

Indutores de resistência no controle de doenças na cultura do trigo: Uma revisão de literatura acerca do conteúdo

Resistance inducers in disease control in wheat crops: A literature review about the content

Inductores de resistencia en el control de enfermedades en cultivos de trigo: Una revisión de la literatura sobre el contenido

Recebido: 06/02/2025 | Revisado: 11/02/2025 | Aceitado: 11/02/2025 | Publicado: 16/02/2025

Thalya Costa Blanca

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4109-6182>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Brasil

E-mail: thalya.blanca@estudante.iftm.edu.br

Juliana Araújo Santos Martins

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5216-3852>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Brasil

E-mail: julianaaraujo@iftm.edu.br

Resumo

Quando se fala sobre a qualidade do grão de trigo, é comum relacionar esse aspecto a diversas condições de cultivo, incluindo características do solo, temperatura, umidade, presença de doenças e o manejo da cultura. Todos esses fatores têm um impacto direto no uso industrial do produto final. Por isso, é essencial prevenir e controlar as doenças que afetam essa cultura, buscando substâncias que tornem o manejo mais eficiente e econômico. Nesse contexto, a indução de resistência em plantas de trigo pode ajudar a diminuir a incidência de doenças e aumentar a produtividade. O objetivo desta pesquisa foi conduzir uma revisão bibliográfica e analisar pesquisas disponíveis na literatura sobre a utilização de indutores de resistência no controle de doenças na cultura do trigo. Os estudos demonstram que o uso de elicitores contribui para o aumento da altura das plantas, para a produção de grãos de melhor qualidade, e ainda melhora no vigor das plantas. Todos os estudos apontados, argumentam que a adubação silicatada é uma alternativa que promove bons resultados. Além disso, a adubação de silício combinada com bioestimulantes promovem resultados ainda mais significativos. Recomenda-se que pesquisas futuras explorem ainda mais o desempenho de indutores de resistência contra patógenos na cultura do trigo, já que evidências indicam resultados positivos.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L.; Elicitores; Silício; Indução de resistência.

Abstract

When talking about the quality of wheat grain, it is common to relate this aspect to different growing conditions, including soil characteristics, temperature, humidity, presence of diseases and crop management. All of these factors have a direct impact on the industrial use of the final product. Therefore, it is essential to prevent and control diseases that affect this crop, seeking substances that make management more efficient and economical. In this context, inducing resistance in wheat plants can help reduce the incidence of diseases and increase productivity. The objective of this research was to conduct a bibliographical review and analyze research available in the literature on the use of resistance inducers in the control of diseases in wheat crops. Studies demonstrate that the use of elicitors contributes to increasing plant height, producing better quality grains, and also improving plant vigor. All the studies mentioned argue that silicate fertilizer is an alternative that promotes good results. Furthermore, silicon fertilizer combined with biostimulants promotes even more significant results. It is recommended that future research further explore the performance of resistance inducers against pathogens in wheat crops, as evidence indicates positive results.

Keywords: *Triticum aestivum* L.; Elicitors; Silicon; Resistance induction.

Resumen

Cuando se habla de la calidad del grano de trigo, es común relacionar este aspecto con diferentes condiciones de crecimiento, incluyendo características del suelo, temperatura, humedad, presencia de enfermedades y manejo del cultivo. Todos estos factores tienen un impacto directo en el uso industrial del producto final. Por ello, es fundamental prevenir y controlar las enfermedades que afectan a este cultivo, buscando sustancias que hagan el manejo más eficiente y económico. En este contexto, inducir resistencia en las plantas de trigo puede ayudar a reducir la incidencia de enfermedades y aumentar la productividad. El objetivo de esta investigación fue realizar una revisión bibliográfica y analizar investigaciones disponibles en la literatura sobre el uso de inductores de resistencia en el control de enfermedades en cultivos de trigo. Los estudios demuestran que el uso de elicitores contribuye a aumentar la altura de

las plantas, producir granos de mejor calidad y también mejorar el vigor de las plantas. Todos los estudios mencionados sostienen que el fertilizante de silicato es una alternativa que promueve buenos resultados. Además, el fertilizante de silicio combinado con bioestimulantes promueve resultados aún más significativos. Se recomienda que futuras investigaciones exploren más a fondo el desempeño de los inductores de resistencia contra patógenos en cultivos de trigo, ya que la evidencia indica resultados positivos.

Palabras clave: *Triticum aestivum* L.; Elicitores; Silicio; Inducción de resistencia.

1. Introdução

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma das culturas de inverno de grande importância no Brasil, principalmente na região Sul do país. De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2023) dentre os maiores produtores de trigo, destacam-se: China (140 milhões de toneladas); União Europeia (139 milhões de toneladas); Índia (110 milhões de toneladas); Rússia (81,5 milhões de toneladas) e EUA (45,1 milhões de toneladas). O Brasil com sua produção enquadra-se na 14^o posição no ranking, de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2023).

Na safra de 2024, o Brasil cultivou uma área de 3,06 milhões de hectares de trigo, resultando em uma produção total de 8,95 milhões de toneladas (Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, 2024). No estado do Rio Grande do Sul, que é o maior produtor de trigo do país, foram cultivados 1,34 milhão de hectares, representando 43,7% da área total semeada no Brasil.

A qualidade dos grãos de trigo tem grande importância, pois dela irão depender o seu preço e demanda. A produtividade e qualidade de uma determinada cultivar de trigo é o resultado de uma série de fatores, tais como as características genéticas, condições edafoclimáticas, técnicas de cultivo, ocorrência de pragas e doenças, entre outros que irão influenciar a planta e a composição do grão (EMBRAPA, 2023).

O trigo pode manifestar diversas doenças que, dependendo da sua incidência e severidade, causam severas perdas econômicas. O manejo dessas doenças requer diagnóstico correto, compreensão do ciclo do patógeno e da influência das condições ambientais e conhecimento da eficácia das medidas de manejo (EMBRAPA, 2023).

É de fundamental importância o controle das doenças na cultura do trigo e uso de produtos que facilitem o manejo com menor custo e menores danos ambientais. Neste contexto, a indução de resistência em plantas de trigo pode auxiliar na diminuição de doenças e aumento da produtividade.

O conhecimento da resistência sistêmica das plantas torna-se importante para a defesa dessas uma vez que, promove significativa redução do uso de agrotóxicos. Além de minimizar os danos causados por maior resistência e variabilidade adaptativa dos patógenos, diminuindo cada vez mais o uso de fungicidas.

Inúmeras alternativas ao controle químico convencional de fitopatógenos, como forma de reduzir os danos associados ao seu emprego, tem-se mostrado eficientes. Dentre elas a utilização de agentes capazes de induzir resistência nas plantas tratadas, ativando, assim, seus próprios mecanismos naturais de defesa, sem qualquer alteração em seu genoma (Hammerschmidt & Dann, 1997). Nesse sentido, vários estudos vêm sendo desenvolvidos intencionando o desenvolvimento de compostos protetores, capazes de ativar o potencial natural de resistência em diversas espécies de plantas (Métraux, 2007). Dessa forma, é de extrema importância que no desenvolvimento de novas cultivares de trigo, a resistência sistêmica ou resistência induzida seja considerada entre os fatores avaliados.

O objetivo desta pesquisa foi conduzir uma revisão bibliográfica e analisar os possíveis métodos e técnicas encontradas na literatura. A revisão bibliográfica abrange dados sobre a “utilização de indutores de resistência no controle de doenças na cultura do trigo” e buscou analisar pesquisas disponíveis na literatura a fim de reunir informações relevantes sobre o tema.

2. Metodologia

Este estudo é classificado como exploratório, com uma abordagem qualitativa, e também se caracteriza como uma revisão sistemática da literatura. O objetivo das pesquisas exploratórias é aprofundar a compreensão sobre o tema abordado, possibilitando uma familiarização com os fenômenos que surgem ao longo da investigação, baseando-se em revisões bibliográficas (Praça, 2015).

Segundo Gerhardt & Silveira (2009), a pesquisa qualitativa caracteriza-se pela utilização de dados descritivos para conduzir a pesquisa e apresentar seus resultados, sem a necessidade de incluir dados numéricos ou estatísticos. No que diz respeito à revisão sistemática da literatura, trata-se de uma pesquisa secundária, ou seja, baseada em estudos primários que servem como fonte de dados (Galvão & Pereira, 2014). Esse tipo de pesquisa envolve uma busca sobre o tema a ser investigado em uma base de dados específica, a partir da definição de objetivos e do problema de pesquisa, permitindo um aprofundamento nos estudos disponíveis sobre o assunto para identificar o que é eficaz ou não (Galvão & Ricarte, 2020). Nesse contexto, a metodologia utilizada na elaboração desta pesquisa foi uma pesquisa bibliográfica, fundamentada em uma revisão sistemática da literatura. As investigações foram realizadas entre agosto e novembro de 2024, seguindo a proposta de Gil (2019).

Nesse contexto, a metodologia utilizada na elaboração desta pesquisa foi definida como uma pesquisa bibliográfica, fundamentada em uma revisão sistemática da literatura. As investigações foram conduzidas entre agosto e dezembro de 2024. Nesta perspectiva, foi adotada a proposta de Gil (2019), que orienta a condução de pesquisas de forma sistemática e estruturada, permitindo uma análise aprofundada do tema em questão. Essa abordagem contribui para a organização e a clareza dos dados coletados, facilitando a interpretação dos resultados (Figura 1).

Figura 1 – Fluxograma das etapas metodológicas.



Fonte: Gil (2019).

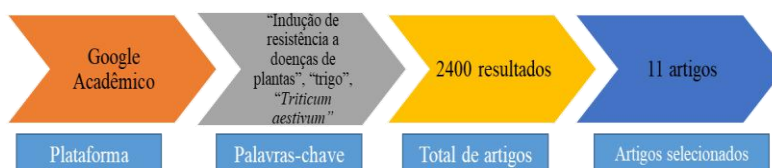
A pesquisa foi viabilizada a partir da seleção de dados obtidos na plataforma de dados Google Acadêmico, por se tratar de uma plataforma que reúne publicações de diversas revistas e portais. Os critérios de inclusão dos artigos foram estabelecidos com base na avaliação da presença dos seguintes elementos: artigos científicos que tratam do uso indutores de resistência no controle de doenças na cultura do trigo, que estejam disponíveis integralmente online e em língua portuguesa. Os artigos considerados para análise compreendem aqueles publicados entre 2019 a 2024. Os critérios de exclusão dos artigos foram estabelecidos com base na avaliação dos elementos que não apresentavam relação com a temática e conexão com o objetivo do presente trabalho. Também foram excluídos artigos incompletos, resumos, resumos expandidos, resenhas, notas prévias e editoriais. Após uma busca criteriosa, os artigos foram analisados através dos títulos e resumos para verificar sua relevância com a temática desejada.

Adotou-se os seguintes descritores na busca do material para essa: “indução de resistência a doenças de plantas”, “trigo”, “*Triticum aestivum*”. Os trabalhos encontrados foram verificados através do título e do resumo e em seguida, aqueles que mais atendiam às expectativas da pesquisa foram selecionados.

Na busca inicial realizada no Google Acadêmico, foram encontrados 2400 resultados ao inserir os termos-chave. Contudo, esses resultados eram gerais e não levavam em consideração critérios específicos. Portanto, foi aplicada uma filtragem disponível na plataforma para selecionar apenas os estudos publicados entre 2019 e 2024, reduzindo o número de trabalhos encontrados para 1060.

Após a leitura dos títulos de cada artigo ou estudo, foi possível verificar se eles atendiam de forma precisa aos critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos, especialmente em relação à temática abordada. Essa etapa é crucial, pois o Google Acadêmico é uma plataforma bastante abrangente, e mesmo com a definição de termos-chave, ainda podem surgir estudos que não se alinham com o tema desejado. Além disso, alguns artigos indicam em seus títulos que se tratam de revisões de literatura, o que leva à sua exclusão imediata. Ao final dessa análise, constatou-se que, do total de artigos, 150 atendiam inicialmente aos critérios estabelecidos (Figura 2).

Figura 2 – Processo metodológico utilizado para encontrar e analisar artigos sobre indutores de resistência a doenças na cultura do trigo.



Fonte: Autores (2024).

Após a leitura dos resumos de cada um dos estudos, foi possível confirmar se realmente abordavam a temática em questão. Durante essa análise, notou-se que alguns artigos, apesar de discutirem a cultura do trigo, não tratavam especificamente dos indutores de resistência a doenças. Outros estudos mencionavam a cultura do trigo e a incidência de doenças, mas não abordavam a aplicação de indutores de resistência. Como resultado, foram selecionados 38 estudos para uma análise mais aprofundada.

Assim, a leitura integral dos artigos permitiu, ao final, a seleção de 11 trabalhos que foram fundamentais para a discussão direta sobre indutores de resistência a doenças do trigo. Esses artigos selecionados forneceram contribuições relevantes para a pesquisa em questão.

Dias et al. (2024) afirmam que os dados de uma pesquisa podem ser melhor explorados, analisados e interpretados a partir da análise descritiva de dados, pois essa ferramenta da pesquisa quantitativa impulsiona o desenvolvimento de investigações mais completas e robustas sobre os fenômenos estudados. Assim, a análise descritiva permitiu identificar e descrever quanto a indução de resistência a doenças na cultura do trigo, apontando os dados relevantes de forma descritiva e qualitativa de forma sucinta e direta.

3. Resultados e Discussão

A pesquisa realizada na plataforma Google Acadêmico resultou em uma grande quantidade de estudos sobre o tema. Contudo, apenas 11 deles foram escolhidos para integrar a discussão específica sobre a indução de resistência a doenças na cultura do trigo, conforme mostrado no Quadro 1.

Quadro 1 - Artigos envolvendo o tema indutores de resistência no controle de doenças na cultura do trigo no banco de dados selecionado, no período de 2019 a 2024.

| Autores | Títulos |
|-------------------------------------|---|
| (Araujo et al., 2019) | Silicon Alleviates Changes in the Source-Sink Relationship of Wheat Plants Infected by <i>Pyricularia oryzae</i> . |
| (Araujo et al., 2023) | Silicon, magnesium, and their interaction on wheat resistance against blast |
| (Ducatti et al., 2024) | Interferência de desenhos experimentais nos resultados de estudos de indução de resistência conduzidos com trigo |
| (Ern et al., 2022) | Metodologias de controle de doenças na cultura do trigo |
| (Fontana et al., 2019) | Aplicação de acibenzolar-s-methyl em trigo no controle alternativo de <i>Gibberella zea</i> |
| (Moreira; Camacho & Graichen, 2020) | Redução da severidade da brusone do trigo com aplicação foliar de sulfato de zinco |
| (Moreira; Sillmann & Silva, 2024) | Uso do extrato de algas como potencializador da eficiência do cultivo de grãos |
| (Nakamura; Marinho & Marques, 2022) | Influência do silício na severidade da mancha amarela do trigo no Estado de Goiás. |
| (Pittner et al., 2019) | Defense responses of wheat plants (<i>Triticum aestivum</i> L.) against brown spot as a result of possible elicitors application |
| (Ramos et al., 2024) | Nitrogen and Silicon Contribute to Wheat Defense's to <i>Pyrenophora tritici-repentis</i> , but in an Independent Manner |
| (Ducatti et al., 2023) | Indução de resistência em plantas de trigo realizada em campo aberto com o uso de diferentes eliciadores |

Fonte: Autores (2025).

Ao considerar a qualidade do grão de trigo, é comum associar esse tema a um conjunto de condições de cultivo, como características do solo, temperatura, umidade, doenças e manejo da cultura, além dos procedimentos de colheita, secagem e armazenamento. Esses fatores influenciam diretamente o uso industrial do produto final. Portanto, é fundamental evitar e controlar as doenças nessa cultura, buscando substâncias que tornem o manejo mais eficiente e econômico. Nesse sentido, a indução de resistência em plantas de trigo pode contribuir para a redução de doenças e o aumento da produtividade (Pittner et al. 2017).

Quando as plantas detectam indutores de resistência, são ativadas vias de sinalização que iniciam processos como a produção de enzimas, o engrossamento da parede celular e a síntese de fitoalexinas. A ativação dessas vias de indução de resistência é crucial, pois permite que a planta fique, de certa forma, "vacinada" e pronta para se defender contra patógenos. Isso resulta em uma resposta mais rápida e eficaz do sistema de defesa da planta; quanto menos o patógeno conseguir agir, melhor será a sua produtividade (Pittner et al. 2017).

A indução de resistência (IR) tem por objetivo ativar os mecanismos latentes de resistência de um hospedeiro vegetal suscetível ou moderadamente resistente, por meio do uso de agentes abióticos ou bióticos (eliciadores/indutores), de modo que o mesmo tenha sucesso na defesa contra o ataque de patógenos como fungos, oomicetos, bactérias, vírus e nematoides. A IR pode ser empregada no manejo integrado de doenças e contribuir para que genótipos de alto valor agrônomico continuem ou passem a ser utilizados no campo (Pascholati & Cia, 2009).

Indutores de resistência contra doenças na cultura do trigo

Uma substância indutora é qualquer composto ou fator que pode ativar os mecanismos de defesa das plantas. Um indutor de resistência possui uma ou mais moléculas que atuam diretamente na ativação dessas defesas, sendo essas moléculas chamadas de eliciadores. Os eliciadores podem ser classificados conforme sua origem, em bióticos e abióticos. Os eliciadores bióticos se dividem em exógenos (que incluem moléculas ou fragmentos da parede celular de microrganismos, sejam eles patogênicos ou não, ou compostos extraídos do meio de cultivo desses microrganismos) e endógenos (que são moléculas liberadas pela própria planta), como os oligogalacturonídeos ou outros oligômeros da parede celular. Os indutores de resistência são bastante variados e podem englobar fungos, bactérias, vírus, nematoides, insetos, metabólitos, produtos de patógenos ou não patógenos, além de polímeros orgânicos e inorgânicos (Kuc, 2001).

Entre os compostos abióticos, estão presentes agentes físicos, como temperatura e radiações UV e gama, além de agentes químicos, que incluem moléculas orgânicas sintetizadas, como acibenzolar-S-metil (ASM), ácido salicílico, silicatos, ácido jasmônico, etileno, íons metálicos, alguns antibióticos e certos fungicidas que possuem efeitos fisiológicos (Pittner et al. 2017).

Ducatti et al., 2024 descrevem que o aproveitamento das defesas naturais das plantas, por meio da indução com diferentes compostos e estímulos, cresceu consideravelmente desde que foram descobertas as vias metabólicas responsáveis pela síntese de compostos especializados nas plantas. Quando estimuladas, as plantas emitem compostos orgânicos voláteis (VOCs) na atmosfera, que podem funcionar como comunicadores e eliciadores para outras plantas e organismos ao redor.

A utilização de elicitores (substâncias que têm a capacidade de ativar a indução de resistência) pode levar as plantas a produzirem metabólitos secundários. Esses metabólitos incluem várias substâncias que desempenham um papel nos mecanismos de indução de resistência. Um exemplo disso é a ativação de enzimas que fazem parte da cascata de proteção da planta. Pesquisas realizadas em plantas de trigo tratadas com diferentes indutores mostraram um aumento na atividade das enzimas fenilalanina amônia-ase e peroxidase. Observou-se um pico na atividade dessas enzimas quando expostas a diferentes elicitores, o que indica que essas substâncias ajudaram a ativar os mecanismos de defesa nas plantas de trigo (Pittner et al. 2019).

O papel benéfico da comunidade microbiana na promoção do crescimento das plantas pode ocorrer de inúmeras formas, por exemplo, atuando na mobilização e transporte de nutrientes para a planta pela fixação de nitrogênio e solubilização/ mineralização de fósforo, aumento da área de absorção das raízes, produção de fito-hormônios e de compostos orgânicos voláteis que estimulam o desenvolvimento vegetal e proteção das plantas contra patógenos. Entre os microrganismos promotores de crescimento de plantas (MPCP) destacam-se bactérias gram-negativas dos gêneros *Azospirillum*, *Gluconacetobacter*, *Pseudomonas* e *Rhizobium*, embora alguns gêneros gram-positivos, como *Bacillus* e *Paenibacillus* também sejam conhecidos. Alguns fungos, como os do gênero *Trichoderma*, também desempenham um papel importante tanto na indução de resistência quanto na promoção do crescimento das plantas (Gomes et al., 2016).

Ainda, de acordo com Pittner et al. (2019) a aplicação de substâncias indutoras diminuiu a severidade da mancha marrom em trigo, cultivar BRS Sabiá. A aplicação das suspensões dos fungos endofíticos, ácido salicílico e também do Acibenzolar-S metil (ASM) diminuíram a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) quando comparados com a testemunha. Estes tratamentos são eficazes por atrasarem e/ou impedirem o progresso da doença.

A brusone é uma doença provocada pelo fungo *Pyricularia oryzae* em sua fase anamórfica (assexuada) ou pelo fungo *Magnaporthe oryzae* em sua fase teleomorfa (sexuada). Essa doença pode afetar toda a planta, desde o início até o final do ciclo de produção dos grãos. A fase mais crítica ocorre nas folhas entre 20 e 50 dias após a emergência, ou na panícula durante o enchimento dos grãos. Inicialmente, a doença provoca lesões necróticas de coloração marrom, que evoluem, aumentando de

tamanho e apresentando um centro cinza ou esbranquiçado com bordas marrons (Souza, 2014). Diante disso, os produtores estão em busca de métodos alternativos para o controle da brusone do trigo.

O silício (Si) se destaca como uma opção promissora para o controle de doenças de plantas, pois possui o potencial de reduzir a intensidade de doenças significativas em várias culturas. Araujo et al., (2019) avaliaram o efeito do Si na melhoria da produção de fotoassimilados em folhas bandeira de plantas de trigo em um cenário onde os sintomas da brusone diminuíram como resultado da potencialização dos mecanismos de defesa pelo Si. Em conclusão, o Si mostrou um efeito benéfico na melhoria da relação fonte-dreno de folhas e espigas bandeira infectadas, preservando alterações na produção de assimilados e partição durante o processo de enchimento de grãos.

Em outro estudo, Araujo et al., (2023) avaliaram diferentes concentrações foliares de silício (Si) e magnésio (Mg) em plantas de trigo para resistência à brusone (*P. oryzae*). Neste estudo não foram observadas evidências de sinergismo entre Si e Mg ou um possível efeito de maior concentração foliar de Mg para maximizar a resistência do trigo à brusone. O fato de o Mg não ter conseguido reduzir os sintomas da brusone não pode descartar seu efeito indireto nas reações de defesa do trigo, considerando as principais funções que desempenha no metabolismo das plantas, especialmente no nível fotossintético.

Moreira et al., (2020) avaliaram o efeito de sulfato de zinco sobre a severidade de *M. oryzae* em folhas de trigo, a produção de peróxido de hidrogênio e de morte celular da planta. Os resultados mostraram que a interação entre cultivares de trigo e concentrações de sulfato de zinco influenciam na eficiência da redução da severidade da doença. Na região Centro-Oeste do Brasil houve um grande crescimento da triticultura, entretanto, doenças como a mancha amarela (*Pyrenophora tritici-repentis*) são uma preocupação.

Nakamura et al., (2022) avaliaram a eficiência do silício associado a fungicidas na redução da severidade da mancha amarela do trigo no Estado de Goiás. Concluiu-se que a aplicação do silício reduziu a severidade da mancha amarela do trigo, indicando o efeito do micronutriente como um indutor de resistência nas plantas nas condições do Cerrado goiano.

Ramos et al., (2024) avaliaram o efeito do nitrogênio (N) e do silício (Si) na redução dos danos causados pela mancha amarela (*P. tritici-repentis* (Ptr)) no trigo. Foram investigadas respostas histocitológicas e bioquímicas de defesa contra Ptr em folhas de trigo tratadas com Si e N. A severidade da mancha amarela do trigo foi reduzida por ambos os elementos, mas sua interação não evidencia efeitos sinérgicos no controle desta doença.

Ern et al., 2022 analisaram a eficiência de tipos diferentes de controle de doenças na cultura do trigo com a utilização de produtos com base biológica, química e indução de resistência aplicados via foliar e diretamente no solo. A aplicação de esterco bovino curtido, que auxilia no crescimento e desenvolvimento da planta, atua na divisão e multiplicação de células fazendo com que as células da parede fiquem mais espessas e a contaminação do patógeno seja dificultada. Na parcela com aplicação do esterco bovino notou-se um melhor desenvolvimento das plantas. Os resultados demonstraram que na parcela em que foi feito controle pelos produtos biológicos, não houve incidência da doença.

A doença giberela, causada pelo fungo *Gibberella zea* (Schw.) Petch está entre as doenças com maior potencial de danos em cereais de inverno, e de ocorrência nas principais regiões tritícolas do mundo (Del Ponte et al., 2015). Fontana et al., (2019) avaliaram a dose, época e número de aplicação ideais de ácido metil salicílico (ASM) para o controle da giberela durante a antese e sua influência sobre as características agrônômicas da cultura do trigo. A dose de 37,5 g ha⁻¹ de ASM proporcionou baixos percentuais de incidência e severidade de giberela em grãos de trigo, sugerindo inserção do ASM no manejo integrado da doença. A dose de 12,5 g ha⁻¹ de ASM condicionou incremento na produtividade de trigo.

Pittner et al., 2019 avaliaram a resposta de plantas de trigo diante da aplicação de possíveis compostos elicitores contra amancha marrom causada por *Bipolaris sorokiniana*. Tal resposta foi examinada por meio da quantificação de enzimas antioxidantes, da análise da severidade da doença mancha marrom e da produtividade na cultura do trigo. As suspensões de fungos endofíticos, *Aspergillus japonicus* e *Trichoderma tomentosum*, demonstraram potencial como promotores de

crescimento, redutores da severidade da doença e ativadores de resposta antioxidante protetora, pois promoveram o aumento significativo das enzimas superóxido dismutase e catalase, das glutatonas e flavonoides.

Ducatti et al., (2023) utilizaram dois eliciadores vegetais (Acibenzolar-S-Metil e Carragena) para condicionar plantas de trigo e aumentar a atividade de seus metabolismos primário e especializado, a fim de proporcionar ganhos qualitativos e quantitativos à cultura. A utilização dos eliciadores permitiu a obtenção de plantas com maior tamanho, menor severidade de oídio, e sementes com maior vigor. Os eliciadores testados podem ser recomendados como aditivos aos fungicidas para melhorar a eficiência no controle de doenças e proporcionar maiores ganhos à cultura.

Moreira et al., (2024) realizaram uma revisão bibliográfica mostrando a eficiência do uso do extrato de algas a base de *Ascophyllum nodosum*, na produção de grãos. Foi possível constatar aumento do sistema radicular, pigmentos fotossintetizantes e acessórios, eficiência absorção de nitrogênio do solo, e indução a resistência sobre a doença denominada de ferrugem da cabeça do Fusarium e redução da produção de micotoxinas em trigo. Nesse trabalho os autores concluíram que o uso de bioestimulantes a base de extrato de algas serve como estímulo para o desenvolvimento de novos estudos visando compreender o seu modo de ação no mecanismo vegetal e possivelmente contribuindo para o uso deste em larga escala em culturas comerciais e reduzir a utilização de produtos químicos.

4. Considerações Finais

O trigo é um dos cereais mais consumidos globalmente, sendo vital para a fabricação de alimentos como pães, massas, bolos e biscoitos, que são parte integrante da dieta diária da maioria dos brasileiros. Nos últimos anos, o Brasil tem alcançado avanços significativos em termos de produtividade e na adaptação de variedades, o que tem possibilitado a expansão do cultivo em novas regiões e ajudado a diminuir a dependência de importações. A produção de trigo no Brasil desempenha um papel fundamental na cadeia agrícola do país, evidenciando não apenas a importância dessa cultura para o abastecimento interno, mas também sua crescente relevância nas exportações.

A adoção de novas tecnologias sustentáveis no agronegócio brasileiro já é uma realidade, refletindo a crescente conscientização sobre a importância de práticas agrícolas responsáveis. Essa transição pode resultar em uma diminuição gradual do uso de produtos químicos, que, além de causar danos irreparáveis ao meio ambiente, podem ser transferidos entre os níveis tróficos da cadeia alimentar, impactando a saúde dos ecossistemas e dos seres vivos. Essa mudança é fundamental para promover uma agricultura mais sustentável e preservar o meio ambiente para as futuras gerações.

A resistência induzida de plantas contra patógenos representa um importante passo para as novas estratégias de controle e manejo de doenças, reduzindo o uso dos defensivos tradicionais. Práticas sustentáveis, como a adoção de tecnologias agrícolas que minimizam o uso de produtos químicos, corroboram com a preocupação global pela preservação do meio ambiente. Essas abordagens visam não apenas proteger o meio ambiente, mas também garantir a segurança alimentar e a saúde das futuras gerações.

Uma substância indutora é qualquer composto ou fator que pode ativar os mecanismos de defesa das plantas. Os eliciadores/elicitores podem ser classificados conforme sua origem, em bióticos e abióticos. A aplicação de elicitores juntamente com fungicidas tem demonstrado uma redução significativa na gravidade e na progressão de algumas doenças em plantas de trigo, tornando essa estratégia uma opção recomendada para o controle de doenças. Além disso, o uso de elicitores contribui para o aumento da altura das plantas, para a produção de grãos de melhor qualidade, e ainda melhora no vigor das plantas.

Pesquisas evidenciam a relevância da utilização do silício como uma alternativa importante para a redução da severidade de doenças no trigo. Todos os estudos apontados, argumentam que a adubação silicatada é uma alternativa que

promove bons resultados. Além disso, a adubação de silício combinada com bioestimulantes promovem resultados ainda mais significativos.

Nos últimos anos, a pesquisa envolvendo fungos se tornou uma área de grande relevância, principalmente devido aos importantes metabólitos que possuem diversas atividades biológicas e um considerável potencial de aplicação na agricultura. É possível observar que algumas espécies de *Trichoderma* podem ajudar a reduzir a severidade de doenças fúngicas, aumentar a atividade de determinadas enzimas e ainda favorecer o aumento da produtividade. Essa abordagem se revela como uma alternativa de baixo impacto ambiental e custo acessível na cultura do trigo, além de possibilitar a descoberta de novos compostos químicos que podem ser vantajosos para a agricultura.

Recomenda-se que pesquisas futuras explorem ainda mais o desempenho de indutores de resistência contra patógenos na cultura do trigo, já que evidências indicam resultados positivos. Portanto, é importante que novos estudos sejam realizados para identificar alternativas que potencializem ainda mais a aplicação de substâncias eliciadoras na agricultura.

Referências

- Anima. (2014). Manual revisão bibliográfica sistemática integrativa: a pesquisa baseada em evidências. Grupo Anima.
- Araújo, M. U. P., Rios, J. A., Silva, E. T., & Rodrigues, F. Á. (2019). Silicon Alleviates Changes in the Source-Sink Relationship of Wheat Plants Infected by *Pyricularia oryzae*. *Phytopathology*, 109(7), 1129–1140. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-11-18-0428-R>
- Araujo, M. U. P., Oliveira, L. M., Silva, L. C. et al. (2023). Silicon, magnesium, and their interaction on wheat resistance against blast. *Plant Soil*, 490, 401–42.
- Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. (2024). Acompanhamento da safra brasileira – Grãos. 11 - Safra 2023/24 - Décimo levantamento, Brasília, 1-121, julho de 2024.
- Del Ponte, E. M.; Spolti, P.; Ward, T. J.; Gomes, L. B.; Nicólli, C. P.; Kuhnem, P. R.; Silva, C. N. & Tessmann, D. J. (2015). Regional and field-specific factors affect the composition of *Fusarium* head blight pathogens in subtropical no-till wheat agroecosystem of Brazil. *Phytopathology*, 105, 2, 246-254.
- Dias, M., da Silva, J. P., da Silva, S. M., Nunes, C. P., Cardoso, B. L. C., & Souza, L. H. R. (2024). Análise descritiva de dados na educação: limites e possibilidades. *Análise de Dados Quantitativos na Educação*, 20-30.
- Ducatti, R. D. B., Tironi, S. P., Wordell-Filho, J. A., Radünz, A. L., & Mazaro, S. M. (2023). Interferência de desenhos experimentais nos resultados de estudos de indução de resistência conduzidos com trigo. *Revista Thema*, 23(2), 333–342. <https://doi.org/10.15536/thema.V23.2024.333-342.3485>
- EMBRAPA. (2023). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Informações técnicas para trigo e triticales. 142.
- Ern, L. V., Stern, C., Martins, P., & Reidel, A. (2022). Metodologias de controle de doenças na cultura do trigo. In *Ciências Agrárias: O Avanço Da Ciência No Brasil-Volume 4* (4, 234-245). Editora Científica Digital.
- Fontana, D. C., Kulczinsky, S. M., Zanatta, T. P., Pinheiro, M. V. M., & Da Silva, J. C. (2019). Aplicação de acibenzolar-s-methyl em trigo no controle alternativo de *Gibberella zeae*. *Revista Cultura Agrônômica*, 28(2), 138.
- Galvão, M. C. B. & Ricarte, I. L. M. (2020). Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. *Filosofia da informação*, 6(1) 57-53.
- Galvão, T. F. & Pereira, M. G. (2014). Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 23(1), 183-185.
- Gerhardt, T. E. & Silveira, D. T. (2009). *Métodos de Pesquisa*. Editora da UFRGS.
- Gil, A. C. (2019). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. (7. ed.). Editora Atlas.
- Gomes, E. A., Silva, U. D. C., Oliveira-Paiva, C. A., LANA, U. D. P., Marriel, I. E., & dos Santos, V. L. (2016). Microrganismos promotores do crescimento de plantas.
- Hammerschmidt, H. & Dann, E. K. Induced resistance to disease. In: Rechcigl, N.A. & Rechcigl, J. E. (Eds.) (1997). *Environmentally Safe Approaches to Crop Disease Control*. Boca Raton: CRC - Lewis Publishers, Cap.8:177-199.
- Kuc, J. (2001) Concepts and Direction of Induced Systemic Resistance in Plants and Its Application. *European Journal of Plant Pathology*, 107, 7-12.
- Mattos, P. C. (2015). Tipos de revisão de literatura. Unesp, 1-9. Recuperado de <https://www.fca.unesp.br/Home/Biblioteca/tipos-de-evisao-de-literatura.pdf>.
- Métraux, J. P. (2007). Induced defenses in plants. In: *Indução de resistência em plantas a patógenos*. Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa.
- Moreira, C.; Camacho, M.A. & Graichen, F.A.S. (2020). Redução da severidade da brusone do trigo com aplicação foliar de sulfato de zinco. *Summa Phytopathologica*, 46, 3, 255-259.

Moreira, M., Sillmann, T. A., & Silva, A. L. da. (2024). Uso do extrato de algas como potencializador da eficiência do cultivo de grãos. *Revista Foco*, 17(10), e6108. <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v17n10-007>

Nakamura, F.M., Marinho, M.D., & Marques, E. (2021). Influence of silicon on wheat tan spot severity in the State of Goiás. *Revista Agraria Acadêmica*.

Pascholati, S. F.; Cia, P. (2009). Uso de indutores de resistência: conceito, realidade e perspectivas. In: Fancelli, A. L.; Dourado Neto, D. Milho: manejo e produtividade. Piracicaba: USP/ esAIQ/IPV. 177-181.

Pittner, E., Marek, J. & de Azevedo, D. (2017). Indução de resistência em trigo. *Revista Cultivar*, 220.

Pittner, E., Marek, J., Bortuli, D., Santos, L. A., Knob, A., & Faria, C. M. D. R. (2019). Defense responses of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) against brown spot as a result of possible elicitors application. *Arquivos do Instituto Biológico*, 86, e0312017.

Praça, F. S. G. (2015). Metodologia da Pesquisa Científica: Organização estrutural e os desafios para redigir o trabalho de conclusão. *Revista Eletrônica "Diálogos Acadêmicos"*, 1, 72-87.

Román Ramos, A. E., Aucique-Pérez, C. E., Debona, D., & Dallagnol, L. J. (2024). Nitrogen and Silicon Contribute to Wheat Defense's to *Pyrenophora tritici-repentis*, but in an Independent Manner. *Plants*, 13.

Souza, A. C. A. (2014). Silício e bioagentes na supressão da brusone foliar em arroz. Dissertação de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1 -53.

USDA. United States Department of Agriculture. National Agricultural Statistics Service. (2023). Principal Crops Area Planted – States and United States: 2021-2023. EUA, 2023. <https://downloads.usda.library.cornell.edu/usdaemis/files/j098zb09z/hh63v8465/zg64w269x/acrg0623.pdf>