



CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

Anna Clara Pereira Borba

**AGENTES CAUSADORES DO COMPLEXO DE HELMINTHOSPORIOSE NO
MILHO: UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Bambuí – MG

2025

ANNA CLARA PEREIRA BORBA

**AGENTES CAUSADORES DO COMPLEXO DE HELMINTHOSPORIOSE NO
MILHO: UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Bambuí como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Loran de Oliveira Freitas

Bambuí – MG

2025



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Bambuí
Diretoria de Ensino

Departamento de Ciências Agrárias
Faz. Varginha - Rodovia Bambuí/Medeiros - Km 05 - Caixa Postal 05 - CEP 38900-000 - Bambuí - MG
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANNA CLARA PEREIRA BORBA

AGENTES CAUSADORES DO COMPLEXO DE HELMINTHOSPORIOSE NO MILHO: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Agronomia, ofertado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Bambuí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Aprovada em 23 de Julho de 2025, pela Banca Examinadora:

Prof. Dr. Marcelo Loran de Oliveira Freitas - IFMG *Campus* Bambuí - Orientador

Prof. Dr. Carlos Manoel de Oliveira - IFMG *Campus* Bambuí

Ms. Eng. Agr. Konrad Passos e Silva - IFMG *Campus* Bambuí

Bambuí, 23 de julho de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Loran de Oliveira Freitas, Professor**, em 23/07/2025, às 17:33, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Carlos Manoel de Oliveira, Professor**, em 23/07/2025, às 17:37, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Konrad Passos e Silva, Técnico em Agropecuária**, em 23/07/2025, às 17:38, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **2394254** e o código CRC **3C27A97E**.

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - *Campus Bambuí*

B726a Borba, Ana Clara Pereira.

Agentes causadores do complexo de Helminthosporiose no milho: uma revisão de literatura [manuscrito] / Ana Clara Pereira Borba – 2025.

25 f. : il. ; color.

Orientador: Marcelo Loran de Oliveira Freitas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais. *Campus Bambuí*, 2025.

1. *Zea mays* L. 2. Doenças foliares. 3. *Bipolaris maydis*. 4. *Exserohilum turcicum*. 5. Variabilidade genética. I. Freitas, Marcelo Loran de Oliveira. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus Bambuí*. III. Título.

CDD 632.4

Catálogo: João Batista Rodrigues - CRB-6/2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me possibilitar chegar até aqui, sem ele eu não seria nada, obrigada por me amparar, por me dar saúde e fé para superar os obstáculos , e principalmente força, para aqueles dias em que eu queria desistir, mas ele me fez perseverar.

A toda comunidade que integra o IFMG-Campus Bambuí, pela grande oportunidade de cursar Agronomia, por tornar realidade tudo aquilo que um dia foi sonho.

Aos meu professores, agradeço cada qual com sua participação, para que eu me tornasse uma profissional preparada, pronta e confiante para o mercado de trabalho. Em especial, ao meu orientador, pelo apoio e confiança na elaboração deste trabalho.

A minha mãe Aldrey e ao meu pai Márcio, pelo incasável apoio, pelas palavras de conforto e alento, pois não mediram esforços para a realização do meu sonho e sonharam comigo.

A minha amada irmã Maria Teresa, que incessantemente me apoiou, ajudou e amparou em diversas situações ao longo dessa caminhada.

Ao meu quarteto de todos os trabalhos, perrengues e vivências acadêmicas, Dani, Maria e Rômulo, o meu muito obrigada pela ajuda e por nunca terem soltado minha mão nessa longa e ardúa caminhada.

À minha família e amigos no geral, o amor e a amizade de vocês foi fundamental para eu chegar até aqui.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para minha formação.

RESUMO

BORBA, Anna Clara Pereira. **Agentes causadores do complexo de helminthosporiose no milho: uma revisão de literatura.** Bambuí: IFMG Campus Bambuí, 2025. 26p.

A Helminthosporiose é uma das principais doenças foliares que acometem a cultura do milho (*Zea mays L.*), especialmente em regiões tropicais e em plantios sucessivos como o milho safrinha. Causada por diferentes espécies de fungos, com destaque para *Bipolaris maydis* e *Exserohilum turcicum*, a doença pode ocasionar perdas expressivas na produtividade e qualidade dos grãos. Este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica aprofundada sobre o complexo dos agentes causadores da helminthosporiose no milho, abordando aspectos como morfologia, epidemiologia, sintomatologia, variabilidade genética e estratégias de manejo. Os resultados demonstraram que, apesar da semelhança entre os sintomas provocados por diferentes espécies, existem distinções genéticas e biológicas relevantes que interferem diretamente na dinâmica da doença e na escolha das medidas de controle. Técnicas moleculares como PCR-RFLP e RAPD se mostraram eficazes na diferenciação dos patógenos, sendo ferramentas importantes para diagnóstico e programas de melhoramento genético. Conclui-se que o manejo eficiente da helminthosporiose depende da identificação precisa dos agentes etiológicos, do uso integrado de cultivares resistentes, práticas culturais adequadas e da aplicação racional de fungicidas, contribuindo para a sustentabilidade das lavouras e para a segurança alimentar.

Palavras-chave: *Zea mays L.*; doenças foliares; *Bipolaris maydis*; *Exserohilum turcicum*; variabilidade genética.

ABSTRACT

BORBA, Anna Clara Pereira. **Causal agents of the helminthosporium complex in maize: a literature review.** Bambuí: IFMG Campus Bambuí, 2025. 26p.

Helminthosporiosis is one of the main foliar diseases affecting maize (*Zea mays* L.), especially in tropical regions and in successive plantings such as second-season maize ("safrinha"). Caused by different species of fungi—most notably *Bipolaris maydis* and *Exserohilum turcicum*—the disease can lead to significant losses in both grain productivity and quality. This study aimed to conduct an in-depth literature review on the causal agents of helminthosporiosis in maize, addressing aspects such as morphology, epidemiology, symptomatology, genetic variability, and management strategies. The results showed that despite the similarity in symptoms caused by different species, there are relevant genetic and biological distinctions that directly affect disease dynamics and the selection of control measures. Molecular techniques such as PCR-RFLP and RAPD proved effective in differentiating pathogens, serving as important tools for diagnosis and genetic improvement programs. It is concluded that effective management of helminthosporiosis depends on accurate identification of the etiological agents, integrated use of resistant cultivars, appropriate cultural practices, and rational fungicide application, contributing to crop sustainability and food security.

Keywords: *Zea mays* L.; foliar diseases; *Bipolaris maydis*; *Exserohilum turcicum*; genetic variability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Conídios de <i>Bipolaris maydis</i>	14
Figura 2 - Conídios de <i>E. turcicum</i> ou <i>D. Túrcica</i>	14
Figura 3- Esporângios de <i>B. Maydis</i>	14
Figura 4- Esporângios de <i>E. Turcicum</i>	14
Figura 5- Fenograma UPGMA baseado em perfis de PCR-RFLP obtidos da região ITS de isolados de fungos causadores de Helminthosporiose em arroz, trigo e milho.....	15
Figura 6 - Fenograma UPGMA gerado a partir de perfis RAPD com 132 marcadores de isolados fúngicos causadores de Helminthosporiose.....	16
Figura 7 - Lesões provocadas por <i>Bipolaris maydis</i>	18
Figura 8 - Lesões provocadas por <i>Exserohilum turcicum</i>	18

SÚMARIO

1.	INTRODUÇÃO.....	8
2.	OBJETIVOS	10
2.1	Objetivo geral	10
2.2	Objetivos específicos.....	10
3.	REFERENCIAL TEÓRICO	11
3.1	Introdução ao cultivo do milho	11
3.2	Doenças fúngicas no milho.....	12
3.3	A Helminthosporiose no milho.....	122
3.4	Agentes causadores da Helminthosporiose; morfologia e genética	13
3.5	Sintomatologia da helminthosporiose	17
3.6	Estratégias de manejo	18
4.	MATERIAL E MÉTODOS.....	19
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	20
6.	CONCLUSÃO	22
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

1. INTRODUÇÃO

A Helminthosporiose, uma doença fúngica, que afeta amplamente a cultura do milho (*Zea mays*), tal cereal é uma cultura de ampla importância econômica e nutricional, não só nacionalmente, mas em uma escala global, ele é parte da alimentação humana e animal, e a partir dele são oriundos vários subprodutos que são usados em nosso dia a dia.

Devido a grande importância econômica, é preciso estar de olho nas doenças que mais atingem essa cultura, segundo a Embrapa (2021), quando a situação é favorável ao desenvolvimento da doença, ela pode causar perdas equivalentes a 50% da produção, quando o ataque começa antes da floração.

Sendo assim, a helminthosporiose causa significativas perdas na produtividade, qualidade e valor comercial do grão, impactando diretamente a economia rural e a segurança alimentar de uma população.

Desta forma, faz-se necessária a pesquisa incessante sobre os agentes causadores da doença e suas principais nuances de sintomas, afim de que possam ter informações palpáveis e que essas ajudem de forma direta e concreta no controle da doença. Sendo assim, é possível que a doença não aconteça de forma tão severa a campo, se por ventura, acontecer, que tenham medidas de controle e manejos eficazes para controlar os prejuízos para não ocorrer perdas de produtividade.

Vários fungos podem causar a helminthosporiose, sendo alguns deles *Exserohilum turcicum*, *Bipolaris maydis*, entre outros. Tais patógenos causam alguns sintomas específicos e típicos, como as lesões necróticas, elípticas, que medem de 2,5 cm a 15 cm de comprimento. As primeiras lesões irão surgir nas folhas mais velhas, tendo a coloração do tecido necrosado variando de cinza a marrom e, no interior das lesões, observa-se intensa esporulação do patógeno.

A sobrevivência do fungo, de maneira geral acontece em restos culturais infectados e grãos, transportados por respingos de chuva e por vento, os conídios, esporos assexuais, chegam e adaptam-se muito bem. A helminthosporiose é favorecida por alta umidade relativa, e a temperatura ótima para o desenvolvimento da doença é de 22 a 30°C. A ocorrência de longos períodos de seca, de dias de muito sol e dias chuvosos são desfavoráveis à doença (EMBRAPA, 2021).

É necessário salientar que o complexo da helminthosporiose é causado por mais de um gênero de fungo, no Brasil as maiores severidades têm sido causadas durante os plantios em safrinha (EMBRAPA, 2021). Conquanto, existem diversas lacunas acerca dos agentes

causadores da doença e dos fatores que predisõem o seu desenvolvimento e controle.

Desse modo, devido à falta de informações atualizadas sobre a doença e a tomada de decisões acerca dos danos causados pela mesma, torna-se um momento difícil e com muitas chances que induzem ao erro. Portanto, a identificação dos agentes causadores e a compreensão dos fatores que influenciam a helminthosporiose são essenciais para desenvolver estratégias eficazes de controle e manejo.

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre os agentes causadores da helminthosporiose no milho, buscando assim, identificar os principais fungos causadores, os fatores que influenciam a doença e as estratégias de controle e manejo mais eficazes.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo principal identificar através de alguns parâmetros os principais agentes causadores do complexo da Helminthosporiose na cultura do milho.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar uma revisão bibliográfica acerca dos agentes causadores da Helminthosporiose na cultura do milho.
- Identificar as espécies mais relevantes de fungos envolvidas na doença.
- Analisar os fatores que predispõem a doença.
- Detectar as estratégias de controle e manejo mais eficazes.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Introdução ao cultivo do milho

O milho (*Zea mays* L.), pertencente à família Poaceae, é uma das principais culturas agrícolas do mundo, sendo amplamente cultivado em diversas regiões tropicais, subtropicais e temperadas. Além da relevância para a alimentação humana e animal, o milho também possui destaque na indústria, sendo matéria-prima para uma ampla variedade de produtos, desde biocombustíveis até alimentos processados. Como destaca Karam *et al.* (2018) “o milho é uma cultura estratégica tanto do ponto de vista alimentar quanto econômico, servindo de alicerce para diferentes cadeias produtivas no agronegócio”.

No cenário brasileiro, o milho figura entre as principais culturas de grãos, sendo cultivado em todas as regiões do país, com maior concentração nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (2023), a produção de milho no Brasil ultrapassou 125 milhões de toneladas na safra 2022/2023, consolidando o país como um dos maiores produtores mundiais do grão.

Outro fator importante na consolidação do milho como cultura de destaque é sua flexibilidade quanto à época de plantio. O milho pode ser cultivado tanto na safra principal (verão) quanto na safrinha (outono/inverno), esta última cada vez mais importante na matriz produtiva do país. Conforme Fernandes e Oliveira (2011), “a expansão do cultivo do milho safrinha tem sido acompanhada por desafios fitossanitários crescentes, em função do aumento da pressão de patógenos e da limitação de rotação de culturas”.

No entanto, a produtividade do milho é constantemente desafiada por diversos fatores bióticos e abióticos. Entre os agentes bióticos, destacam-se as doenças causadas por fungos, que comprometem significativamente o potencial produtivo da cultura. Dentre essas doenças, a Helminthosporiose ocupa posição de destaque, sendo considerada uma das principais enfermidades foliares que acometem o milho. Essa doença é causada por diferentes espécies fúngicas, anteriormente agrupadas no gênero *Helminthosporium*, mas atualmente redistribuídas em novos gêneros, como *Bipolaris* e *Exserohilum* (ZAMBOLIM, 2016).

A importância da Helminthosporiose se deve à sua ampla distribuição geográfica, capacidade de causar epidemias em condições favoráveis e à dificuldade de manejo, especialmente em sistemas de monocultura e sem rotação adequada. Segundo Mehta (2004,p.42), “as perdas decorrentes da helminthosporiose podem variar de 15% a 50%, dependendo do nível de suscetibilidade da cultivar, condições ambientais e práticas de manejo

adotadas”. Além disso, a complexidade do patossistema, envolvendo diferentes espécies e raças fisiológicas, torna o controle da doença ainda mais desafiador.

3.2 Doenças fúngicas no milho

As doenças fúngicas constituem um dos maiores entraves à produção de milho no Brasil e no mundo. O impacto dessas doenças vai desde a redução da área foliar fotossintética até a deterioração dos grãos, afetando diretamente a produtividade e a qualidade do produto colhido. Entre as principais doenças fúngicas que acometem o milho destacam-se: ferrugem comum, ferrugem polissora, cercosporiose, mancha de *phaeosphaeria*, mancha de diplodia, podridão do colmo e as helminthosporioses.

Segundo Casela e Ferreira (2002), “as doenças foliares causadas por fungos têm contribuído significativamente para a redução da produtividade do milho, principalmente em regiões de clima quente e úmido, que favorecem o desenvolvimento dos patógenos”. Dentre estas, a helminthosporiose tem ganhado relevância, especialmente pela sua capacidade de adaptação a diferentes ambientes e pela variabilidade genética dos agentes causadores.

A severidade das doenças fúngicas está relacionada a fatores como densidade populacional, espaçamento entrelinhas, manejo do solo, escolha de híbridos suscetíveis, ausência de práticas de rotação e semeadura direta sobre restos culturais contaminados. Além disso, mudanças no sistema de cultivo e o uso intensivo de monoculturas têm contribuído para o aumento da incidência e severidade das doenças.

3.3 A Helminthosporiose no milho

A Helminthosporiose é uma doença foliar causada por fungos dos gêneros *Exserohilum* e *Bipolaris*. Afeta principalmente as folhas, mas pode comprometer também colmo e espigas. É uma das doenças mais disseminadas no Brasil e está associada a perdas significativas em lavouras comerciais.

Historicamente, a Helminthosporiose ganhou notoriedade após a epidemia nos Estados Unidos nos anos 1970, associada ao uso do milho T-citoplásmico, altamente suscetível à Race T de *Bipolaris maydis* (WHITE, 2016). No Brasil, as condições tropicais e subtropicais favorecem a ocorrência constante da doença. Possui capacidade de infecção em condições de umidade elevada e temperaturas entre 18 e 27°C. A interação entre o milho e os fungos causadores da Helminthosporiose é do tipo necrotrófica e envolve múltiplos mecanismos de

defesa da planta e estratégias de virulência do patógeno. As espécies fúngicas produzem enzimas e toxinas que facilitam a penetração e colonização dos tecidos vegetais. Por outro lado, a planta ativa mecanismos de defesa como produção de fitoalexinas, espessamento de parede celular e expressão de genes de resistência. Os fungos produzem enzimas e toxinas que facilitam a penetração, como celulases, cutinases e a toxina T de *B. maydis* (MEHTA, 2004). No final da colonização o fungo produz conídios multicelulares e escuros, com germinação apical (CUNHA *et al.*, 2014).

A doença tende a se manifestar com maior severidade em plantas mais velhas, especialmente no terço médio e superior da planta. Em infecções severas, pode ocorrer morte prematura de folhas, comprometendo o enchimento de grãos resultando em perdas econômicas significativas.

3.4 Agentes causadores da Helminthosporiose; morfologia e genética

A Helminthosporiose do milho é causada por fungos filamentosos que pertencem principalmente aos gêneros *Bipolaris* e *Exserohilum*, anteriormente classificados como pertencentes ao gênero *Helminthosporium*. No entanto, estudos posteriores demonstraram que esse agrupamento era polifilético, ou seja, reunia espécies que não compartilhavam um ancestral comum direto.

Com isso, houve uma reorganização taxonômica, e muitos desses fungos passaram a ser classificados em novos gêneros, como *Bipolaris*, *Drechslera* e *Exserohilum*, cada um com características morfológicas e fisiológicas mais bem definidas.

As principais espécies associadas à doença são *Bipolaris maydis* (sin. *Cochliobolus heterostrophus*), *Bipolaris zeicola* (sin. *Cochliobolus carbonum*) e *Exserohilum turcicum* ou *Drechslera turcica* (sin. *Setosphaeria turcica*).

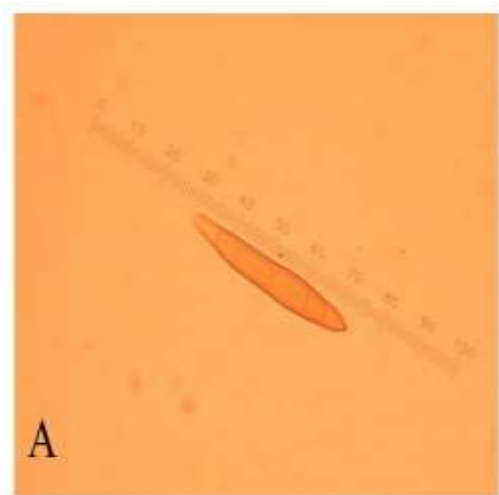
O fungo *B. maydis* possui conídios alongados (Figura 1), predominantemente curvos, com germinação do tipo bipolar, enquanto *E. turcicum* ou *D. túrcica* (Figura 2) apresenta conídios fusiformes, mais retos e com germinação nas laterais (COSTA *et al.*, 2014; COTA *et al.*, 2013).

Figura 1 - Conídios de *Bipolaris maydis*.



Fonte: Circular técnica Embrapa 207.

Figura 2 - Conídios de *E. turcicum*



Fonte: Roberto Luis De Rossi, 2015.

Figura 3- Esporângios de *B. Maydis*



Figura 8.72 - *Bipolaris* (telomorfo = *Cochliobolus*).

Fonte: Manual de Fitopatologia

Figura 4- Esporângios de *E. Turcicum*

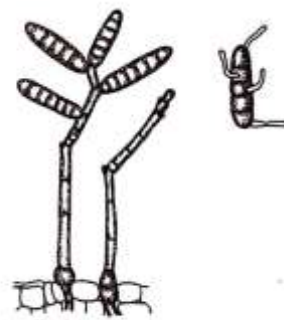


Figura 8.73 - *Drechslera* (telomorfo = *Cochliobolus*).

Fonte: Manual de Fitopatologia

A diferenciação entre essas espécies é realizada por meio de análises morfológicas e moleculares. As estruturas reprodutivas, como conídios e conidióforos, apresentam características distintas, e métodos moleculares, como a PCR, têm sido amplamente utilizados para o diagnóstico preciso.

Estudos recentes com base em técnicas moleculares revelam diferenças genéticas expressivas entre as espécies *B. maydis* e *E. turcicum*, especialmente quando se observa a região ITS (Internal Transcribed Spacer) do DNA ribossomal.

A análise desenvolvida por Weikert-Oliveira *et al.* (2002) utilizou a técnica de PCR-RFLP (Polymerase Chain Reaction - Restriction Fragment Length Polymorphism) para amplificar a região ITS1-5.8S-ITS2, utilizando os primers ITS1 e ITS4 (Figura 5).

A digestão com enzimas de restrição específicas revelou perfis distintos entre as espécies de fungos isoladas do milho. Enquanto *B. maydis* quanto *E. turcicum* apresentaram dois fragmentos com enzimas como EcoRI, HaeIII e AluI, foi possível observar polimorfismos sutis, por exemplo, a cepa *C. heterostrophus* (fase perfeita de *B. maydis*), a qual demonstrou variações nos padrões de bandas quando digerida com RsaI e HinfI, evidenciando diferenças intraespecíficas importantes (WEIKERT-OLIVEIRA *et al.*, 2002).

Figura 5 - Fenograma UPGMA baseado em perfis de PCR-RFLP obtidos da região ITS de isolados de fungos causadores de Helminthosporiose em arroz, trigo e milho.

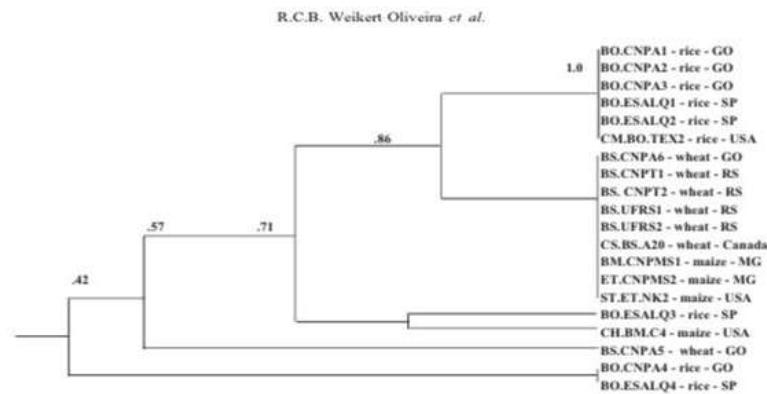


FIG. 1 - UPGMA-phenogram depicting relationships among 20 operating taxonomic units of fungal agents of "Helminthosporium" diseases in rice (*Oryza sativa*), wheat (*Triticum aestivum*), and maize (*Zea mays*) using 41 characters obtained by PCR-RFLP.

Fonte: WEIKERT-OLIVEIRA *et al.*,2002.

O dendrograma apresenta a relação filogenética entre 20 unidades taxonômicas operacionais (OTUs), incluindo os patógenos *Bipolaris maydis* e *Exserohilum turcicum* isolados da cultura do milho. A análise demonstra agrupamento por espécie e planta hospedeira, indicando polimorfismo intra e interespecífico (Weikert-Oliveira *et al.*, 2002).

Estudos de variabilidade genética utilizando RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) têm revelado informações cruciais sobre o grau de semelhança ou divergência entre diferentes espécies de fungos fitopatogênicos.

No caso dos patógenos da Helminthosporiose do milho, o estudo conduzido por Weikert-Oliveira *et al.* (2002) evidenciou que *Bipolaris maydis* e *Exserohilum turcicum*

compartilham algumas características genéticas, mas ainda assim formam agrupamentos distintos e bem definidos.

A técnica de RAPD baseia-se na amplificação de regiões genômicas aleatórias utilizando primers arbitrários. No estudo citado, um total de 132 marcadores reprodutíveis foi gerado, e os resultados foram analisados por meio da construção de um fenograma UPGMA (Figura 6).

Figura 6 - Fenograma UPGMA gerado a partir de perfis RAPD com 132 marcadores de isolados fúngicos causadores de Helminthosporiose.

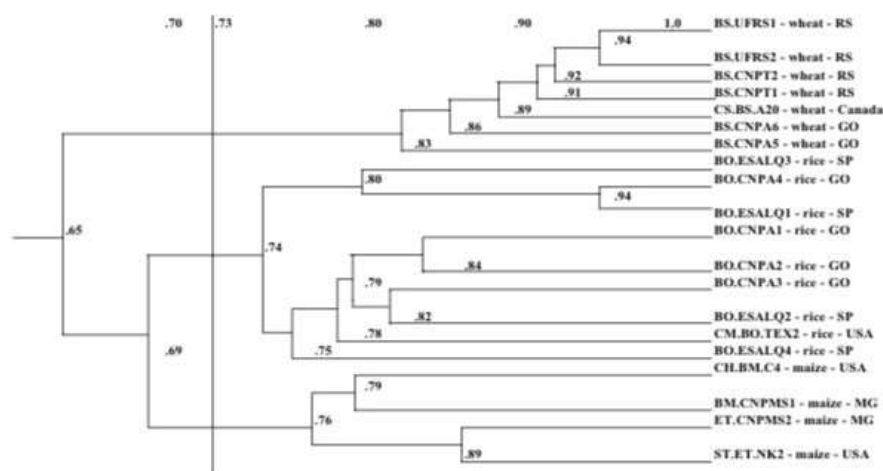


FIG 2 - UPGMA-phenogram depicting relationships among 20 operating taxonomic units of fungal agents of "Helminthosporium" diseases in rice (*Oryza sativa*), wheat (*Triticum aestivum*), and maize (*Zea mays*) using 132 characters obtained by RAPD.

Fonte: WEIKERT-OLIVEIRA *et al.*,2002.

(Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean). Os isolados de milho, tanto *B. maydis* quanto *E. turcicum*, foram agrupados no mesmo clado, indicando que compartilham uma origem filogenética relativamente próxima, com cerca de 76% de similaridade. Contudo, essa similaridade não significa identidade, pois as espécies ainda apresentam características biológicas e epidemiológicas muito diferentes. Pode-se concluir que são espécies de fungo diferentes, porém apresentam algumas características morfológicas e genéticas muito semelhantes.

A compreensão dessas diferenças é fundamental, especialmente quando se considera o desenvolvimento de cultivares resistentes para os programas de melhoramento genético. Portanto, a análise da região ITS por PCR-RFLP desponta como uma ferramenta complementar e valiosa na fitopatologia moderna, permitindo avançar para além da taxonomia clássica baseada apenas em morfologia.

De acordo com Cunha *et al.* (2014), “a identificação precisa da espécie fúngica envolvida na Helminthosporiose é essencial para a escolha das estratégias de manejo, pois existem diferenças significativas entre as espécies quanto à virulência, epidemiologia e resposta ao controle químico e genético”.

3.5 Sintomatologia da Helminthosporiose

Os sintomas da Helminthosporiose variam conforme a espécie fúngica envolvida, a cultivar do milho, a idade da planta e as condições ambientais. Em geral, as lesões iniciam-se como pequenos pontos cloróticos ou necróticos nas folhas, evoluindo para manchas maiores de coloração castanha, com formato elíptico a retangular.

Bipolaris maydis é o agente causal da mancha de maydis ou mancha foliar sul-coreana formando lesões elípticas de coloração marrom-claro a marrom-escuro (Figura 7). Já *Exserohilum turcicum* é o agente etiológico da *helminthosporiose turcicum*, caracterizada por lesões maiores, elípticas, com bordas bem definidas e coloração castanho-clara a escura (Figura 8).

O termo *stay-green* refere-se à capacidade de certas cultivares de milho (*Zea mays L.*) de manter por mais tempo o aparato fotossintético funcional durante o enchimento de grãos, retardando a senescência foliar natural. Essa característica agrônômica tem sido amplamente associada ao aumento da eficiência no uso da luz e dos nutrientes, maior tolerância a estresses bióticos e abióticos, e, conseqüentemente, ao incremento da produtividade e da qualidade do grão (Thomas & Smart, 1993; Borrell *et al.*, 2000). Plantas *stay-green* são particularmente importantes em ambientes com déficit hídrico ou com incidência de pragas e doenças, pois mantêm a fotossíntese ativa mesmo sob condições adversas.

Entretanto, a presença de doenças foliares como a Helminthosporiose, causada por *Bipolaris maydis* e *Exserohilum turcicum*, pode comprometer diretamente o potencial *stay-green*. Ambas as espécies fúngicas atacam o tecido foliar, provocando lesões necróticas que reduzem a área fotossintética efetiva da planta (Simmons, 1985; Perkins & Pedersen, 1997).

A perda funcional das folhas, mesmo em plantas geneticamente predispostas ao *stay-green*, pode anular os benefícios fisiológicos esperados, resultando em redução da assimilação de carbono e no menor enchimento dos grãos (Maldaner *et al.*, 2014). Assim, a severidade e a progressão da Helminthosporiose são fatores críticos a serem considerados no manejo de cultivares *stay-green*, sobretudo em regiões tropicais e subtropicais onde a doença é endêmica.

Segundo Pozza e Alves (2008), “as lesões provocadas por *Bipolaris maydis* são geralmente menores e de coloração marrom-claro, enquanto que as causadas por *Exserohilum turcicum* apresentam coloração mais escura e tamanho superior, podendo ultrapassar 10 cm de comprimento”.

Figura 7 - Lesões provocadas por *Bipolaris maydis*.



Fontes: Embrapa, Sementes Biomatriz, Brevant Sementes.

Figura 8 - Lesões provocadas por *Exserohilum turcicum*.



Fontes: Agroadvance, Revista Cultivar, Agrolink.

3.6 Estratégias de manejo

O controle da Helminthosporiose do milho exige uma abordagem integrada, combinando o uso de cultivares resistentes, práticas culturais adequadas, rotação de culturas e, quando necessário, o uso de fungicidas. A escolha de híbridos com resistência genética é uma das principais medidas preventivas e deve considerar a presença de diferentes raças do

patógeno na região de cultivo.

Segundo Zambolim (2016), “o manejo integrado da Helminthosporiose deve priorizar o uso de sementes certificadas, eliminação de restos culturais, espaçamento adequado e aplicação de fungicidas somente quando houver risco real de epidemia”. A aplicação de fungicidas deve ser feita com base no monitoramento da lavoura e seguindo recomendações técnicas, a fim de evitar o desenvolvimento de resistência, com aplicações dirigidas ao terço superior da planta durante a fase de enchimento de grãos. Produtos à base de estrobilurinas e triazóis têm sido eficazes.

Além disso, o uso de rotação de culturas com espécies não hospedeiras, como soja ou braquiária, contribui para a redução do inóculo no solo. A semeadura direta, embora apresente vantagens conservacionistas, deve ser associada a práticas que reduzam a sobrevivência do patógeno nos restos culturais, como o uso de cobertura vegetal diversificada.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Esta revisão bibliográfica foi conduzida para reunir e examinar dados científicos sobre os agentes causadores da Helminthosporiose no milho (*Zea mays L.*), fundamentando-se em publicações acadêmicas e técnicas de fontes fidedignas.

Foram utilizadas bases de dados reconhecidas na área agrônômica e fitopatológica, incluindo Google Scholar, Scopus, Web of Science, Science Direct, Scielo e Periódicos Capes. As buscas foram conduzidas utilizando combinações de palavras-chave em português e inglês, tais como: *helminthosporiose do milho, *Bipolaris maydis*, helmintosporiose *Zea mays*, maize leaf blight, Southern corn leaf blight e Northern corn leaf blight.

Artigos publicados de 2000 a 2024 foram aceitos, contanto que tratassem indiretamente dos agentes causadores da Helminthosporiose no milho, aspectos epidemiológicos, sintomas, mecanismos patogênicos e estratégias de controle. Foram eliminados estudos que não possuíam revisão por pares, trabalhos de opinião sem fundamentação experimental e artigos sem conexão direta com o tema, conquanto, foram escolhidos 35 trabalhos para fazerem parte da revisão, através de uma leitura aprofundada e criteriosa.

Os estudos escolhidos foram avaliados de forma crítica, considerando a confiabilidade das fontes, as metodologias utilizadas e a pertinência dos resultados encontrados. Os dados foram categorizados por temas, tais como: etiologia e variedade de patógenos, ciclo de vida e epidemiologia, sintomas e danos, e técnicas de controle (químico, biológico e cultural).

Para assegurar a integridade da revisão, as informações coletadas foram comparadas e consolidadas para assegurar a contextualização dos patógenos no Brasil e em outras áreas produtoras de milho.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Helminthosporiose do milho, apesar de conhecida há décadas, continua sendo um desafio fitossanitário atual, principalmente, em ambientes tropicais e em sistemas produtivos intensivos como o milho safrinha. Os resultados levantados na presente revisão bibliográfica evidenciam a complexidade do patossistema e a necessidade de um manejo ajustado às particularidades de cada agente etiológico envolvido, especialmente *Bipolaris maydis* e *Exserohilum turcicum*.

Os estudos analisados mostram que *B. maydis* possui alta capacidade de adaptação, sendo prevalentes em regiões de clima quente e úmido. Já *E. turcicum* tende a se estabelecer melhor em ambientes de temperaturas moderadas e com elevada umidade relativa do ar, geralmente acima de 90% (COTA *et al.*, 2013). Isso reforça o que é observado em campo: surtos de mancha foliar por *E. turcicum* são mais comuns em lavouras de milho no sul e sudeste do Brasil, enquanto *B. maydis* se manifesta com maior severidade no Centro-Oeste e Norte, principalmente quando há alta pressão da doença associada à monocultura e plantios contínuos.

No que tange à variabilidade genética dos patógenos, o estudo conduzido por Weikert-Oliveira *et al.* (2002), mostrou-se fundamental para a discussão. Por meio das técnicas de PCR-RFLP e RAPD, foi possível observar que apesar da proximidade genética entre os isolados de *B. maydis* e *E. turcicum*, os agrupamentos moleculares confirmam a distinção entre os dois patógenos, algo essencial para o diagnóstico correto e a escolha de estratégias de manejo. Essa diferenciação genética é corroborada por estudos mais recentes como os de Caligorne *et al.* (1999), que demonstraram a eficácia do uso de marcadores moleculares na identificação de fungos filamentosos.

É interessante observar que, além da morfologia dos conídios, a resposta dos patógenos às condições ambientais e ao controle químico varia. Por exemplo, Costa *et al.* (2014) destacam que a aplicação de fungicidas do grupo das estrobilurinas e triazóis tem mostrado boa eficácia contra *B. maydis*, sobretudo quando aplicados no momento adequado, geralmente entre o pré-pendoamento e o início da granação. Para *E. turcicum*, além do controle químico, o uso de cultivares com genes de resistência Ht1, Ht2 ou HtN ainda é uma

estratégia amplamente utilizada, embora a durabilidade dessa resistência esteja sendo ameaçada por novas raças do patógeno, como discutido por Ferguson & Carson (2007).

Outro ponto importante revelado pelos trabalhos analisados é que a sobrevivência dos patógenos entre safras depende fortemente da presença de restos culturais infectados. Tanto *B. maydis* quanto *E. turcicum* podem permanecer viáveis por longos períodos nos resíduos do milho, tornando essencial a adoção de práticas como a rotação de culturas e o revolvimento do solo, quando possível.

Essa observação é endossada por Levy & Pataky (1992), que demonstraram que áreas com plantio direto e sem manejo adequado dos restos culturais apresentaram maior incidência da doença nas safras subsequentes.

Na perspectiva de sistemas produtivos sustentáveis, a literatura aponta que o manejo integrado da Helminthosporiose deve ser construído com base em um tripé: diagnóstico preciso, uso de cultivares adaptadas e resistência genética, e monitoramento climático. Em campo, agricultores e técnicos ainda enfrentam dificuldades na distinção entre os sintomas das diferentes espécies de fungos, o que compromete a aplicação de medidas corretas. Por isso, a capacitação técnica e o uso de tecnologias como PCR e kits de diagnóstico rápido devem ser considerados ferramentas-chave.

Com base nessa análise, evidencia-se que não há um único fator determinante no sucesso ou fracasso do controle da Helminthosporiose. O conjunto das ações adotadas, em especial aquelas que consideram o tipo de patógeno predominante e sua biologia, é o que define o nível de sucesso do manejo.

Assim, compreender as diferenças genéticas, epidemiológicas e sintomatológicas entre os principais agentes da Helminthosporiose do milho é essencial para garantir produtividade, sustentabilidade e segurança fitossanitária nas lavouras brasileiras.

6. CONCLUSÃO

O complexo de Helminthosporiose do milho é causado pelos fungos *Bipolaris maydis* e *Exserohilum turcicum*. São fungos muito similares, porém com pequenas diferenças morfológicas no esporo e muito similares geneticamente. O fungo *Exserohilum turcicum* causa lesões maiores e o *Bipolaris maydis* causa lesões menores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CALIGIORNE, R. B. *et al.* Dematiaceous fungal pathogens: analysis of ribosomal DNA gene polymorphism by PCR-RFLP. **Mycoses**, v. 42, p. 609–614, 1999a.
- CASELA, C. R.; COSTA, R. V. da; SILVA, D. D. da. Doenças foliares do milho: sintomas, danos e controle. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, 2014. 8 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 207).
- CASELA, C.R.; FERREIRA, A.S. **Doenças do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: Safra 2022/23**. Brasília: Conab,2023.
- COSTA, R. V. da; SILVA, D. D. da; COTA, L. V. **Mancha-de-Bipolaris-do-Milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. (Circular Técnica, 207).
- COTA, L. V. *et al.* **Helminthosporiose causada por *Exserohilum turcicum* na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. (Circular Técnica, 195).
- CUNHA,M.G. *et al.* **Doenças do milho: diagnóstico e manejo**. Piracicaba: Instituto Agrônômico, 2014.
- DA COSTA, RV, & COTA, LV ([sd]). **Doenças foliares - portal embrapa** . Embrapa.Br. Acesso em 18 de janeiro de 2025, Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/pragas-e-doencas/doencas/doencas-foliares>.
- EMBRAPA. **Helminthosporiose em milho: identificação e manejo**.Brasília. Disponível em: <https://www.em.br>. Acesso em 26 de novembro de 2024.
- FA. **Produção de milho e sua importância global**. Roma: FAO, 2020. Disponível em: <https://www.f.org>. Acesso em 27 de novembro de 2024
- FERGUSON, L. M.; CARSON, M. L. Temporal variation in *Setosphaeria turcica* and origin of races 1, 23, and 23N. **Phytopathology**, v. 97, p. 1501–1511, 2007.
- FERNANDES,F.T.;OLIVEIRA,E. Cultivo do milho safrinha: desafios e perspectivas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, n. 2, p. 100–110, 2011.
- KARAM,D.*et al.* **Milho: o produtor pergunta, a Embrapa responde**.2.ed.Brasília: Embrapa, 2018. (Coleção 500 perguntas 500 respostas).
- LAGOAS, S., & Dezembro, MG ([sd]). **Doenças na Cultura do Milho**. Embrapa.br. Acesso em 18 de janeiro de 2025. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/490415/1/Circ83.pdf>.

MARTINS, Luís. **Desafios do manejo sustentável na monocultura do milho**. Disponível em: <https://www.cien.ufsm.br>. Acesso em: 28 de novembro de 2024

MEHTA, Y.R. **Doenças do milho: identificação e controle**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004.

OUELLET, T.; SEIFERT, K. A. Genetic characterization of *Fusarium graminearum* strains using RAPD and PCR amplification. **Phytopathology**, v. 83, p. 1003–1007, 1993.

PEREIRA, **Efeitos da helmintosporiose na produção e na qualidade do milho**. Agronomia Hoje. Disponível em: <https://www.agron.com>. Acesso em 27 de novembro de 2024.

POZZA, E.A.; ALVES, E. **Patologia de sementes: fundamentos e aplicações**. Lavras: UFLA, 2008.

SANTOS, A. O. dos; REIS, E. M.; *et al.* Morfologia de conídios e patogenicidade de isolados de *Exserohilum turcicum* da Argentina e do Brasil. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 41, n. 1, p. 58–63, jan.–mar. 2015. DOI: 10.1590/0100-5405/1948.

SIL. **Impacto das doenças fúngicas na cultura do milho e estratégias de manejo integradas**. Disponível em: <https://www.rbfito.você.br>. Acesso em: 28 de novembro de 2024.

ULLSTRUP, A. J. The impacts of the Southern corn leaf blight epidemics of 1970–1971. **Annual Review of Phytopathology**, v. 10, p. 37–50, 1972.

WEIKERT-OLIVEIRA, R. C. B. *et al.* Genetic variation among pathogens causing “Helminthosporium” diseases of rice, maize and wheat. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, p. 639–643, 2002.

WHITE, D. G. Compendium of Corn Diseases. 4. ed. St. Paul: APS Press, 2016.
ZAMBOLIM, L. (Org.). **Manejo integrado de doenças de plantas**. Viçosa: UFV, 2016.

BORRELL, A. K., HAMMER, G. L., & HENZELL, R. G. (2000). Does maintaining green leaf area in sorghum improve yield under drought? **Field Crops Research**, 70(3), 239–253.

THOMAS, H., & SMART, C. M. (1993). Crops that stay green. **Annals of Applied Biology**, 123(2), 193–219.

SIMMONS, S. R. (1985). Maize leaf blight caused by *Bipolaris maydis*: effects on photosynthesis and plant productivity. **Phytopathology**, 75(5), 589–592.

PERKINS, J. M., & PEDERSEN, W. L. (1997). Disease development and yield losses associated with northern leaf blight on corn. **Plant Disease**, 81(5), 466–468.

MALDANNER, I. C., STRECK, N. A., HELDWEIN, A. B., *et al.* (2014). Leaf senescence and green leaf area duration in maize hybrids with contrasting ear size. **Revista Ciência Agrônômica**, 45(4), 823–833.