação de fungicidas com eugenol, pode ter proporcionado um feito sinérgico, potencializando o controle da ferrugem-asiática e resultando em ganhos em rendimentos dos grãos. Pesquisas indicam que o eugenol inibe efetivamente o crescimento de vários fungos patogênicos, como *Lasiodiplodia theobromae* e *Trichophyton rubrum*, ao interromper a integridade da membrana celular e afetar a síntese de ergosterol, que é crucial para a viabilidade fúngica (ALIABASI *et al*., 2023; SUN *et al*., 2023). Embora a combinação de eugenol com fungicidas químicos não tenha sido estudada nos trabalhos citados anteriormente, as evidências apontam que o eugenol pode melhorar a eficácia das estratégias de controle de doenças quando associado com fungicidas convencionais (THABREZ *et al*., 2024). Dessa forma, a incorporação do eugenol nas práticas de controle fitossanitário pode gerar efeito sinérgico, aprimorando as estratégias de manejo integrado da cultura da soja.

TABELA 6 - PRODUTIVIDADE, PESO DE 1000 GRÃOS E GANHO RELATIVO EM DIFERENTES TRATAMENTOS VISANDO O CONTROLE DA FERRUGEM-ASIÁTICA (*P. pachyrhizi*) NA CULTURA DA SOJA (*G. max*), CULTIVAR BMX ZEUS 55I57 RSF IPRO. PALMEIRA, PR, SAFRA 2023/2024.

N°	Tratamentos	Época de aplicação	Produtividade[1] Kg/ha		Peso de 1000 grãos[1] g 13/03/2024		Ganho Relativo %
1	Testemunha	-	1747,3	c	132,3	c	0,0
2	Padrão Positivo I	ACE	3350,4	a	175,0	a	91,7
3	Manejo Eugenol + Químico I	ACE	3109,0	a	174,8	a	77,9
4	Padrão Multissítio	ABCDE	2593,8	b	151,5	b	48,4
5	Manejo Eugenol Isolado	ABCDE	1877,7	c	133,0	c	7,5
6	Manejo Eugenol Isolado	ABCDE	1879,9	c	133,5	c	7,6
7	Manejo Eugenol Isolado	ABCDE	1891,7	c	133,6	c	8,3
8	Manejo Eugenol Isolado	ABCDE	1896,1	c	135,8	c	8,5
9	Padrão Positivo II	ABCDE	2593,2	b	154,2	b	48,4
10	Manejo Eugenol + Químico II	ABCDE	2585,5	b	158,1	b	48,0
11	Manejo Eugenol + Químico III	ABCD	2470,6	b	152,1	b	41,4
	C.V. (%)[2]		5,7		4,0		

1. Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.
2. Coeficiente de variação em porcentagem.

FONTE: O Autor (2024).

Aos sete dias após a primeira e a segunda aplicação não foram constatados sintomas de fitotoxidez na cultura da soja. No entanto, aos sete dias após a terceira e a quarta aplicação (7DAC e 7DAD), verificaram-se sintomas de fitotoxicidade exclusivamente no tratamento 10 (Manejo Eugenol + Químico II), com médias de 4,5% a 2,5%, respectivamente (Tabela 7).

TABELA 8 - PORCENTAGEM FITOTOXICIDADE EM DIFERENTES TRATAMENTOS VISANDO O CONTROLE DA FERRUGEM-ASIÁTICA (*P. pachyrhizi*) NA CULTURA DA SOJA (*G. max*), CULTIVAR BMX ZEUS 55I57 RSF IPRO. PALMEIRA, PR, SAFRA 2023/2024.

N°	Tratamentos	Época de aplicação	Fitotoxicidade (%)[1] 7DAA 04/01/24		7DAB 11/01/24		7DAC 18/01/24		7DAD 25/01/24	
1	Testemunha	-	0,0	n.s.[3]	0,0	n.s.[3]	0,0	b	0,0	b
2	Padrão Positivo I	ACE	0,0		0,0		0,0	b	0,0	b
3	Manejo Eugenol + QuímicoI	ACE	0,0		0,0		0,0	b	0,0	b
4	Padrão Multissítio	ABCDE	0,0		0,0		0,0	b	0,0	b
5	Manejo Eugenol Isolado	ABCDE	0,0		0,0		0,0	b	0,0	b
6	Manejo Eugenol Isolado	ABCDE	0,0		0,0		0,0	b	0,0	b
7	Manejo Eugenol Isolado	ABCDE	0,0		0,0		0,0	b	0,0	b
8	Manejo Eugenol Isolado	ABCDE	0,0		0,0		0,0	b	0,0	b
9	Padrão Positivo II	ABCDE	0,0		0,0		0,0	b	0,0	b
10	Manejo Eugenol + Químico II	ABCDE	0,0		0,0		4,5	a	2,5	a
11	Manejo Eugenol + Químico III	ABCD	0,0		0,0		0,0	b	0,0	b
	C.V. (%)[2]		0,0		0,0		3,3		4,3	

1. Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.
2. Coeficiente de variação em porcentagem.
3. n.s. = Não Significativo.

FONTE: O Autor (2024).

Nas avaliações realizadas entre 7 a 28DAE, foram observados sintomas de leves de fitotoxicidade nos tratamentos que combinaram Eugenol com fungicidas

(tratamentos 3 e 10) e no tratamento Padrão Positivo I, com médias variando de 2,5% a 10% (Tabela 8).

TABELA 8 - PORCENTAGEM FITOTOXICIDADE EM DIFERENTES TRATAMENTOS VISANDO O CONTROLE DA FERRUGEM-ASIÁTICA (*P. pachyrhizi*) NA CULTURA DA SOJA (*G. max*), CULTIVAR BMX ZEUS 55I57 RSF IPRO. PALMEIRA, PR, SAFRA 2023/2024.

N°	Tratamentos	Época de aplicação	Fitotoxicidade (%)[1]							
			7DAE 01/01/24		14DAE 08/02/24		21DAE 15/02/24		28DAE 22/02/24	
1	Testemunha	-	0,0	c	0,0	d	0,0	c	0,0	c
2	Padrão Positivo I	ACE	2,8	b	4,5	c	7,0	b	7,3	b
3	Manejo Eugenol + Químico I	ACE	2,5	b	5,5	b	9,0	a	9,5	a
4	Padrão Multissítio	ABCDE	0,0	c	0,0	d	0,0	c	0,0	c
5	Manejo Eugenol Isolado	ABCDE	0,0	c	0,0	d	0,0	c	0,0	c
6	Manejo Eugenol Isolado	ABCDE	0,0	c	0,0	d	0,0	c	0,0	c
7	Manejo Eugenol Isolado	ABCDE	0,0	c	0,0	d	0,0	c	0,0	c
8	Manejo Eugenol Isolado	ABCDE	0,0	c	0,0	d	0,0	c	0,0	c
9	Padrão Positivo II	ABCDE	0,0	c	0,0	d	0,0	c	0,0	c
10	Manejo Eugenol + Químico II	ABCDE	4,3	a	7,0	a	9,5	a	10,0	a
11	Manejo Eugenol + Químico III	ABCD	0,0	c	0,0	d	0,0	c	0,0	c
	C.V. (%)[2]		7,3		4,5		5,4		3,4	

1. Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.
2. Coeficiente de variação em porcentagem.

FONTE: O Autor (2024).

4 CONCLUSÕES

O óleo essencial de cravo-da-índia (Eugenol 99%), quando associado a fungicidas e aplicado de forma preventiva, demonstrou um potencial significativo para o controle alternativo da ferrugem-asiática da soja, com eficiência variando de 75,5% a 98,8%. Aplicações isoladas de Eugenol 99% ofereceram controle de até 26,1% na maior dose testada.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **J. Econ. Entomol**., v.18, p.265-267, 1925.

ADASKAVEG, J.E. *et al*. New fungicides for managing Phytophthora diseases of tree crops with foliar and soil applications. **J Plant Dis Prot**., v. 131, p.1203–1209, 2024.

AFFONSO, R. S. *et al*. Aspectos Químicos e Biológicos do Óleo Essencial de Cravo da Índia. **Revista Virtual Química**, v. 4, n. 2, p. 146-161, 2012.

ALIABASI, S. *et al*. Eugenol Effectively Inhibits *Trichophyton rubrum* Growth via Affecting Ergosterol Synthesis, Keratinase Activity, and SUB3 Gene Expression. **Journal of Herbal Medicine**, v.42, p.100768, 2023.

BAIOTTO, C.S. *et al*. Antifungal effect of essential oils on control of phytopathogens in stored soybean seeds. Rev. Bras. **Eng. Agríc. Ambiental**, v.27, n.4, p.272-278, 2023.

BIGATON, D. *et al*. Avaliação da atividade fungicida de extratos e óleos essenciais sobre ferrugem asiática da soja. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.4, 2013.

BRAGA, P.C. *et al*. Eugenol and thymol, alone or in combination, induce morphological alterations in the envelope of *Candida albicans*. **Fitoterapia**, v.78, p.396-400, 2007.

CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A., GODOY, C. V. SASM - Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft - Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v.1, n.2, 2001. p.18-24.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. Brasília, DF, v.11, safra 2023/24, n.10, décimo levantamento, p.1-120, julho. 2024. Disponível em:< https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos.> Acesso em: 07 de ago.2024.

CORTES-ROJAS, D. F. *et al*. Clove (*Syzygium aromaticum*): A precious spice. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 4, p. 90- 96, 2014.

COSTA, A.R.T. *et al*. Ação do óleo essencial de *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M. Perry sobre as hifas de alguns fungos fitopatogênicos. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.13, n.2, p.240- 245, 2011.

DALCIN, M.S. *et al*. Botanical fungicides in the control of soybean leaf diseases. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.4, p. 37715-37733, 2021.

DE LA PARTE, E. M. *et al*. *Phakopsora pachyrhizi* y *P. meibomiae* en Cuba: distribución y cultivo hospedantes. **Fitosanidad**, v. 19, n. 3, p. 221-225, 2015.

EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL (EWRC). Report of the 3rd and 4th meetings of EWRC Comittee of Methods in Weed Research. **Weed Research**, v. 4, p. 88, 1964.

FRANCESCHI, V.T. *et al*. A New Standard Area Diagram Set for Assessment of Severity of Soybean Rust Improves Accuracy of Estimates and Optimizes Resource Use. **Plant Pathology**, v.69, n.3, p.495-505, 2020.

GILL, A.O., HOLLEY. R.A. Inhibition of membrane bound ATPase of *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes* by plant oil aromatics. **International Journal of Food Microbiology**, v.111, p.170-174, 2006.

GODOY, C. V.*et al*. **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2019/2020: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos**. Londrina, PR: Embrapa, 2020. 19 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 160). Disponível em< https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1145904/1/Circ-Tec-187.pdf.> Acesso em: 26 de mar.2024.

HARO-GONZÁLEZ, J.N. *et al*. Clove essential oil (*syzygium aromaticum* l. myrtaceae): extraction, chemical composition, food applications, and essential bioactivity for human health. **Molecules**, v.26, n.21, p.6387, 2021.

HARTMAN, G. *et al*. **Compendium of soybean diseases**. Saint Paul: APS, 1999. 128 p.

HARTMAN, G. L. *et al*. In: HARTMAN, G. L. *et al*. **Compendium of soybean diseases and pests**. (Ed.). Saint Paul: APS Press, 5th ed, p. 56-59, 2015.

HIRANO, M. *et al*. Validação de escala diagramática para estimativa de desfolha provocada pela ferrugem asiática em soja. **Summa Phytopathologica**, v.36, n.3, p.248-250, 2010.

KHALID, A.K. *et al*. Assessment of Hexaconazole Fungicide's Impact on Root Growth and Stomatal Characteristics of *Allium cepa* L. **Catrina**, v.30, n.1, p.93-99, 2024.

MASSI, F.*et al*. Fungicide Resistance Evolution and Detection in Plant Pathogens: *Plasmopara viticola* as a Case Study. **Microorganisms**., v.9, n.1, p.119, 2021.

MEDICE, R. *et al*. Óleos essenciais no controle da ferrugem asiática da soja *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 1, p. 83-90, 2007.

MELCHING, J. S. et al. Effects of duration, frequency, and temperature of leaf wetness periods on soybean rust. **Plant Disease**, v. 73, p. 117-122, 1989.

MESQUINI, R. M. *et al*. Controle e progresso temporal da ferrugem asiática da soja sob controle alternativo em campo. **Summa Phytopathologica**, v. 37, n. 1, p. 24-29, 2011.

NITSCHE, P. R. *et al*. **Atlas climático do estado do Paraná**. Londrina (PR): Instituto Agronômico do Paraná, 2019. 210 p. Disponível em< https://www.idrparana.pr.gov.br/system/files/publico/agrometeorologia/atlas-climatico/atlas-climatico-do-parana-2019.pdf.> Acesso em: 26 de mar.2024.

RAZAFIMAMONJISON, G. *et al*. Bud, leaf and stem essential oil composition of clove (*Syzygium aromaticum* L.) from Indonesia, Madagascar and Zanzibar. **International Journal of Basic and Applied Sciences**, v.3, n.3, p.224-233, 2014.

REIS, E. M. Sobre os hospedeiros de *Phakopsora pachyrhizi*, no Brasil. **Summa Phytopathologica**, v.45, p.113-113, 2019.

SANTOS, H.G. *et al*. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5.ed, rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SHANER, G., FINNEY, R.E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildwing in knox wheat. **Phytopathology**, n.67, p.1051-55, 1977.

SILVA, A.C. *et al.* Essential oils for preventative treatment and control of Asian soybean rust. **Eur J Plant Pathol.**, v.134, p.865–871, 2012.

SILVA, C. *et al*. Essential oils from *Hyptis marrubioides*, *Aloysia gratissima* and *Cordia verbenacea* reduce the progress of Asian soybean rust. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.36, n.2, p.159-166, 2014.

SUMARTINI, S. Efikasi Campuran Minyak Cengkeh Dan Ekstrak Biji Mimba Untuk Pengendalian Penyakit Karat (*Phakopsora Pachyrhizi*) Pada Kedelai (*Glycine Max*). **Jurnal Hama e Penyakit Tumbuhan Tropika**, v.16, n.1, p.82-89, 2016.

SUMARTINI, S. Rust disease on soybean and its environmentally-friendly control measure. (In Indonesian.). **Jurnal Litbang Pertanian**, v.29, n.3, p.107–112, 2010.

SUN, Y. *et al*. The Inhibitory Mechanism of Eugenol on *Lasiodiplodia theobromae* and Its Induced Disease Resistance of Passion Fruit. **Agronomy**, v.13, p.1408, 2023.

TAHERI, P. *et al*. Application of essential oils to control some important fungi and bacteria pathogenic on cereals. **Journal of Natural Pesticide Research**, v.6, p.1-18, 2023.

THABREZ, M.D. *et al*. Disease control strategies for Knol-Khol: Bio-agents, botanicals, and chemical fungicides. **Int J Adv Biochem Res**., v.8, n.4, p.343-345, 2024.