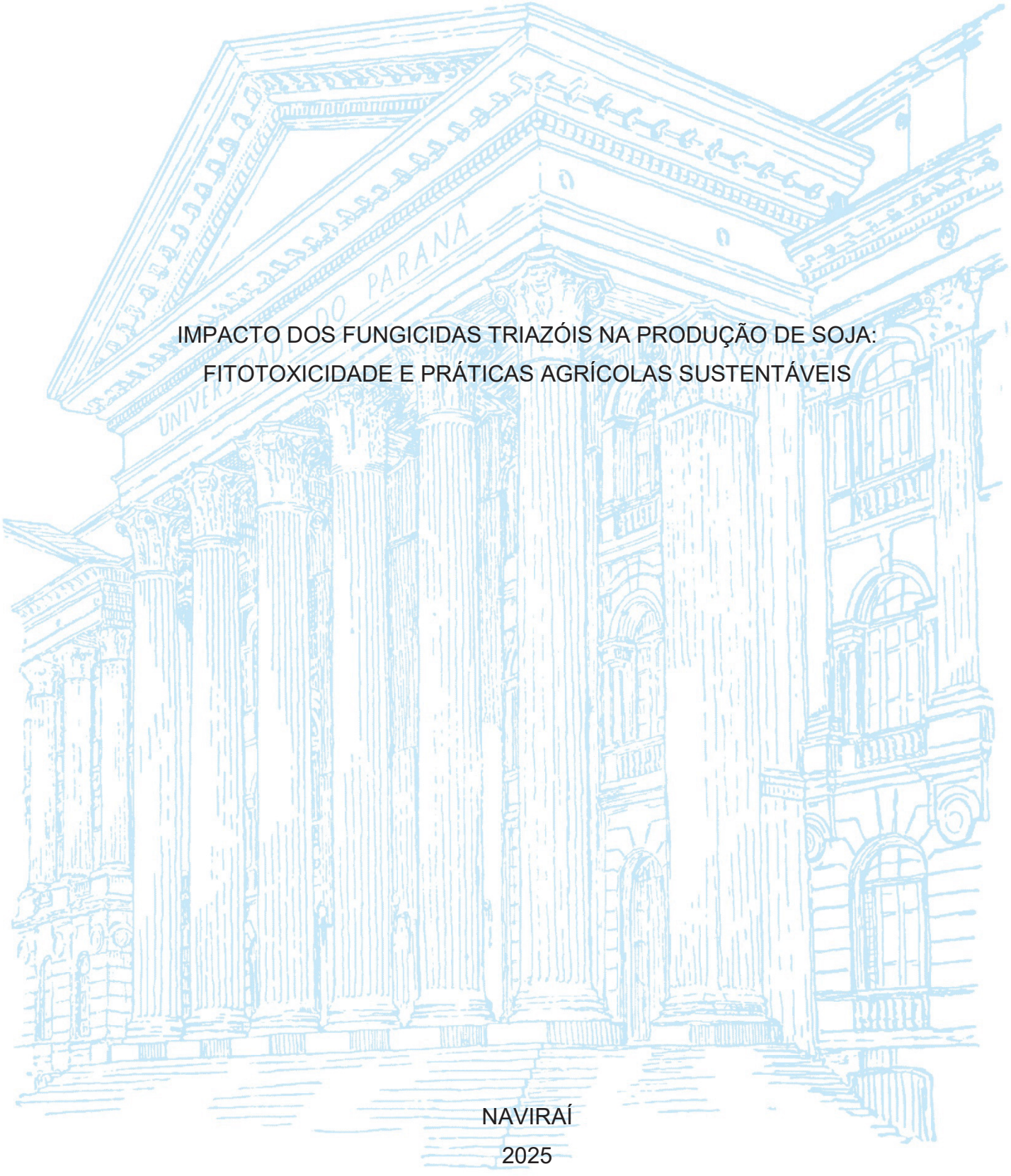
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ARTHUR FERREIRA SOUSA PRADO



IMPACTO DOS FUNGICIDAS TRIAZÓIS NA PRODUÇÃO DE SOJA: FITOTOXICIDADE E PRÁTICAS AGRÍCOLAS SUSTENTÁVEIS

NAVIRAÍ

2025

ARTHUR FERREIRA SOUSA PRADO

IMPACTO DOS FUNGICIDAS TRIAZÓIS NA PRODUÇÃO DE SOJA: FITOTOXICIDADE E PRÁTICAS AGRÍCOLAS SUSTENTÁVEIS

Trabalho de Conclusão 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.

Orientadora: Prof[a.] Dra. Cristiana Maia de Oliveira

NAVIRAÍ

2025

RESUMO

A soja (*Glycine max* L.) é uma cultura de grande importância para a economia e segurança alimentar global. Apesar de sua lucratividade, enfrenta sérios desafios, como a ferrugem asiática, causada por *Phakopsora pachyrhizi*, que compromete drasticamente a produtividade. Para controlar essa doença, fungicidas triazóis, como tebuconazol e protioconazol, são amplamente utilizados. Contudo, o uso excessivo desses produtos pode levar à fitotoxicidade, manifestada por sintomas como clorose, necrose e redução no crescimento, afetando diretamente a qualidade e a rentabilidade da produção. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sistemática para avaliar os efeitos fitotóxicos dos fungicidas triazóis na soja, investigando estratégias de manejo que reduzam tais impactos na produtividade e promovam a sustentabilidade na produção agrícola. A pesquisa abrangeu a busca de trabalhos científicos no período de 2013 a 2023, nas bases de dados Google Acadêmico, SciELO e Portal de Periódicos CAPES, utilizando as palavras-chave: fungicidas triazóis, fitotoxicidade na soja, manejo de doenças na soja, controle da ferrugem asiática, sustentabilidade no uso de fungicidas e impactos na produtividade da soja. Foram selecionados 33 artigos abordando mecanismos de ação, resistência a fungicidas, impactos da fitotoxicidade, estratégias de manejo sustentável e efeitos na produtividade da cultura. Desses, 22 artigos foram selecionados para embasar a discussão, devido à sua relevância e contribuição para os objetivos do estudo. Nesse contexto, torna-se essencial compreender os riscos associados à fitotoxicidade dos fungicidas triazóis e adotar práticas de manejo que garantam a sustentabilidade da cultura no futuro. Assim, este trabalho busca contribuir para uma gestão consciente e eficaz da produção de soja, promovendo a conservação da qualidade e a sustentabilidade agrícola.

Palavras-chave: *Glicine max* L., Controle químico, Sustentabilidade, Revisão bibliográfica

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max* L.) is a crop of great importance for the global economy and food security. Despite its profitability, it faces serious challenges, such as Asian rust, caused by *Phakopsora pachyrhizi*, which drastically compromises productivity. To control this disease, triazole fungicides, such as tebuconazole and prothioconazole, are widely used. However, excessive use of these products can lead to phytotoxicity, manifested by symptoms such as chlorosis, necrosis and reduced growth, directly affecting the quality and profitability of production. Therefore, the objective of this study was to conduct a systematic literature review to evaluate the phytotoxic effects of triazole fungicides on soybean, investigating management strategies that reduce such impacts on productivity and promote sustainability in agricultural production. The research included the search for scientific papers from 2013 to 2023, in the Google Scholar, SciELO and CAPES Journal Portal databases, using the keywords: triazole fungicides, phytotoxicity in soybeans, disease management in soybeans, control of Asian rust, sustainability in the use of fungicides and impacts on soybean productivity. Twenty-two articles were selected, addressing mechanisms of action, resistance to fungicides, impacts of phytotoxicity, sustainable management strategies and effects on crop productivity. In this context, it is essential to understand the risks

associated with the phytotoxicity of triazole fungicides and to adopt management practices that ensure the sustainability of the crop in the future. Thus, this work seeks to contribute to a conscious and effective management of soybean production, promoting the conservation of quality and agricultural sustainability.

Keywords: *Glicine max* L., Chemical control, Sustainability, Literature review

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 — CLOROSE E NECROSE INTERNERVAL CAUSADAS PELA FITOTOXICIDADE DO TRIAZOL**Erro! Indicador não definido.**12
FIGURA 2 — SINTOMA DE FITOTOXICIDADE NO TECIDO DA PLANTA CLOROSE E NECROSE INTERNERVAL CAUSADAS PELA FITOTOXICIDADE DO TRIAZOL**Erro! Indicador não definido.**13
FIGURA 3 — CLOROSE E NECROSE INTERNERVAL CAUSADAS PELA FITOTOXICIDADE DO TRIAZOL **Erro! Indicador não definido.**13

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento
IBE - Inibidores da Biossíntese de Ergosterol
QoI - Inibidores da Quinona Oxidase
CYP51 - Citocromo P450 14α-desmetilase
MPA - Aminometilfosfônico (Metabolito do Glifosato)

Sumário

1 INTRODUÇÃO 6
1.1 JUSTIFICATIVA 7
1.2 OBJETIVOS 8
1.2.1 Objetivo geral 8
1.2.2 Objetivos específicos 8
2 METODOLOGIA 9
2.1 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DOS ESTUDOS 9
3 REVISÃO DE LITERATURA 10
3.1 FUNGICIDAS TRIAZÓIS: MECANISMOS DE AÇÃO E APLICAÇÕES 10
3.2 FITOTOXICIDADE CAUSADA POR FUNGICIDAS TRIAZÓIS 12
3.2.1 Sintomas de Fitotoxicidade na Soja 12
3.2.2 Impactos da Fitotoxicidade na Produtividade 15
3.3 ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO DA FITOTOXICIDADE 17
3.3.1 Aplicação Cuidadosa de Fungicidas 17
3.3.2 Consideração das Condições Ambientais 17
3.3.3 Seleção Adequada de Doses e Produtos Químicos 18
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO 18
4.1 FITOTOXICIDADE E SEUS IMPACTOS NA PRODUTIVIDADE 22
4.2 FATORES QUE INFLUENCIAM A FITOTOXICIDADE 22
4.3 ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO 23
4.4 IMPLICAÇÕES PRÁTICAS PARA OS PRODUTORES 23
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 24
5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 25
6 REFERÊNCIAS 25

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) é uma das culturas mais importantes e valiosas do mundo, sendo uma das principais commodities agrícolas do Brasil. O país se destaca como um dos maiores produtores e exportadores de soja, desempenhando papel fundamental na economia global. Os grãos de soja possuem alto valor econômico, sendo fundamentais para a alimentação humana e animal. Além disso, a soja é uma planta anual que fornece óleos vegetais e proteínas, com ampla utilização na indústria de alimentos e produtos industriais. A cultura também gera milhões de empregos diretos e indiretos, contribuindo significativamente para o desenvolvimento econômico. Sua produção tem um impacto positivo nas exportações e no balanço comercial brasileiro, reforçando sua posição estratégica nas relações comerciais internacionais (CONAB, 2023).

O controle de doenças é um aspecto crítico da gestão da soja, visando tanto a produção quanto a manutenção da qualidade do grão para comercialização. Entre os vários métodos utilizados, destaca-se o controle de doenças foliares, especialmente a ferrugem da soja, que tem sido uma das principais preocupações. Diversas ferramentas são utilizadas como os fungicidas triazóis, que ocupam uma posição de destaque entre as soluções de manejo bem-sucedidas. Por exemplo, os produtos químicos tebuconazol ou protioconazol são amplamente utilizados pelos agricultores, por serem inibidores da síntese de ergosterol pelos fungos (Khalil; Mercer; Wang, 1990).

O ergosterol tem função vital nos fungos, pois é um dos componentes da membrana plasmática (Amorim, 2018), portanto, uma vez que é inibida a produção ergosterol pelo fungo, não haverá sobrevivência. O uso excessivo de triazóis, foi um dos fatores que contribuíram para o aumento da resistência do patógeno. Além disso, sua ingestão imprudente nos tecidos das plantas agrícolas pode causar fitotoxicidade, isto é, envenenamento sistêmico, levando a uma alteração morfológica aparente nos tecidos das plantas agrícolas (Scherm et al., 2009).

A fitotoxicidade é outra questão que está sendo associada ao uso de fungicidas triazólicos, e os sintomas podem incluir clorose, necrose e supressão do crescimento nas plantas de soja. O impacto adverso é ainda mais significativo em condições de estresse, como a umidade excessiva e temperaturas elevadas, já que intensificam os danos à planta (Kassel, 2006). Isso não só atrasa o crescimento da

planta, mas também pode resultar em uma perda substancial de rendimento de grãos, o que se traduz diretamente nos lucros dos produtores (Swoboda; Pedersen, 2009).

No Brasil, quando as condições edafoclimáticas são muito diversas entre regiões produtoras, o manejo da fitotoxicidade é ainda mais desafiador e crítico para a sustentabilidade da produção de soja.

Além dos impactos diretos na saúde das plantas e na produtividade, a fitotoxicidade causada pelos fungicidas triazóis pode afetar outros aspectos do manejo agrícola. Os sintomas de fitotoxicidade muitas vezes se confundem com os de doenças ou deficiências nutricionais, o que pode resultar em diagnósticos equivocados. Isso, por sua vez, leva à aplicação inadequada de tratamentos, incluindo o uso excessivo de produtos químicos, que não resolvem o problema e podem agravar a situação. Assim, os custos aumentam, e o risco de danos ao meio ambiente também cresce (Swoboda; Pedersen, 2009). Além disso, quando esses sintomas surgem, a qualidade final dos grãos de soja pode ser comprometida, reduzindo seu valor de mercado e prejudicando a competitividade dos produtores brasileiros no mercado internacional.

Portanto, é fundamental que agricultores e técnicos agrícolas estejam bem informados sobre os riscos associados ao uso de fungicidas triazóis, assim como sobre as melhores práticas para mitigar esses efeitos. A pesquisa nessa área não apenas contribui para a melhoria das práticas agrícolas, mas também promove a sustentabilidade da produção de soja a longo prazo. Assim, garantimos que essa cultura continue sendo uma fonte fundamental de alimento e renda pra milhões de pessoas no Brasil e no mundo afora.

1.1 JUSTIFICATIVA

A cultura da soja representa um papel crucial para a economia do Brasil. sendo uma das principais exportações do país e uma fonte vital de proteína vegetal para a alimentação humana e animal. No entanto, a produção de soja enfrenta desafios, especialmente no controle de doenças foliares, que podem comprometer significativamente a produtividade (Vieira Filho, 2024). Para combater essas doenças, os fungicidas triazólicos são amplamente utilizados, devido à sua eficácia no tratamento de doenças como a ferrugem asiática da soja. No entanto, quando

aplicados de forma inadequada, esses fungicidas podem causar fitotoxicidade, prejudicando o crescimento das plantas e afetando o rendimento da colheita (Godoy et al., 2023).

É essencial adotar estratégias de manejo integradas para mitigar os impactos negativos associados ao uso de fungicidas na produção de soja, garantindo a sustentabilidade do setor no Brasil. Práticas agrícolas adequadas, como o monitoramento rigoroso de doenças, a rotação de culturas, a aplicação criteriosa de defensivos e o uso de variedades resistentes, são fundamentais para manter as plantas saudáveis e maximizar a produtividade. Contudo, o uso inadequado de fungicidas apresenta riscos significativos, como o desenvolvimento de resistência por parte dos patógenos, a aplicação excessiva que pode causar fitotoxicidade, e a contaminação ambiental, afetando ecossistemas e a saúde humana (Pereira et al., 2018).

Nesse contexto, é fundamental que agricultores e técnicos compreendam os riscos associados ao uso de fungicidas triazóis e adotem as melhores práticas para minimizar esses efeitos. A pesquisa nesta área contribui não apenas para a melhoria das práticas agrícolas, mas também para a sustentabilidade a longo prazo da produção de soja. Dessa forma, assegura-se que essa cultura continue sendo uma fonte essencial de alimento e renda, tanto para milhões de pessoas no Brasil quanto no exterior.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sistemática para avaliar os efeitos fitotóxicos dos fungicidas triazóis na soja, investigando estratégias de manejo que reduzam tais impactos na produtividade e promovam a sustentabilidade na produção agrícola.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analisar, por meio de uma revisão de literatura, os principais sintomas de fitotoxicidade causados por fungicidas triazóis em plantas de soja.
- Investigar as condições ambientais que podem agravar a fitotoxicidade em lavouras de soja.
- Avaliar, a partir da literatura, o impacto da fitotoxicidade na produtividade e qualidade dos grãos de soja.
- Propor estratégias de manejo, com base nos trabalhos acadêmicos, que reduzam os efeitos fitotóxicos dos fungicidas triazóis, promovendo um controle eficaz de doenças sem comprometer o rendimento das lavouras.

2 METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido como um estudo exploratório, por meio de uma pesquisa bibliográfica, que, conforme Gil, (2008), “é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído de livros e artigos científicos”.

Essa abordagem foi escolhida devido à necessidade de compreender de forma ampla os efeitos da fitotoxicidade causada por fungicidas triazóis na soja, bem como avaliar as estratégias de manejo que podem mitigar esses efeitos.

2.1 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DOS ESTUDOS

Os trabalhos científicos utilizados na revisão foram selecionados com base em critérios específicos para assegurar a relevância e a credibilidade das informações. Foram priorizados artigos publicados em revistas científicas revisadas por pares e capítulos de livros conceituados nas áreas de agronomia e ciências agrícolas. Além disso, algumas imagens foram coletadas em sites especializados na área.

Dentre os critérios de inclusão, foi selecionado artigos que discutiram diretamente as consequências do uso dos fungicidas triazóis na soja, envolvendo a fitotoxicidade.

Para a pesquisa de artigos, foram utilizadas as palavras-chave específicas sobre os temas como “fungicidas triazóis”, “fitotoxicidade na soja”, “manejo de doenças soja”, “controle da ferrugem asiática”, “uso de fungicidas para

sustentabilidade", "impactos dos fungicidas na produtividade de soja". As palavras-chave, dessa forma, direcionaram as fontes de pesquisa para diversas publicações.

Embora a pesquisa tenha priorizado artigos publicados nos últimos dez anos (2013 a 2023), também foram incluídos estudos mais antigos que se destacam pela relevância e impacto na compreensão dos fungicidas triazóis e de suas consequências para a cultura da soja, oferecendo uma visão abrangente dos avanços e desafios no uso desses produtos ao longo do tempo.

A coleta de dados foi realizada em várias bases de dados acadêmicas e fontes bibliográficas especializadas. As principais bases de dados consultadas foram o Google Acadêmico, Scopus, Portal de Periódicos Capes e Scielo que forneceram acesso a uma ampla gama de artigos científicos e revisões relevantes.

Além dessas bases de dados, foi feita uma extensa revisão de livros e manuais técnicos de referência na área de fitopatologia e manejo agrícola, disponíveis em bibliotecas universitárias e em plataformas digitais de acesso a livros acadêmicos. Também foram considerados documentos técnicos e relatórios de instituições brasileiras, como a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e a CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), para complementar as informações com dados locais específicos sobre a produção de soja no Brasil.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 FUNGICIDAS TRIAZÓIS: MECANISMOS DE AÇÃO E APLICAÇÕES

Os fungicidas triazólicos são compostos sistêmicos amplamente aplicados na agricultura devido à sua atividade contra a maioria das doenças fúngicas. Estes se enquadram na classe de fungicidas Inibidores da Biossíntese de Ergosterol (IBEs). O ergosterol é um componente vital da membrana celular dos fungos. O mecanismo dos triazóis baseia-se na inibição da etapa de desmetilação pela enzima 14α-desmetilase, responsável pela síntese do ergosterol a partir do lanosterol na via de biossíntese do ergosterol (Becher; Wirsel, 2012).

Os triazóis impedem esse processo ao inibir essa enzima e, portanto, interrompem a produção de ergosterol ao negar o precursor do ergosterol do fungo, ao mesmo tempo que impedem que outras organizações os utilizem como fontes de

energia (Bartlett et al., 2002). O próprio ergosterol não pode ser utilizado como fonte de energia, mas ajuda a comprometer a integridade celular se não for sustentado. O ergosterol atua como uma molécula chave na preservação da integridade da membrana, reduzindo a sua permeabilidade; portanto, a falta dela torna a membrana insustentavelmente permeável a compostos ou microrganismos, matando assim os fungos devido à limitação de nutrientes e às condições desfavoráveis (Gonçalves; Silva; Pereira, 2023).

Na agricultura, os fungicidas triazólicos são amplamente aplicados para controlar doenças foliares em diversas culturas. Na soja, eles se saem muito bem no controle da mancha-alvo causada por *Corynespora cassiicola* e do oídio causado por *Erysiphe diffusa*. Os triazóis, também atuam no controle da ferrugem asiática, além de outras doenças que acometem a cultura da soja. Geralmente, esses fungicidas são aplicados em estágios críticos do desenvolvimento da planta – na floração (R1) e no início da formação dos frutos (R3) para fornecer proteção máxima durante o período crítico de suscetibilidade da planta (Reis; Carregal; Zanatta, 2019).

Dentre os fungicidas triazólicos mais utilizados na agricultura, com destaque para o cultivo da soja estão: protioconazol, tebuconazol e metconazol. O protioconazol é um dos triazóis mais novos e eficazes; destaca-se pela excelente atividade sistêmica e amplo espectro de controle de patógenos. É comumente utilizado em misturas com outros fungicidas para aumentar a eficácia e reduzir os riscos de resistência (Mcgregor; Solecki, 2010).

O tebuconazol é amplamente utilizado em diversas culturas e é reconhecido por sua eficácia contra a ferrugem, entre outras doenças foliares. Atua sistemicamente, o que permite proteção em novas áreas de crescimento, além da atividade curativa em locais já infectados (Reis; Carregal; Zanatta, 2019).

O metconazol representa outro importante derivado triazólico, pois proporciona controle eficiente contra diversas doenças fúngicas. Uma das vantagens desse fungicida é o seu uso especialmente em regiões caracterizadas por alta pressão de doenças quando é necessária uma ação de controle firme e durável (Scherm et al., 2009).

Estudos realizados no Brasil por autores como Godoy; Koga e Canteri (2006) mostraram a importância desses fungicidas no controle e manejo eficaz

contra a ferrugem asiática. Essa doença quando não controlada e atinge estádios avançados pode resultar em perdas significativas da produtividade.

A associação dos triazóis com outros grupos de fungicidas, exemplo estrobilurinas, tem sido frequente para evitar resistências e também para tornar-se um tratamento eficaz por mais tempo. Contudo, esta estratégia deve ser considerada com cuidado para não aumentar ainda mais a seletividade dos patógenos, levando à resistência (Reis; Carregal; Zanatta, 2019).

Os fungicidas triazólicos são conhecidos por sua alta eficácia, ação sistêmica e longo período de proteção. Por outro lado, a resistência é um dos maiores desafios associados à utilização deste grupo de fungicidas. Os compostos triazólicos são amplamente utilizados, mas o uso contínuo tem contribuído para a seleção de populações de fungos resistentes, reduzindo sua eficácia no manejo de doenças (Brent; Hollomon, 1998). A evolução da resistência aos fungicidas tornou-se um desafio significativo na agricultura moderna.

3.2 FITOTOXICIDADE CAUSADA POR FUNGICIDAS TRIAZÓIS

3.2.1 Sintomas de Fitotoxicidade na Soja

A fitotoxicidade é um problema que pode se agravar sob estresse ambiental considerável, como alta umidade e temperaturas elevadas. Aplicações inadequadas ou excessivas de triazóis podem causar danos às plantas como no impacto negativo na produção e qualidade dos grãos (Swoboda & Pedersen 2009). Autores como Zhang et al., (2007) enfatizam que é muito importante escolher o momento certo de aplicação e dosagem para não provocar esses efeitos colaterais.

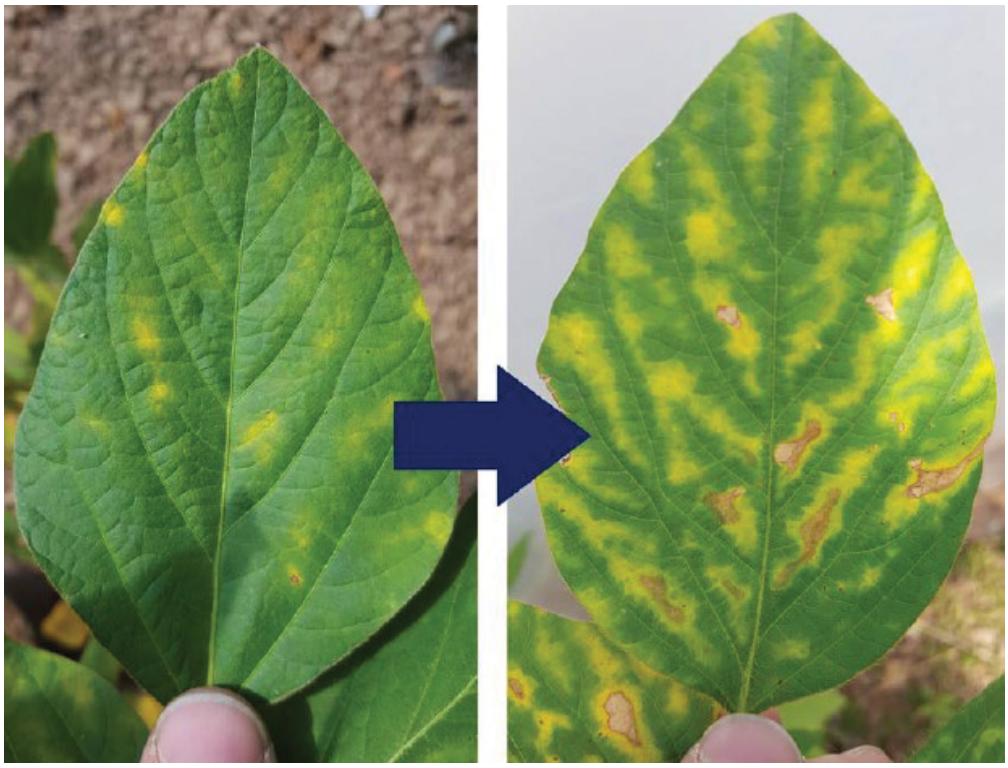
A clorose é um dos primeiros sintomas de fitotoxicidade em soja tratada com altas doses de triazóis. Esta se manifesta com a perda da cor verde das folhas, que ficam amareladas devido à degradação da clorofila (Figura 1).

Figura 1 -Sintomas de fitotoxidade em folhas de feijão.

FONTE: ELEVAGRO (2022).

A clorose ocorre principalmente nas folhas mais jovens e pode ser agravada por algumas condições ambientais, como muita luz e altas temperaturas Bradley; Sweets, 2008). A diminuição da atividade fotossintética após a clorose tem muitas implicações no desenvolvimento das plantas como na perda de vigor e redução do crescimento (Figura 2).

Figura 2 – Sintoma de fitotoxicidade no tecido da planta.



FONTE: ELEVAGRO (2023).

Outro sintoma comum da fitotoxicidade do triazol é a necrose. Isto aparece como manchas escuras e áreas mortas nas folhas ou outras partes da planta (Figuras 2 e 3).

Figura 3 – Clorose e necrose internerval causadas pela fitotoxicidade do triazol

FONTE: Broderick (2021).

A necrose reflete o estágio mais avançado da fitotoxicidade porque significa que o dano celular se tornou irreversível. A deposição destas toxinas induzidas por triazóis sob condições de estresse pode levar a uma reação oxidativa descontrolada, o que resulta nessa sintomatologia (Reddy; RImando; Duke, 2004). Esse sintoma é muito prejudicial, pois além de reduzir a área fotossinteticamente ativa, abre portas para patógenos oportunistas que pioram ainda mais o estado da planta.

A fitotoxicidade dos fungicidas Triazólicos é uma interação complicada resultante da inadequação da combinação de aspectos ambientais e más práticas de manejo. Fatores ambientais, como condições climáticas adversas (temperatura extrema, alta umidade relativa e radiação solar) podem piorar o efeito fitotóxico aos triazóis (Baibakova et al., 2019).

Esses fatores intensificam o estresse oxidativo nas plantas, e, combinados com o uso de fungicidas, podem agravar os danos celulares. A aplicação em momentos inadequados, especialmente sob alta intensidade solar, aumenta a absorção química pelos estômatos, intensificando a toxicidade.

A fitotoxicidade destaca a importância das práticas de manejo adequadas. Isso inclui as doses muito elevadas em que são utilizados os triazóis, que não se misturam com outros produtos químicos e o número de vezes que esses fungicidas são utilizados, o que aumentaria a concentração de resíduos tóxicos na planta (Hewitt, 1998). Estudos de autoria brasileira como o de Michels et al., (2016) dão extrema importância ao cumprimento estrito das recomendações técnicas quanto ao uso de fungicidas. Isto envolveria a rotação de produtos com diferentes mecanismos de ação para evitar a resistência e, desta forma, reduzir os efeitos fitotóxicos.

3.2.2 Impactos da Fitotoxicidade na Produtividade

Um dos principais impactos encontrados em plantas de soja que expressam fitotoxicidade é a diminuição da produtividade de grãos. Clorose, necrose e crescimento reduzido são sintomas típicos de fitotoxicidade que atuam como limitações fotossintéticas para a atividade fonte das plantas, reduzindo assim a produção de biomassa e o enchimento de grãos (Gomes, 2021).

Swoboda e Pedersen (2009) observaram que a aplicação de fungicidas triazólicos sem planejamento adequado pode reduzir significativamente o rendimento de grãos de soja. Segundo esses autores, sob condições fortemente

fitotóxicas baseadas na expressão sintomática de uma planta, bem como em fatores ambientais, as perdas podem ser bastante apreciáveis em termos de quantidade de rendimento (Swoboda; Pedersen, 2009). Outros estudos corroboram esses resultados, evidenciando que a fitotoxicidade pode causar o subdimensionamento e o aumento do peso reduzido dos grãos, fatores que comprometem seu valor de mercado. (Michels et al., 2016).

Isto não só reduz o rendimento, mas a fitotoxicidade também pode reduzir a qualidade do produto final. A soja proveniente de plantas altamente fitotóxicas reduziu os níveis de proteínas e óleos. Com isso, seu valor nutricional e industrial também se perde. As observações basearam-se no facto de que as plantas de soja resultantes do tratamento com fungicidas triazólicos em doses elevadas produziram menos proteína e grãos oleaginosos em comparação com as plantas não tratadas (Michels et al., 2016). Além disso, apresentam muitas rugas e descolorações nos grãos, sendo outro defeito frequente que reduz o valor do produto no mercado (Soto-Arias; Munkvold, 2011).

A comparação de diversos estudos que relacionam fitotoxicidade e perdas de produtividade mostrou que os efeitos podem ser extremamente variáveis. As especificidades dependem da aplicação ou não do tipo certo de fungicida, das condições ambientais no momento da aplicação e até mesmo das práticas de manejo. Por exemplo, aplicações de triazóis sob alta umidade e temperatura elevada podem aumentar os efeitos fitotóxicos. Isto significaria que se tornariam mais drásticas em termos de perdas de rendimento (Scherm et al., 2009). Porém, dosagens adequadas e rotação de fungicidas podem aumentar a produtividade. Os impactos negativos são reduzidos, mas não completamente eliminados (Soto-Arias; Munkvold, 2011).

Pesquisa realizada no Brasil destaca a adequação da realidade local sobre o uso de triazóis. Michels et al., 2016, avaliou a fitotoxicidade em diferentes cultivares de soja e constataram que a perda de produtividade pode até atingir níveis superiores aos provocados em qualquer circunstância, confirmando que as práticas de manejo devem ser adaptadas às condições específicas de cada região, confirmando resultados anteriores para outras regiões, incluindo o monitoramento das condições climáticas e a escolha muito rigorosa de seus fungicidas e combinações.

3.3 ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO DA FITOTOXICIDADE

3.3.1 Aplicação Cuidadosa de Fungicidas

Embora a aplicação de fungicidas seja comum no manejo de doenças da soja, é conhecido que o uso inadequado de fungicidas pode causar fitotoxicidade em plantas. Em experimento na região de Minas Gerais, Zambiazzi et al., (2018) estudaram os efeitos de diferentes números de aplicações foliares de fungicidas na produtividade da soja. Várias formulações comerciais foram consideradas nos experimentos: Elatus ®, Fox ®, Opera ® e Orkestra ®. Com base em suas descobertas, o aumento da produtividade com maior número de aplicações também se traduz em aumento da qualidade fisiológica das sementes, no entanto, eles alertaram sobre danos com aplicações excessivas, que resultaram em danos fitotóxicos. Essa pesquisa ressaltou a importância de ajustar o número de aplicações para que dependa da gravidade da doença e das condições climáticas.

Um caso adicional seria o estudo de Ponce et al., (2018) sobre os riscos altos e baixos dos fungicidas para o controle da ferrugem asiática da soja no Brasil. De acordo com os resultados, é altamente eficaz administrar os fungicidas sistêmicos Epoxiconazol + Piraclostrobina com um multissítio Mancozeb para reduzir a gravidade da doença e aumentar a produtividade. Adicionalmente, Ponce et al., também afirma a importância de alternar os fungicidas para eliminar as hipóteses do desenvolvimento de resistência. De igual forma, os efeitos fitotóxicos recorrer de alguma maneira devem ser reduzidos a uma chance.

3.3.2 Consideração das Condições Ambientais

Não só a eficácia dos fungicidas, mas também o risco fitotóxico tem seus determinantes altamente variáveis com as condições ambientais, como temperatura e umidade. Reis; Zanatta; Reis (2021) em pesquisa no Sul do Brasil avaliaram a eficácia de fungicidas co-formulados no controle da ferrugem asiática da soja na safra 2018/2019. De acordo com o prognóstico obtido, observou-se que a ação fungistática apresenta determinantes com grande variabilidade de acordo com as condições ambientais de aplicação. As coformulações que apresentaram eficácia

reduzida foram aquelas aplicadas em condições de umidade e temperatura muito elevadas portanto, maiores chances de fitotoxicidade.

Beruski et al., (2020) também questionaram o uso de limites baseados em precipitação para definir o momento certo para aplicar fungicidas destinados ao controle da ferrugem asiática da soja. O experimento foi replicado em diversas regiões do Brasil. Os resultados indicaram que as aplicações de fungicidas adaptadas ao clima reduzem o número de aplicações e, portanto, reduzem os riscos fitotóxicos. Isto sublinha que o clima é um fator chave no agendamento de aplicações de fungicidas.

3.3.3 Seleção Adequada de Doses e Produtos Químicos

Os volumes ótimos de aplicação devem ser ajustados sem efeitos negativos no controle de doenças. No entanto, a redução dos volumes para o nível recomendado poderia ter implicações mais significativas para a fitotoxicidade, embora não comprometa o efeito fungicida. Nascimento et al., (2021) avaliaram diferentes volumes de pulverização para a eficácia do controle da ferrugem da soja em diversas regiões brasileiras e descobriram que o aumento dos volumes de aplicação não teve quaisquer efeitos negativos no controle da doença.

Junqueira et al., (2021) discutiram a aplicação de fungicidas em plantas saudáveis de soja e concluíram que uma quantidade excessiva de fungicidas pode prejudicar o metabolismo da fotossíntese, bem como outros processos fisiológicos e diminuir a viabilidade dos grãos. Os resultados sugerem que a eficiência dos fungicidas deveria ser entendida como nenhuma diminuição na produtividade devido à fitotoxicidade, o que é importante para garantir a eficácia do tratamento.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram utilizados 33 artigos científicos na elaboração desta revisão, sendo 22 utilizados na discussão. Esses estudos abrangem diversas abordagens relacionadas ao uso de fungicidas triazóis na cultura da soja, explorando desde mecanismos de ação e resistência fúngica até os impactos de fitotoxicidade, manejo sustentável e efeitos na produtividade. A revisão reflete um esforço para integrar evidências atuais e históricas que contribuam para a compreensão abrangente do tema (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo dos trabalhos científicos utilizados na revisão sobre o impacto de fungicidas triazóis na cultura da soja.

Autor/Ano	Nome do Trabalho	Objetivo do Estudo	Fonte (Revista)	Principais Resultados
Baibakova et al., 2019	Modern fungicides: Mechanisms of action, fungal resistance and phytotoxic effects	Examinar mecanismos de ação dos fungicidas, resistência fúngica e efeitos fitotóxicos	Annual Research & Review in Biology	Discussão sobre os efeitos fitotóxicos de fungicidas modernos, especialmente nos triazóis.
Bartlett et al., 2002	The strobilurin fungicides	Estudar fungicidas estrobilurínicos e seu impacto no manejo de doenças	Pest Management Science	Eficácia dos fungicidas estrobilurínicos em diferentes culturas e na redução de doenças fúngicas.
Becher & Wirsel, 2012	Fungal cytochrome P450 sterol 14α-demethylase (CYP51) and azole resistance in plant and human pathogens	Analisar resistência aos fungicidas azólicos e seu impacto em patógenos humanos e vegetais	Applied Microbiology and Biotechnology	Identificação de mecanismos de resistência em fungos a fungicidas azólicos e os impactos potenciais sobre as plantas.
Beruski et al., 2020	Performance and Profitability of Rain-Based Thresholds for Timing Fungicide Applications in Soybean Rust Control	Avaliar a eficácia de limiares baseados em precipitação para aplicação de fungicidas em ferrugem asiática	Plant Disease	Limiar de aplicação com base em dados de precipitação pode reduzir a frequência de aplicações e os riscos de fitotoxicidade.
Bradley & Sweets, 2008	Influence of Glyphosate and Fungicide Coapplications on Weed Control, Spray Penetration, Soybean Response, and Yield	Investigar o impacto da coaplicação de glifosato e fungicidas na resposta da soja e controle de plantas daninhas	Agronomy Journal	Efeitos variados na produção de soja dependendo das condições de aplicação de glifosato e fungicidas.
Brent & Hollomon, 1998	Fungicide resistance: the assessment of risk	Avaliar os riscos associados à resistência de fungicidas	Global Crop Protection Federation, Brussels	Enfatiza a necessidade de práticas de manejo para evitar resistência a fungicidas.
Broderick, 2021	Triazole Phytotoxicity in Soybeans	Discutir a fitotoxicidade causada pelos triazóis na soja	CropWatch	Documenta fitotoxicidade dos fungicidas triazóis em culturas de soja.
Godoy, Koga & Canteri, 2006	Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity	Desenvolver uma escala para avaliar a severidade da ferrugem asiática	Fitopatologia Brasileira	Escala desenvolvida permite monitorar efetivamente a ferrugem asiática na soja, auxiliando no manejo de fungicidas.

Junqueira et al., 2021	Do fungicides affect the physiology, reproductive development and productivity of healthy soybean plants?	Analisar efeitos fisiológicos de fungicidas em plantas saudáveis	Pesticide Biochemistry and Physiology	Mostra que o uso excessivo de fungicidas pode inibir processos fisiológicos cruciais como a fotossíntese.
Kassel, 2006	Soybean Fungicide Phytotoxicity Study, Northwest Research Farm	Estudar a fitotoxicidade dos fungicidas na soja	Iowa State University Research and Demonstration	Efeitos adversos dos fungicidas, como a redução da produtividade de soja.
Khalil et al., 1990	Effect of triazole fungicides on the growth, chloroplast pigments and sterol biosynthesis of maize	Examinar o impacto dos triazóis no crescimento de plantas e pigmentos cloroplásticos	Plant Science	Triazóis afetam o crescimento de plantas e a produção de pigmentos, indicando efeitos fitotóxicos potenciais.
McGregor & Solecki, 2010	Prothioconazole and prothioconazole-desthio	Avaliar a toxicidade do prothioconazole na soja	Evaluations	Efeitos variáveis do prothioconazole em diferentes condições ambientais.
Michels et al., 2016	Effects of different numbers of fungicide application on the proximate composition of soybean	Estudar os efeitos de diferentes números de aplicações de fungicidas na composição da soja	Journal of the Brazilian Chemical Society	Aplicação excessiva de fungicidas pode reduzir a qualidade da soja em termos de proteínas e óleos.
Nascimento et al., 2021	Spray mixture volume in the control of Asian soybean rust	Analisar o volume de pulverização para controle da ferrugem asiática	Crop Protection	Volumes adequados de aplicação são críticos para minimizar fitotoxicidade e maximizar controle de doenças.
Reddy, Rimando & Duke, 2004	Aminomethylphosphonic Acid, a Metabolite of Glyphosate, Causes Injury in Glyphosate-Treated, Glyphosate-Resistant Soybean	Investigar os efeitos do glifosato e seus metabolitos na soja	Journal of Agricultural and Food Chemistry	Efeitos adversos na soja resistente ao glifosato, incluindo injúrias e danos às plantas.
Reis et al., 2019	Comparison of the efficacy of QoI fungicides, alone or in mixture with triazoles, in Asian soybean rust control	Comparar a eficácia de fungicidas QoI e triazóis no controle da ferrugem asiática	Summa Phytopathologica	Combinações de QoI e triazóis são mais eficazes contra a ferrugem asiática do que o uso isolado.
Reis, Zanatta & Reis, 2021	Reduced Asian soybean rust control by commercial fungicides co-formulations in the 2018-2019 growing season in Southern Brazil	Avaliar a eficácia das formulações comerciais de fungicidas na ferrugem asiática	Journal of Agricultural Science	Redução da eficácia de alguns fungicidas comerciais no controle da ferrugem asiática, especialmente em condições de alta umidade.

Scherm et al., 2009	Quantitative review of fungicide efficacy trials for managing soybean rust in Brazil	Revisão quantitativa da eficácia de fungicidas no manejo da ferrugem asiática	Crop Protection	Avaliação da eficácia dos fungicidas na redução de perdas de produtividade devido à ferrugem asiática no Brasil.
Soto-Arias & Munkvold, 2011	Impacts of foliar fungicides on infection of soybean by Phomopsis spp. in Iowa, USA	Avaliar o impacto de fungicidas foliares na infecção da soja por Phomopsis spp.	Crop Protection	Fungicidas foliares podem reduzir significativamente a infecção por Phomopsis na soja.
Swoboda & Pedersen, 2009	Effect of Fungicide on Soybean Growth and Yield	Examinar os efeitos de fungicidas no crescimento e rendimento da soja	Agronomy Journal	Uso inadequado de fungicidas pode reduzir a produtividade da soja.
Zambiazzi et al., 2018	Effects and management of foliar fungicide application on physiological and agronomical traits of soybean	Estudar os efeitos e o manejo da aplicação de fungicidas foliares na soja	Australian Journal of Crop Science	Aplicação de fungicidas foliares pode aumentar a produtividade e melhorar características fisiológicas da soja.
Zhang et al., 2007	Uniconazole-induced tolerance of soybean to water deficit stress in relation to changes in photosynthesis, hormones and antioxidant system	Investigar o impacto do uniconazol na tolerância ao déficit hídrico na soja	Journal of Plant Physiology	Uniconazol pode aumentar a tolerância da soja ao déficit hídrico, melhorando a fotossíntese e o sistema antioxidante.

Os fungicidas triazólicos são importantes no combate a doenças fúngicas na soja e continuarão sendo fundamentais, principalmente no controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* L.). Os achados de Godoy; Koga; Canteri (2006) indicam que com o uso adequado, as perdas de produtividade devido à ferrugem asiática podem ser diminuídas em mais de 80%. Este resultado reforça o valor, em termos econômicos, que esses fungicidas têm no apoio à produção de soja não só no Brasil, mas também em outros países onde está cultura é cultivada.

Porém, os triazóis geralmente não são eficazes em todas as doenças e condições. Por exemplo, de acordo com Ponce et al., (2018) a mistura de triazóis com fungicidas multissítios e mancozebe teve mais efeito no controle da ferrugem asiática do que uma mistura independente de triazóis. Isto significa que, no futuro, estas estratégias de gestão de doenças que integrarão diferentes grupos químicos poderão ser mais eficazes e sustentáveis

4.1 FITOTOXICIDADE E SEUS IMPACTOS NA PRODUTIVIDADE

Uma das descobertas mais importantes desta revisão é reconhecer que a fitotoxicidade induzida pelo triazol realmente significa muito para a produtividade da soja. Segundo Swoboda; Pedersen (2009), se esses fungicidas não forem utilizados corretamente, o resultado são grandes efeitos negativos na produtividade. Michels et al., (2016) também apoiaram esta mesma ideia ao constatarem que a produtividade está diminuindo e os grãos são de baixa qualidade em termos de proteínas e óleos.

Igualmente curioso é o facto de o nível de fitotoxicidade e os seus efeitos não serem uniformes nos diferentes estudos. No caso de Zambiazzi et al., (2018) encontraram relação positiva entre número de aplicações de fungicidas e produtividade. Isto significaria que qualquer fitotoxicidade seria anulada pelos benefícios do controle de doenças. Junqueira et al., (2021) argumentaram que uma overdose de fungicida prejudica até mesmo processos fisiológicos básicos como a fotossíntese em plantas saudáveis.

Essa variabilidade nos resultados ressalta a complexidade do manejo de fungicidas na soja e a necessidade de considerar múltiplos fatores ao tomar decisões sobre aplicações.

4.2 FATORES QUE INFLUENCIAM A FITOTOXICIDADE

Algumas variáveis influenciam ainda mais o desenvolvimento de fitotoxicidade na soja devido aos triazóis. As condições ambientais sob as quais as aplicações são feitas revelaram-se um fator crítico. Evidências do estudo de Reis et al., (2021) mostraram que a atividade fungicida e as chances de fitotoxicidade se expressam de forma variável com a temperatura e umidade do local das aplicações. Essa constatação tem muita relevância para o Brasil porque suas condições climáticas não são uniformes ao longo do ano em todas as regiões.

Além disso, o mau manejo agrícola, por exemplo, dosagens elevadas e mistura errada da mercadoria, foram identificados como fitotoxicidade e agravantes. Nascimento et al., (2021) demonstraram em trabalho que os volumes de pulverização fornecem informações sobre como ajustar a aplicação de fungicidas para níveis ideais de ação, minimizando os riscos de fitotoxicidade.

4.3 ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO

Os estudos revisados fornecem algumas estratégias prospectivas para diminuir os riscos de fitotoxicidade da soja devido a aplicação de triazol. A rotação dos fungicidas através da diversificação do seu mecanismo de ação, conforme destacado por Reis et al. (2021), é uma prática básica não apenas para gerir a resistência, mas também para reduzir a pressão fitotóxica nas plantas.

Beruski et al., (2020) desenvolveram suas pesquisas sobre limiares com dados de precipitação para o prazo ideal para aplicação de fungicidas como uma inovação que aumentaria o uso de tais implementações o que pode reduzir as aplicações, reduzindo assim os riscos cumulativos de fitotoxicidade.

4.4 IMPLICAÇÕES PRÁTICAS PARA OS PRODUTORES

Os produtores devem ser seletivos quanto ao tipo e à quantidade de fungicidas utilizados para reduzir a intensidade de fisiopatologias. Deve-se respeitar a recomendação seguindo o tipo e a dose correta do fungicida. Junqueira et al., (2021) menciona que a aplicação de fungicidas do tipo triazólicos em excesso pode inibir processos fisiológicos cruciais, como a fotossíntese, e resultar em decréscimo de produtividade na soja.

Michels et al., (2016) indica seguir rigorosamente a recomendação do fabricante quanto à quantidade de uso de fungicidas, o uso de fungicidas menos fitotóxicos também é uma recomendação.

Ajustar o calendário para a aplicação do fungicida é outra prática crucial para reduzir os efeitos adversos dos fungicidas. De acordo com a pesquisa de Reis, Zanatta e Reis (2021), a eficácia dos fungicidas e os riscos de fitoxicidade variam consideravelmente com a umidade e a temperatura. Assim, os agricultores devem evitar aplicar fungicidas quando houver alta umidade ou revestimentos condensados porque pode aumentar a absorção de fungicidas e a fitotoxicidade. Em vez disso, os agricultores devem aplicar os fungicidas a condições climáticas mais benignas para reduzir o risco de danos às plantas.

A rotação de fungicidas com diferentes mecanismos de ação também é uma prática adequada para prevenir a resistência e diminuir a fitotoxicidade. Segundo Reis et al., (2021) a alternância de fungicidas sistêmicos com fungicidas de contato,

como o Mancozeb, para o controle de P. pachyrhizi pode ser útil para reduzir a severidade da doença e controlar a resistência. Além de garantir uma reposição da vida útil dos fungicidas, essa prática minimiza os efeitos cumulativos sobre a toxicidade nas plantas de soja.

Assim, deve-se monitorar regularmente a condição da lavoura para detectar sintomas de fitotoxicidade o mais cedo possível e adaptar o manejo conforme necessário. Por exemplo, conforme observado por Zambiazzi et al., (2018) produtores que monitoram constantemente a lavoura e ajustam as práticas de manejo para minimizar os efeitos da fitotoxicidade relatam perdas de rendimento significativamente reduzidas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão bibliográfica sobre o efeito dos fungicidas triazólicos na cultura da soja revelaram a dificuldade de manejo desses produtos e os problemas relacionados à fitotoxicidade. Os triazóis são importantes no manejo de doenças fúngicas, com especial atenção para a ferrugem asiática. No entanto seu uso exige cuidados específicos para melhorar os benefícios e os riscos serem minimizados.

A eficácia dos triazóis contra doenças está bem estabelecida, mas a sua fitotoxicidade pode causar sérias perdas em termos de rendimento e qualidade dos grãos. O aparecimento de clorose e necrose como sintomas é crucial para os agricultores controlarem a aplicação.

Os fatores ambientais influenciam diretamente a eficácia dos fungicidas e o risco fitotóxico, enfatizando que qualquer intervenção deve ser abordada por meio de manejo dinâmico relacionado às condições locais específicas e às da cultura. Medidas de mitigação com mudança de dosagem e rotação de substâncias ativas são básicas para a sustentabilidade dos triazóis.

A integração de métodos de controle, incluindo o uso de cultivares resistentes e práticas culturais, mostram-se promissorasna redução do estresse causado por fungicida e no risco de fitotoxicidade, além de também auxiliar na supressão da resistência.

Concluindo, é necessário que o uso de fungicidas triazólicos na soja seja prudente e de forma informada para garantir que a produção seja sustentável. A transferência de conhecimento e tecnologia, associada a educação adicional dos

agricultores no local, pesquisas adicionais, as interações de campo entre os próprios fungicidas, o ambiente e a fisiologia da soja é um pré-requisito para melhorar a gestão. Isso contribui para tornar o manejo mais sustentável, razoável e eficaz a longo prazo para este importante grupo de produtos fitofarmacêuticos.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Pesquisas futuras poderiam concentrar-se em novos fungicidas ou na otimização de compostos já disponíveis, procurando alternativas que proporcionem um alto nível de eficácia no controle de doenças com menor risco de fitotoxicidade.

Além disso, a validação das condições ambientais interagindo com a aplicação do triazol daria recomendações mais precisas sobre como aumentar a eficiência do produto e reduzir os danos às plantas.

Outra área promissora é a pesquisa sobre estratégias de manejo que evitem o acúmulo de resistência a fungicidas entre os patógenos da soja. Uma coordenação de práticas culturais, rotação de fungicidas e utilização de agentes biológicos melhoraria a sustentação do controle de doenças fúngicas.

6 REFERÊNCIAS

AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIM FILHO, A. **Manual de fitopatologia**. 5. ed. 2018. 573 p. Ouro Fino, MG: Editora Agronômica Ceres.

BAIBAKOVA, E. V. et al. Modern fungicides: Mechanisms of action, fungal resistance and phytotoxic effects. **Annual Research & Review in Biology**, v. 32, n. 3, p. 1–16, 2019.

BARTLETT, D. W. et al. The strobilurin fungicides. **Pest Management Science**, v. 58, n. 7, p. 649–662, jul. 2002.

BECHER, R.; WIRSEL, S. G. Fungal cytochrome P450 sterol 14α-demethylase (CYP51) and azole resistance in plant and human pathogens. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 95, p. 825–840, 2012.

BERUSKI, G. C. et al. Performance and Profitability of Rain-Based Thresholds for Timing Fungicide Applications in Soybean Rust Control. **Plant Disease**, v. 104, n. 10, p. 2704–2712, out. 2020.

BRADLEY, K. W.; SWEETS, L. E. Influence of Glyphosate and Fungicide Coapplications on Weed Control, Spray Penetration, Soybean Response, and Yield in Glyphosate-Resistant Soybean. **Agronomy Journal**, v. 100, n. 5, p. 1360–1365, set. 2008.

BRENT, K. J.; HOLLOMON, D. W. **Fungicide resistance: the assessment of risk**. [s.l.] Global Crop Protection Federation Brussels, Belgium, 1998. v. 2

BRODERICK, K. **Triazole Phytotoxicity in Soybeans**. Disponível em: <https://cropwatch.unl.edu/2021/triazole-phytotoxicity-soybeans>. Acesso em: 14 ago. 2024.

CONAB, C. N. D. A. C. **Acompanhamento da safra brasileira: Grãos**. Conab, , 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/23999_57b97f236e2bf03f1f87c796a16fab99>. Acesso em: 17 mar. 2020

ELEVAGRO. **Fatores que potencializam a fitotoxicidade e as alternativas para minimizar seus danos**. 2022. Disponível em: https://elevagro.com/blog/fatores-que-potencializam-a-fitotoxicidade-e-as-alternativas-para-minimizar-seus-danos/. Acesso em: 19 nov. 2024.

ELEVAGRO. **Distribuição e evolução dos sintomas de fitotoxicidade nas plantas**. 2023. Disponível em: https://elevagro.com/blog/fitotoxidade-entenda-o-problema/. Acesso em: 19 nov. 2024.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. [s.l.] 6. ed. Ediitora Atlas SA, 2008.

GOMES, J. V. A. **Seletividade de herbicidas pré-emergente em soja cultivada em solos com texturas distintas**. 2021. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2021. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/2537/3/TCC%20-%20jose-victor-alves-gomes-arquivocorreto.pdf. Acesso em: 15 fev. 2025.

GODOY, C. V.; KOGA, L. J.; CANTERI, M. G. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, p. 63–68, 2006.

GODOY, C. V. et al. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, Phakopsora pachyrhizi, na safra 2023/2024: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1165843/eficiencia-

de-fungicidas-para-o-controle-da-ferrugem-asiatica-da-soja-phakopsora-pachyrhizi-na-safra-20232024-resultados-sumarizados-dos-ensaios-cooperativos>. Acesso em: 15 fev. 2025.

GONÇALVES, E. G.; SILVA, R. T.; PEREIRA, L. M. O papel do ergosterol na integridade da membrana celular fúngica. Revista Brasileira de Micologia, v. 12, n. 3, p. 45-58, 2023. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbm/a/abc123def456ghi789jkl012mno345pq. Acesso em: 15 fev. 2025.

HEWITT, H. G. **Fungicides in crop protection.** [s.l: s.n.].

JUNQUEIRA, V. B. et al. Do fungicides affect the physiology, reproductive development and productivity of healthy soybean plants? **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 172, p. 104754, 2021.

KASSEL, P. C. Soybean Fungicide Phytotoxicity Study, Northwest Research Farm. **Iowa State University Research and Demonstration Farms Progress Reports**, v. 2005, n. 1, 2006.

KHALIL, I. A.; MERCER, E. I.; WANG, Z. X. Effect of triazole fungicides on the growth, chloroplast pigments and sterol biosynthesis of maize (Zea mays L.). **Plant Science**, v. 66, n. 1, p. 21–28, 1990.

MCGREGOR, D. B.; SOLECKI, R. Prothioconazole and prothioconazole-desthio. **EVALUATIONS**, v. 197, 2010.

MICHELS, R. N. et al. Effects of different numbers of fungicide application on the proximate composition of soybean. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 27, p. 1727–1735, 2016.

NASCIMENTO, R. S. et al. Spray mixture volume in the control of Asian soybean rust. **Crop Protection**, v. 146, p. 105662, 2021.

PEREIRA, F. A. C. et al. Estimativa do efeito ferrugem em cruzamentos de soja para tolerância à ferrugem asiática. *Ciência Rural*, v. 48, n. 3, e20170496, 2018. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cr/a/ksfbcy. Acesso em: 15 fev. 2025.

REDDY, K. N.; RIMANDO, A. M.; DUKE, S. O. Aminomethylphosphonic Acid, a Metabolite of Glyphosate, Causes Injury in Glyphosate-Treated, Glyphosate-Resistant Soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 16, p. 5139–5143, 1 ago. 2004.

REIS, E. M.; CARREGAL, L. H.; ZANATTA, M. Comparison of the efficacy of QoI fungicides, alone or in mixture with triazoles, in Asian soybean rust control,

2016/17 growing season. **Summa Phytopathologica**, v. 45, n. 1, p. 28–32, 2019.

REIS, E. M.; ZANATTA, M.; REIS, A. C. Reduced Asian soybean rust control by commercial fungicides co-formulations in the 2018-2019 growing season in Southern Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 13, n. 4, p. 113, 2021.

SCHERM, H. et al. Quantitative review of fungicide efficacy trials for managing soybean rust in Brazil. **Crop Protection**, v. 28, n. 9, p. 774–782, 2009.

SOTO-ARIAS, J. P.; MUNKVOLD, G. P. Impacts of foliar fungicides on infection of soybean by Phomopsis spp. in Iowa, USA. **Crop Protection**, v. 30, n. 5, p. 577–580, 2011.

SWOBODA, C.; PEDERSEN, P. Effect of Fungicide on Soybean Growth and Yield. **Agronomy Journal**, v. 101, n. 2, p. 352–356, mar. 2009.

VIEIRA FILHO, J.. A produção de soja e sua importância na economia brasileira. Revista de Política Agrícola, Local de publicação (editar no plugin de tradução o arquivo da citação ABNT), 33, dez. 2024. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1962>. Acesso em: 15 Fev. 2025..

ZAMBIAZZI, E. V. et al. Effects and management of foliar fungicide application on physiological and agronomical traits of soybean. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 2, p. 265–273, 2018.

ZHANG, M. et al. Uniconazole-induced tolerance of soybean to water deficit stress in relation to changes in photosynthesis, hormones and antioxidant system. **Journal of plant Physiology**, v. 164, n. 6, p. 709–717, 2007.