

Ocorrência de patógenos e insetos pragas em populações de milho no Sul Capixaba



Programa de Pós-Graduação em Agroecologia
Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre

BOLETIM TÉCNICO Nº 8

Ocorrência de patógenos e insetos pragas em populações de milho no Sul Capixaba

Rafael de Almeida
João Carlos Cansian Junior
Vinicius Alves Porto Rodrigues
Lorena Souza Mauricio
Larissa Carvalho Nascimento
Ana Paula Cândido Gabriel Berilli
Monique Moreira Moulin

Exemplares digitais deste boletim técnico podem ser obtidos em:
Programa de Pós-Graduação em Agroecologia (PPGA)
Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre
Rodovia ES 482, km 47, Cx. Postal-47, Distrito de Rive, Alegre-ES
Telefone: (28) 3564-1808
www.ppga.alegre.ifes.edu.br

Capa
Os autores

Comissão de Editoração do PPGA:

Otacílio José Passos Rangel, Danielle Inácio Alves, Jeane de Almeida Alves, Jéferson Luiz Ferrari, Monique Moreira Moulin, Pedro Pierro Mendonça

Editoração Eletrônica
Os autores

Revisão de texto	Normalização bibliográfica
<i>Monique Moreira Moulin, Ana Paula</i>	<i>Danielle Inácio Alves</i>
<i>Cândido Gabriel Berilli, Cíntia dos</i>	
<i>Santos Bento</i>	

Contato
e-mail: ppga.alegre@ifes.edu.br Tel.: (28) 3564-1808

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Monsenhor José Bellotti – Ifes campus de Alegre

O19 Ocorrência de patógenos e insetos pragas em populações de milho no sul capixaba [recurso eletrônico] / Rafael de Almeida ... [et al.]. – Alegre: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, 2021.
31 f. il.

Vários autores
ISBN: 978-65-89716-70-9 (e-book)

1. Ecologia agrícola. 2. Milho - Cultivo. 3. Milho - Doenças. I. Almeida, Rafael. II. Título.

CDD: 630.2745

elaborada por Aline Kuplich – CRB-6/ES 540

@2021 Instituto Federal do Espírito Santo
Todos os direitos reservados.

É permitida a reprodução parcial desta obra, desde que citada a fonte.
O conteúdo dos textos é de inteira responsabilidade do autor.

Sumário

Resumo.....	5
Abstract.....	6
Introdução.....	7
Doenças.....	8
Antracnose do colmo.....	10
Diploidia maydis.....	11
Ferrugem branca.....	12
Ferrugem polissora.....	13
Mancha branca.....	14
Mancha de macróspora.....	16
Mancha por cercóspora.....	17
Míldio.....	18
Risca do milho.....	19
Lagarta do cartucho.....	20
Considerações finais.....	22
Agradecimentos.....	23
Referências.....	24

Ocorrência de patógenos e insetos pragas em populações de milho no Sul Capixaba

Rafael de Almeida¹
João Carlos Cansian Júnior²
Vinicius Alves Porto Rodrigues³
Lorena Souza Mauricio⁴
Larissa Carvalho Nascimento⁵
Ana Paula Candido Gabriel Berilli⁶
Monique Moreira Moulin⁷

Resumo - O milho (*Zea mays* L.) é um dos cereais mais cultivados em nível mundial, possuindo grande importância agrônômica, nutricional e industrial. Assim como as outras culturas agrícolas o milho é acometido por patógenos e insetos pragas que causam prejuízos significativos na lavoura de milho. Assim sendo, objetivou-se por meio de uma revisão de literatura abordar aspectos como a importância, a distribuição, os sintomas ou indícios e a epidemiologia das principais doenças e pragas encontradas nas populações de milho que compuseram o experimento para a avaliação do valor de cultivo e uso no sul capixaba.

Termos para indexação: agroecologia, antracnose, biodiversidade, fitopatologia.

1 Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Rodovia BR-482, Km 47, distrito de Rive-ES CEP: 29500-000, Alegre-ES. E-mail: rafael.t.dealmeida@gmail.com

2 Graduando em Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Rodovia BR-482, Km 47, distrito de Rive-ES CEP: 29500-000, Alegre-ES. E-mail: joaocj27@gmail.com

3 Graduando em Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Rodovia BR-482, Km 47, distrito de Rive-ES CEP: 29500-000, Alegre-ES. E-mail: viniciusalvesportorodrigues15@gmail.com

4 Graduanda em Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Rodovia BR-482, Km 47, distrito de Rive-ES CEP: 29500-000, Alegre-ES. E-mail: lorena_rittberg@hotmail.com

5 Msc. Técnica do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500- 000, Alegre-ES. E-mail: larissacn1@hotmail.com

6 Dra. Professora do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500- 000, Alegre-ES. E-mail: mmmoulin@ifes.edu.br

7 Dra. Professora do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500- 000, Alegre-ES. E-mail: mmmoulin@ifes.edu.br

Occurrence of pathogens and insect pests in maize populations in Southern Capixaba

Abstract – Corn (*Zea mays* L.) is one of the most cultivated cereals worldwide, having great agronomic, nutritional and industrial importance. Like other agricultural crops, maize is affected by pathogens and insect pests that cause significant damage to maize crops. Therefore, the objective was to review aspects such as the importance, distribution, symptoms or evidence and the epidemiology of the main diseases and pests found in the maize populations that comprised the experiment for the evaluation of the cultivation value through a literature review. and use in the south of Espírito Santo.

Index terms: agroecology, anthracnose, biodiversity, phytopathology.

Introdução

O milho é um dos cereais mais cultivados do mundo, sendo a terceira cultura mais importante para a humanidade, superado apenas pelo arroz e pelo trigo. O milho é amplamente usado como matéria-prima para fabricação de diversos produtos, além de ser um dos alimentos mais consumidos no planeta (BERGOUGNOUX, 2014; RAJASEKAR; RABERT; MANIVANNAN, 2016; NÔŽKOVÁ; KASA, 2018; IKHAJIAGBE et al., 2020).

O milho possui importância agronômica, nutricional e industrial significativa, podendo ser usado de forma ampla na alimentação de animais e também na alimentação humana, além de ser empregado na produção de biocombustível, como o etanol (YAN; WARBURTON; CROUCH, 2011; TIWARI; YADAV, 2019). O milho apresenta uma expressiva relevância tanto para o agronegócio brasileiro quanto para a agricultura familiar (CHIEZA et al., 2017). Esse cereal é plantado nos mais diversos sistemas de cultivo, rico em calorias e responsável por ser uma importante fonte alimentar para comunidades carentes (KASOMA et al., 2020). A cultura do milho é cultivada em torno de 177 milhões de hectares no mundo, produzindo aproximadamente 1.067,21 milhões de toneladas somente entre os anos de 2016 e 2017 (TIWARI; YADAV, 2019). Os três países que mais produzem este cereal ao nível mundial são: EUA, Brasil e China (LI et al., 2020).

O cultivo do milho em larga escala gerou uma significativa uniformidade na cultura, este fato por sua vez contribuiu para a diminuição da diversidade genética e também para o aumento da susceptibilidade do milho a um maior número de doenças e pragas (ELGUETA et al., 2019; KASOMA et al., 2020). Os fatores bióticos, como presença de doenças e pragas, e abióticos, como estresse hídrico, alta radiação solar e grande variação de temperatura, podem limitar o desenvolvimento e conseqüentemente a produtividade da cultura do milho (MAHESHWARI, 2014).

As doenças em plantas estarão vinculadas à tríade associada à resistência a doenças, que leva em consideração a presença do patógeno na área, o ambiente favorável para que o mesmo possa se desenvolver e por fim, o hospedeiro suscetível. Cabe ao produtor, tentar intervir nesse ciclo, através do histórico da área e estratégias de controle que devem ser definidas antes do plantio. Alguns dos meios adotados são a escolha da cultivar, resistência genética, rotação de culturas, sanidade das sementes, bem como estratégias baseadas nas condições climáticas e no monitoramento da lavoura (BEKEKO et al., 2018).

Sabe-se que cada região demanda de um manejo específico, visto que a intensidade das doenças depende de vários fatores, como condições climáticas, práticas culturais e

resistência genética. Assim, é de fundamental importância observar a ocorrência de doenças, entender a forma de sobrevivência, disseminação e infecção de cada microrganismo causador, bem como seus sintomas, com intuito de direcionar a tomada de decisão.

Dentre as doenças do milho, uma das mais comuns é a antracnose, onde a intensidade da doença depende de vários fatores como, por exemplo, intensidade da radiação solar, umidade entre outros, em que as perdas na produtividade dos grãos podem chegar em até 40% (GONG et al., 2020).

Já em relação às pragas, a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*, é a principal praga do milho, e assim como o próprio milho a lagarta-do-cartucho é nativa das Américas, atuando principalmente em zonas tropicais e subtropicais. Essa praga ataca diversas culturas além do milho como o arroz e o algodão (MARTINELLI et al., 2006; FARIAS et al., 2014; MIDEGA et al., 2018). As larvas desta praga consomem as folhas, com isso elas destroem o potencial de crescimento da planta, gerando prejuízos que podem chegar até 60% da produção (VARGAS-MÉNDEZ et al., 2019).

Assim sendo, objetivou-se por meio de uma revisão de literatura abordar aspectos como a importância, a distribuição, os sintomas ou indícios e a epidemiologia das principais doenças e pragas encontradas nas populações de milho que compuseram o experimento para a avaliação do valor de cultivo e uso no sul capixaba.

Doenças observadas nas populações de milho de polinização aberta

A partir do experimento para avaliação do Valor de Cultivo e Uso (VCU) das populações de milho Ifes pop. 1 e Ifes pop. 2, oriundas do programa de melhoramento genético de milho do Ifes deu-se a observação das doenças e pragas que acometeram as plantas.

Localização do campo experimental

O experimento foi implantado no Ifes *Campus* de Alegre, localizado na Fazenda Experimental “Caixa D’Água”, margeando a Rodovia BR 482, Km 47, em Rive, distrito do município de Alegre, nas coordenadas 20°45'18" Sul e 41°27'10" Oeste, altitude de 150 m em relação ao nível do mar. O ambiente onde o estudo foi conduzido é caracterizado segundo classificação de Köppen, como clima subtropical úmido (CWA), com temperatura média anual de 23,1° C e precipitação média anual de 1.341 mm (LIMA et al., 2008).

Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi Delineamento em Blocos Casualizados (DBC) com cinco blocos e nove tratamentos. Cada tratamento equivale a uma população de milho, plantados em fileira dupla de quatro metros de comprimento, espaçadas 1 m entre fileiras, e 0,2 m entre covas formando em cada bloco nove parcelas experimentais com 40 plantas cada. É demonstrado por meio de croqui, como o experimento foi montado no campo experimental na Figura 1.

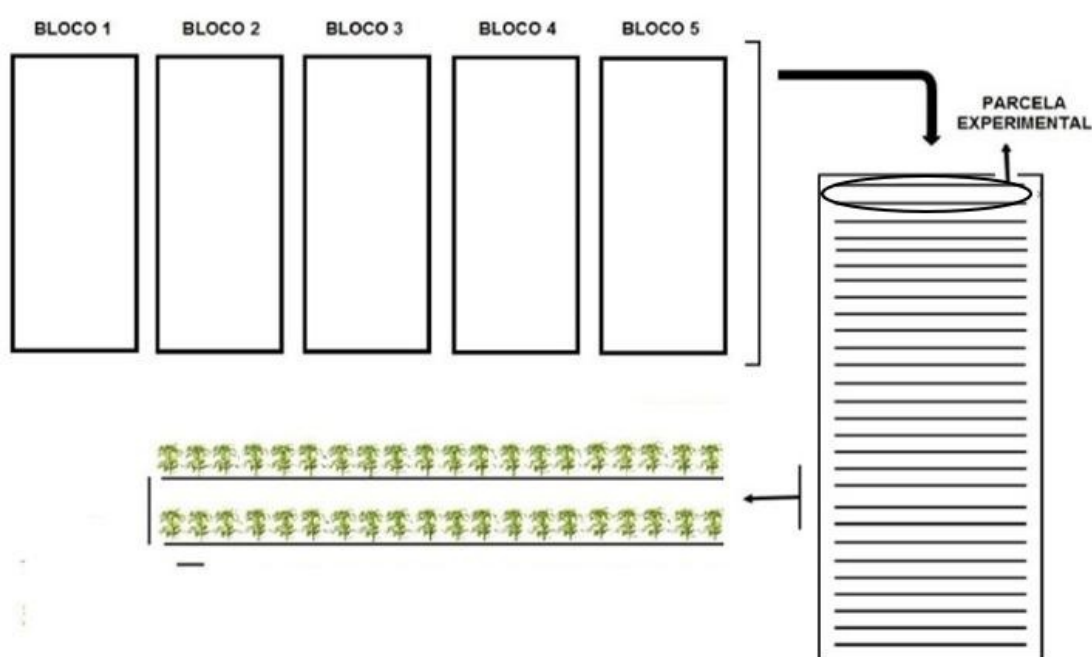


Figura 1. Croqui do experimento em Delineamento em Blocos Casualizados para a avaliação do Valor de Cultivo e Uso das populações de milho. Ifes – *Campus* de Alegre, 2021.

Fonte: Almeida (2018), adaptado pelo autor, 2021.

Foi realizado registro fotográfico das lesões foliares das plantas de milho em dois momentos. O primeiro aos 58 dias após o plantio, período que correspondeu ao florescimento. O segundo momento foi realizado aos 91 dias do plantio na formação dos dentes nos grãos. Após o registro fotográfico foram observados na literatura, imagens de lesões foliares semelhantes para identificar as possíveis pragas ou doenças causadoras dos sintomas observados (CASELA; FERREIRA; PINTO, 2006; OLIVEIRA et al., 2011; BARROS, 2011; COTA et al., 2013; SABATO; PINTO; FERNANDES, 2013; RIBEIRO et al., 2016).

Antracnose do colmo



Figura 2. Ilustração fotográfica das lesões características dos sintomas da doença conhecida como antracnose do colmo.

Fonte: Acervo dos autores, 2021.

A antracnose possui como agente etiológico o *Colletotrichum graminicola*, onde o mesmo possui três fases de desenvolvimento evidentes: a primeira é caracterizada pela formação de apressórios para serem usados na penetração da superfície do hospedeiro, a segunda é marcada pela nutrição do fungo a expensas do hospedeiro, e a terceira é distinguida pela morte das células hospedeiras e evolução de sintomas (GONG et al., 2020).

A antracnose é a doença mais relevante da cultura do milho no Brasil, causando uma diminuição significativa na produtividade em razão do baixo peso dos grãos, afetando principalmente as folhas, diminuindo de forma considerável a fotossíntese (DA COSTA et al., 2014). Além disso, a ocorrência de antracnose no milho tende a aumentar nos próximos anos em função das mudanças climáticas (GONG et al., 2020).

Os tecidos do caule ao serem afetados pela antracnose demonstram uma coloração que varia do preto ao marrom, levando a uma dessecação prematura e acamamento das plantas (DA COSTA et al., 2014). A baixa luminosidade, a alta umidade do ambiente e a presença de insetos que lesionam as plantas são fatores que contribuem de forma significativa para o aumento da incidência da doença (BERGSTROM; NICHOLSON, 1999). O *Colletotrichum graminicola* pode sobreviver em restos de culturas em forma de conídios ou micélios, sendo amplamente disperso pelas gotas de chuva (CASELA; FERREIRA; PINTO, 2006).

Diplodia maydis



Figura 3. Ilustração fotográfica das lesões características dos sintomas da doença conhecida como *Diplodia maydis*.

Fonte: Acervo dos autores, 2021.

O fungo *Stenocarpella maydis* pertence à classe Ascomycetes e ordem Dothideales, é responsável por causar podridão da espiga, do colmo e também mancha foliar, ocorrendo principalmente em regiões tropicais e temperadas (CASA; REIS; ZAMBOLIM, 2006; WICKLOW et al., 2011; DOS SANTOS et al., 2016). O primeiro relato do fungo *S. maydis* foi realizado em 1884, nos EUA, a partir de então o patógeno foi encontrado em vários locais ao redor do mundo (CASA; REIS; ZAMBOLIM, 2006). Esse fungo representa um problema sério em relação ao aspecto nutricional e conseqüentemente em perdas econômicas, pois o agente patogênico produz micotoxinas em grãos armazenados, como diplodiatoxina, diplonina e caetoglobosinas, que são tóxicas a bovinos, a frangos e a ovinos ao serem ingeridas junto à ração dos animais, onde os mesmos podem desenvolver uma doença neurológica fatal conhecida como diplodiose (PETATÁN-SAGAHÓN et al., 2011; DOS SANTOS et al., 2016; MABUZA et al., 2018; NAUMANN; PRICE, 2019).

O agente patogênico possui picnídios subepidérmicos e globosos, com a coloração variando de preta a marrom, um diâmetro entre 0,15 a 0,3 mm e paredes espessas, seus conídios são fusiformes, cilíndricos, apresentam coloração parda e normalmente um septo, além de exibir apenas a forma de reprodução assexuada nas lavouras (CASA; REIS; ZAMBOLIM, 2006). Os principais métodos profiláticos contra a podridão da espiga consiste em: uso de sementes saudáveis para efetuarem a semeadura, utilização de cultivares resistentes e rotação de culturas, esta última ação é recomendada em razão da capacidade

do *S. maydis* sobreviver em resíduos do milho por mais de 300 dias (DOS SANTOS et al., 2016).

A doença prejudica o desenvolvimento de espigas, caule e até raiz, em que exibem um crescimento fúngico algodado branco, um sintoma característico desenvolvido muitas semanas após a infecção (PETATÁN-SAGAHÓN et al., 2011; MANDUJANO-GONZÁLEZ et al., 2015). Após a infecção a espiga pode tornar-se podre, leve, encrespada, com coloração variando de cinza a branco, atingindo a princípio a base da espiga, porém não apresentando sintomas externos (CASA; REIS; ZAMBOLIM, 2006). Os grãos de milho infectados pela podridão da espiga normalmente são mais leves e possuem uma menor quantidade de nutrientes (MABUZA et al., 2018).

Ferrugem branca



Figura 4. Ilustração fotográfica das lesões características dos sintomas da doença conhecida como Ferrugem branca.

Fonte: Acervo dos autores, 2021.

A ferrugem branca, também conhecida como ferrugem tropical, é uma doença comum no milho, sendo causada pelo fungo *Physopella zae*, destaca-se por sua grande capacidade adaptativa aos mais diferentes ambientes. Os primeiros relatos desta doença na América do Sul é datada de 1944. No Brasil, mais especificamente no estado do Espírito Santo, há relatos da ferrugem branca em 1976 (DA COSTA et al., 2008).

Há três tipos de ferrugens: a comum, a polissora e a branca. Esta última atinge principalmente plantações de milho localizadas em baixas altitudes, com as perdas podendo

chegar até em 60% em híbridos vulneráveis, isto é explicado pelas lesões causadas pela doença nas folhas, interferindo de forma considerável a taxa fotossintética da planta, prejudicando o desenvolvimento das mesmas e sua produtividade (SANCHES et al., 2011; DE SOUZA CAMACHO et al., 2019). Os sintomas apresentam-se como urédias de coloração clara, variando de creme a amarelada, acontecendo em pequeno número, geralmente paralelos às nervuras, possuindo entre 0,3 a 1,0 mm de comprimento, manifestando-se nas superfícies inferiores e superiores das folhas (DA COSTA et al., 2008).

A ferrugem tropical apresenta uma expressiva capacidade adaptativa a diferentes condições ambientais, alta disseminação e agressividade; com o fungo causador da doença tolerando maiores variações de umidade e temperatura do que em relação a outros fungos patógenos (LIMA et al., 1996; DA COSTA et al., 2008).

Ferrugem polissora



Figura 5. Ilustração fotográfica das lesões características dos sintomas da doença conhecida como ferrugem polissora.

Fonte: Acervo dos autores, 2021.

A ferrugem polissora é uma doença causada pelo fungo *Puccinia polysora*. Os sintomas da ferrugem polissora nas folhas de pé de milho são identificadas pela presença de pústulas que apresentam coloração marrom-clara ou laranja, possuindo aspecto circular a oval, medindo de 0,2 mm a 2,0 mm de comprimento. A presença da ferrugem polissora em culturas de milho depende da temperatura e da altitude. Temperaturas entre 23° a 28° com alta umidade relativa e com altitudes abaixo de 700 m favorecem a ocorrência da doença. Já

altitudes acima de 1200 m apresentam aspectos desfavoráveis para a proliferação da mesma (CASELA; FERREIRA; PINTO, 2006; SABATO; PINTO; FERNANDES, 2013).

A ferrugem polissora é uma doença foliar, foi identificada pela primeira vez em 1891 em *Tripsacum dactyloides* L. (Capim-guatemala). Esta ferrugem, além do milho, infecta teosintes, Eriantlms e Tripsacum (BREWBAKER et al., 2011; CROUCH; SZABO, 2011). As pústulas de *P. polysora* são produzidas em grande número após a infecção das folhas e das bainhas, levando à morte generalizada do tecido do milho infectado, a planta também sofre grave dessecação e senescência precoce, a gravidade da doença aumenta com o desenvolvimento da planta, resultando muitas vezes em morte da planta (CROUCH; SZABO, 2011).

A doença desenvolve-se principalmente em regiões tropicais e subtropicais, entretanto epidemias podem ocorrer de forma esporádica em regiões temperadas. Epidemias anteriores de ferrugem polissora já registraram perdas na produção de milho que chegaram em até 50 % (CHÁVEZ-MEDINA; LEYVA-LÓPEZ; PATAKY, 2007; CROUCH; SZABO, 2011). A ferrugem polissora está presente principalmente na América, Ásia, Austrália e África, a doença se propaga por meio do vento, que leva os esporos do fungo de uma planta a outra (HEE, 2006).

Mancha branca



Figura 6. Ilustração fotográfica das lesões características dos sintomas da doença conhecida como mancha branca.

Fonte: Acervo dos autores, 2021.

A mancha branca possui como agente etiológico o fungo ascomiceto *Phaeosphaeria maydis*, que provoca seus primeiros sintomas nas folhas inferiores do milho, sendo mais comum após a floração, onde em situações de maior gravidade pode levar a senescência das mesmas, diminuindo a produção em até 60% (CARSON; STUBER; SENIOR, 2005; DO AMARAL et al., 2005; ROLIM et al., 2007; MALAGI et al., 2011). Os sintomas apresentados são, inicialmente, lesões de cor verde-claro, tornando-se cor palha ao longo de seu crescimento. As lesões apresentam formas circulares que variam de 0,3 cm a 2,0 cm de diâmetro.

As temperaturas entre 14 °C e 20 °C e umidade acima de 70% favorecem o crescimento e aparição da doença (ROLIM et al., 2007; SABATO; PINTO; FERNANDES, 2013). Regiões com altitudes elevadas, acima de 700 metros também beneficiam o desenvolvimento da mancha branca em razão das folhas ficarem por um maior período em contato com água, proveniente do orvalho (ROLIM et al., 2007). A mancha branca é extremamente comum em regiões tropicais e subtropicais da América do Sul e Central, África e Ásia, com forte presença no cultivo do milho. No Brasil a doença tornou-se relevante a partir da década de 1990 principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste (CARSON; STUBER; SENIOR, 2005; DO AMARAL et al., 2005).

As principais medidas profiláticas contra a doença baseia-se no uso de cultivares tolerantes ao fungo *P. maydis* aliada à rotação de culturas, já que a doença ocorre principalmente em áreas tradicionalmente produtoras de milho, essas medidas diminuem de forma expressiva a incidência da Mancha branca (ROLIM et al., 2007; SACHS et al., 2011). O fungo *P. maydis* propaga-se em resíduos de colheitas, onde temperaturas amenas, característico de regiões subtropicais, beneficiam a disseminação da doença (DO AMARAL et al., 2005).

Mancha de macróspora



Figura 7. Ilustração fotográfica das lesões características dos sintomas da doença conhecida como mancha de macróspora.

Fonte: Acervo dos autores, 2021.

A mancha de macróspora é uma doença foliar e possui um impacto considerável na produção do milho, uma vez que a doença diminui a taxa fotossintética da planta e conseqüentemente seu crescimento (MENDES et al., 2018). O patógeno responsável por causar a mancha de macróspora é o fungo *Stenocarpella macrospora*, que se desenvolve em regiões tropicais e subtropicais (MENDES et al., 2018; HAWERROTH et al., 2019). Além de mancha de macróspora, o fungo pode provocar grãos ardidos, podridão da espiga e do colmo (PILETTI et al., 2014).

O fungo *S. macrospora* sobrevive saprofiticamente em restos culturais do milho na forma de micélios e picnídios, por conta disto o uso de sementes saudáveis e a realização de rotação de culturas são métodos eficientes de diminuir a inoculação do *S. macrospora*. Os conídios são liberados pelos picnídios e disseminados pela chuva e pelo vento, em seguida os mesmos aderem na superfície da folha de outra planta saudável e posteriormente germinam, penetram e esporulam, reiniciando o ciclo (BERMUDEZ-CARDONA; CRUZ; RODRIGUES, 2016; MENDES et al., 2018; HAWERROTH et al., 2019). A germinação dos conídios do fitopatógeno é favorecido em temperaturas entre 25 e 32 °C e com umidade relativa de no mínimo 50% (PILETTI et al., 2014).

Os primeiros sintomas da doença é a presença de tecido clorótico seguido de necrose, as injúrias têm formato irregular, possuindo de 10 a 30 mm de comprimento com coloração

marrom (MENDES et al., 2018; HAWERROTH et al., 2019). As lesões foliares podem apresentar conídios o bastante para contaminar as espigas e proporcionar o desenvolvimento da podridão da espiga, resultando em perdas na produção e na sanidade de grãos (BAMPI et al., 2012).

Mancha por cercóspora



Figura 8. Ilustração fotográfica das lesões características dos sintomas da doença conhecida como mancha por cercóspora.

Fonte: Acervo dos autores, 2021.

A mancha por cercóspora, ou cercosporiose, é a doença foliar mais grave do milho em todo o mundo, causada pelo fungo *Cercospora zea-maydis*, onde a redução da produtividade decorre da perda de área fotossintética, promovida pelo patógeno que também leva a senescência precoce das folhas (ENGELSING et al., 2011; LYIMO; PRATT; MNYUKU, 2013; NEVES; BRADLEY, 2019). Esta doença foi relatada pela primeira vez em 1920, no estado de Illinois, EUA (PAUL; MUNKVOLD, 2005). As perdas na produção são estimadas entre 10 a 25% ao ano em áreas afetadas, mas pode chegar em até 100% em razão da expressiva danificação das folhas (BEKEKO et al., 2018).

A doença desenvolve-se de forma mais severa e prejudicial quando ocorre períodos prolongados de alta umidade relativa e temperaturas entre 20 a 30 °C (LYIMO; PRATT; MNYUKU, 2013; NEGA; LEMESSA; BERECHA, 2016). A mancha por cercóspora é espalhada principalmente por esporos e restos culturais disseminados por gotículas de água provenientes de chuva e também pelo vento (CASELA; FERREIRA; PINTO, 2006; LYIMO; PRATT; MNYUKU, 2013). Os principais sintomas consistem no desenvolvimento de

manchas acinzentadas, das mais diversas formas, desde retangulares a irregulares, dispostas paralelamente às nervuras (CASELA; FERREIRA; PINTO, 2006).

As ações que diminuem a incidência da doença consistem basicamente na utilização de variedades resistentes e na realização de rotação de culturas (LYIMO; PRATT; MNYUKU, 2013). A cercosporiose provocou uma epidemia grave entre os anos 2000 e 2001 no Brasil, principalmente no sudoeste de Goiás, por conta de vários híbridos serem justamente suscetíveis à doença (PINTO; ANGELIS; HABE, 2004; BRUNELLI et al., 2006).

Míldio



Figura 9. Ilustração fotográfica das lesões características dos sintomas da doença conhecida por míldio.

Fonte: Acervo dos autores, 2021.

O míldio é uma doença provocada pelo fungo oomiceto *Peronosclerospora sorghi*, que se dispersa por meio de oósporos ou conídios, sendo o primeiro presente na fase sexuada e o segundo na assexuada (JADHAV et al., 2018). O míldio infecta as culturas de milho e sorgo, diminuindo a produção de forma considerável em condições favoráveis, como alta intensidade luminosa, alta umidade e temperatura entre 10 e 33 °C (RUFINI BARBOSA; PFENNING; CASELA, 2006, LOHITHASWA et al., 2015; SIREESHA; VELAZHAHAN, 2016). Além do mais o míldio está difundido em diversas regiões tropicais e subtropicais do mundo, existindo dois tipos de *P. sorghi*: o patótipo do milho e o patótipo do sorgo (RUFINI BARBOSA; PFENNING; CASELA, 2006).

Os oósporos ou conídios dispersados por via aérea geram infecção sistêmica, já a infecção local é provocada por conídios, a doença pode desenvolver em qualquer estágio de crescimento do milho (SIREESHA; VELAZHAHAN, 2016). O fungo também pode se alastrar em um ambiente através de oósporos em resto culturais e sementes; o *P. sorghi* do mesmo modo pode ser disseminado por conídios ou micélios (RUFINI BARBOSA; PFENNING; CASELA, 2006). Estima-se que 30% da área plantada em milho principalmente em regiões tropicais e subtropicais tenham sofrido perdas em decorrência do míldio (NAIR et al., 2005).

A planta ao ser infectada por míldio manifesta certos sintomas típicos da doença, como por exemplo, a presença de clorose na lâmina da folha, folhas mais estreitas e erguidas, aspecto atrofiado da planta quando a mesma é contaminada em estágios iniciais de desenvolvimento, além disso a produção de pólen é prejudicada (JADHAV et al., 2018). A doença pode se manifestar como uma infecção local ou sistêmica, a primeira possui como principais sintomas manchas cloróticas retangulares restritas por nervuras laterais, já a segunda apresenta como principais sintomas faixas verdes e cloróticas paralelas (RUFINI BARBOSA; PFENNING; CASELA, 2006).

Risca do milho



Figura 10. Ilustração fotográfica das lesões características dos sintomas da doença conhecida como risca do milho.

Fonte: Acervo dos autores, 2021.

A risca do milho, também conhecida como rayado fino, é uma virose ocorrente nas regiões produtoras de milho, podendo causar até 30% de redução na produção de grãos (CASELA; FERREIRA; PINTO, 2006). A risca é causada pelo vírus *Maize rayado fino*

(MRFV) (SABATO; PINTO; FERNANDES, 2013) pertencente ao gênero Marafivírus da família Tymoviridae (VAN REGENMORTEL et al., 2000). O MRFV é transmitido pela cigarrinha, *Dalbulus maidis*, que ao ingerir plantas doentes, obtêm o vírus e transmite para as demais plantas. O tempo entre a obtenção e a transmissão do vírus varia entre 7 a 37 dias (CASELA; FERREIRA; PINTO, 2006).

A cigarrinha, *Dalbulus maidis*, possui em média 5 mm de comprimento e apresenta coloração amarelo-palha, apresentando duas manchas negras quando adultas. Depois de infectada, a cigarrinha tem a capacidade de transmitir os mollicutes durante seu período de vida inteiro (SABATO; PINTO; FERNANDES, 2013).

Além da transmissão da Risca do milho, a cigarrinha é transmissora de mais dois patógenos causadores do enfezamento pálido e vermelho das culturas de milho, o *Spiroplasma kunkelli* e o *Maize bushy stunt phytoplasma* (MBSP) (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2004). Os sintomas do rayado fino nas culturas de milho aparecem em forma de riscas, que são formados por pequenos pontos cloróticos, no qual aparecem na base da folha e ao longo das nervuras (CASELA; FERREIRA; PINTO, 2006).

Lagarta do cartucho



Figura 11. Ilustração fotográfica das lesões características dos sintomas da praga conhecida como lagarta do cartucho.

Fonte: Acervo dos autores, 2021.

A lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda*, é uma praga de lepidópteros nativa de regiões tropicais e subtropicais das Américas, tornando-se uma praga a nível mundial

(CHEN et al., 2020; KEERTHI et al., 2020). Esta praga possui um conjunto de plantas hospedeiras extremamente abrangente, afetando mais de 350 espécies de plantas, em que se pode citar culturas relevantes como sorgo, milho, arroz e algodão (HARRISON et al., 2019; SHU et al., 2020). No Brasil a *S. frugiperda* é a praga mais significativa, com os primeiros relatos de sua presença na África Ocidental no ano de 2016, alastrando-se para mais de 30 países da África subsaariana já no ano de 2017, com alta possibilidade de disseminar-se para a Ásia, afetando a alimentação de milhões de pessoas (BATEMAN et al., 2018).

A grande capacidade reprodutiva aliada a sua capacidade de migrar longas distâncias, faz com que a lagarta do cartucho possua um alto poder de dispersão (BAUDRON et al., 2019). As mariposas, formas adultas da lagarta do cartucho, podem migrar de forma esporádica, sendo capazes de voar aproximadamente 100 km por noite (HARRISON et al., 2019). Além disso, a lagarta do cartucho deposita algumas centenas de ovos, normalmente na parte inferior das folhas, com as larvas se alimentando de folhas jovens, fazendo orifícios nas mesmas, o que é um sintoma característico da praga (HARRISON et al., 2019; SISAY et al., 2019). Em plantas jovens de milho, o caule pode ser injuriado por conta da alimentação das larvas, já em plantas mais velhas as larvas podem perfurar as espigas de milho, diminuindo a produção de grãos (BATEMAN et al., 2018).

Por conta da *S. frugiperda* atingir cereais importantes para alimentação humana, presentes principalmente em dietas para pequenos produtores, a lagarta do cartucho apresenta-se como um risco para a segurança alimentar (HARRISON et al., 2019). Esta praga possui duas cepas: uma cepa que ataca preferencialmente a cultura do arroz e outras gramíneas, e uma cepa que ataca preferencialmente culturas como milho, sorgo e algodão (OTIM et al., 2018).

Considerações Finais

Para o experimento de valor de cultivo e uso implementado na região sul do Espírito Santo foram observadas nove doenças e uma praga. As doenças mais comuns no milho foram, antracnose do colmo, diploidia maydis, ferrugem branca, ferrugem polissora, mancha branca, mancha de macróspora, mancha por cercóspora, míldio e risca do milho. A lagarta do cartucho foi a única praga percebida.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, por disponibilizar infraestrutura necessária para instalação do experimento.

Ao Fundo de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo do Espírito Santo - FAPES, por financiar o projeto e pela bolsa concedida ao primeiro autor.

Referências

ALMEIDA, Rafael Nunes. **Potencial genético de acessos de milho cultivados sob déficit hídrico**. 2018. 102 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Agroecologia) – Programa de Pós-graduação em Agroecologia, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – Campus de Alegre, Alegre, 2018.

BAMPI, D. et al. Desempenho de fungicidas no controle da mancha-de-macrospora na cultura do milho. **Summa Phytopathologica**, v. 38, n. 4, p. 319–322, 2012.

BARROS, Ricardo. Pragas do milho. **Tecnologia de produção: soja e milho**, v. 2012, p. 275-296, 2011.

BATEMAN, M. L. et al. Assessment of potential biopesticide options for managing fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Africa. **Journal of Applied Entomology**, v. 142, n. 9, p. 805–819, 2018.

BAUDRON, F. et al. Understanding the factors influencing fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) damage in African smallholder maize fields and quantifying its impact on yield. A case study in Eastern Zimbabwe. **Crop Protection**, p. 141–150, 2019.

BEKEKO, Z. et al. Combining ability and nature of gene action in maize (*Zea mays* L) inbred lines for resistance to gray leaf spot disease (*Cercospora zeae maydis*) in Ethiopia. **Crop Protection**, v. 112, p. 39–48, 2018.

BERGOUGNOUX, V. The history of tomato: From domestication to biopharming. **Biotechnology Advances**, v. 32, n. 1, p. 170–189, 2014.

BERGSTROM, G. C.; NICHOLSON, R. L. The biology of corn anthracnose: Knowledge to exploit for improved management. **Plant Disease**, v. 83, n. 7, p. 596–608, 1999.

BERMUDEZ-CARDONA, M. B.; CRUZ, M. F. A.; RODRIGUES, F. A. Microscopic study of the *Stenocarpella macrospora* infection process on maize leaves. **Tropical Plant Pathology**, v. 41, n. 2, p. 115–122, 2016.

BREWBAKER, J. L. et al. General resistance in maize to southern rust (*Puccinia polysora* Underw.). **Crop Science**, v. 51, n. 4, p. 1393–1409, 2011.

BRUNELLI, K. R. et al. Efeito do meio de cultura e do regime de luz na esporulação de *Cercospora zeae-maydis*. **Summa Phytopathologica**, v. 32, n. 1, p. 92–94, 2006.

CARSON, M. L.; STUBER, C. W.; SENIOR, M. L. Quantitative trait loci conditioning resistance to phaeosphaeria leaf spot of maize caused by *Phaeosphaeria maydis*. **Plant Disease**, v. 89, n. 6, p. 571–574, 2005.

CASA, R. T.; REIS, E. M.; ZAMBOLIM, L. Doenças do milho causadas por fungos do gênero *Stenocarpella*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n. 5, p. 427–439, 2006.

CASELA, C. R.; FERREIRA, A. DA S.; PINTO, N. F. J. DE A. Doenças na cultura do milho. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, v. 83, p. 1–14, 2006.

CASELA, C. R.; FERREIRA, A. DA S.; PINTO, N. F. J. DE A. Doenças na cultura do milho. **Embrapa**, p. 1–14, 2006.

CHÁVEZ-MEDINA, J. A.; LEYVA-LÓPEZ, N. E.; PATAKY, J. K. Resistance to *Puccinia polysora* in maize accessions. **Plant Disease**, v. 91, n. 11, p. 1489–1495, 2007.

CHEN, X. et al. Identification and characterization of highly active promoters from the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, 2020.

CHIEZA, E. D. et al. Yield and economic aspects of corn and sunn hemp intercropped in different seeding intervals under organic management. **Revista Ceres**, v. 64, n. 2, p. 189–196, 2017.

COSTA, Frank Magno et al. Progresso da ferrugem tropical do milho (*Zea mays* L), sob diferentes tratamentos fungicidas. **Summa Phytopathologica**, v.34, n.3, p.248-252, 2008.

COTA, L. V. et al. Histórico e perspectivas das doenças na cultura do milho. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2013.

CROUCH, J. A.; SZABO, L. J. Real-time PCR detection and discrimination of the southern and common corn rust pathogens *Puccinia polysora* and *Puccinia sorghi*. **Plant Disease**, v. 95, n. 6, p. 624–632, 2011.

CRUZ, Ivan. Manejo de pragas da cultura de milho. In: Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA, 5., 1999, Barretos. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônomo, 1999.

DA COSTA, F. M. et al. Progresso da ferrugem tropical do milho (*Zea mays* L), sob diferentes tratamentos fungicidas. **Summa Phytopathologica**, v. 34, n. 3, p. 248–252, 2008.

DA COSTA, R. V. et al. Races of *Colletotrichum graminicola* pathogenic to maize in Brazil. **Crop Protection**, v. 56, p. 44–49, 2014.

DE SOUZA CAMACHO, L. R. et al. A genome-wide association study for partial resistance to southern corn rust in tropical maize. **Plant Breeding**, v. 138, n. 6, p. 770–780, 2019.

DO AMARAL, A. L. et al. Pathogenic fungi causing symptoms similar to phaeosphaeria leaf spot of maize in Brazil. **Plant Disease**, v. 89, n. 1, p. 44–49, 2005.

DOS SANTOS, J. P. R. et al. Genomic selection to resistance to *Stenocarpella maydis* in maize lines using DArTseq markers. **BMC Genetics**, v. 17, n. 1, p. 1–10, 2016.

ELGUETA, A. V. et al. Genetic and phenotypic diversity in 2000 years old maize (*Zea mays* L.) samples from the Tarapacá region, Atacama Desert, Chile. **PLoS ONE**, v. 14, n. 1, p. 1–20, 2019.

ENGELSING, M. J. et al. Capacidade de combinação em milho para resistência a *Cercospora zea-maydis*. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 1, p. 232–241, 2011.

FARIAS, J. R. et al. Field-evolved resistance to Cry1F maize by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Crop Protection**, v. 64, p. 150–158, 2014.

GONÇALVES, Marcos César et al. Infecção mista pelo Sugarcane mosaic virus e Maize rayado fino virus provoca danos na cultura do milho no Estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 4, p. 348-352, 2007.

GONG, A. DONG et al. Bioinformatic analysis and functional characterization of the CFEM proteins in maize anthracnose fungus *Colletotrichum graminicola*. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 19, n. 2, p. 541–550, 2020.

HARRISON, R. D. et al. Agro-ecological options for fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* JE Smith) management: Providing low-cost, smallholder friendly solutions to an invasive pest. **Journal of Environmental Management**, v. 243, p. 318–330, 2019.

HAWERROTH, C. et al. Silicon-mediated maize resistance to macrospora leaf spot. **Tropical Plant Pathology**, v. 44, n. 2, p. 192–196, 2019.

HEE, C. J. Epidermal cell response to rust hyphae and the resistance mode of tropical maize to Southern Corn Rust (*Puccinia polysora* Underwood). **Journal of Plant Biology**, v. 49, n. 5, p. 392–397, 2006.

HOU, Yujie et al. Comparative Genomics of pathogens causing brown spot disease of tobacco: *Alternaria longipes* and *Alternaria alternata*. **PLoS ONE**. United States. 2016.

IKHAJIAGBE, B. et al. Variations in growth and genetic properties of Zea mays L. germinants exposed to cold shock. **Bulletin of the National Research Centre**, v. 44, n. 1, p. 2–11, 2020.

JADHAV, K. P. et al. Proteomic Analysis of a Compatible Interaction between Sorghum Downy Mildew Pathogen (*Peronosclerospora sorghi*) and Maize (*Zea mays* L.). **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, n. 11, p. 653–670, 2018.

KASOMA, C. et al. Revealing the genetic diversity of maize (*Zea mays* L.) populations by phenotypic traits and DArTseq markers for variable resistance to fall armyworm. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 9, 2020.

KEERTHI, M. C. et al. Performance of the native predatory bug, *Eocanthecona furcellata* (Wolff) (Hemiptera: Pentatomidae), on the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), and its limitation under field condition. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 30, n. 1, p. 4–7, 2020.

KOBAYASHI, Bruna Fukumoto; AMARAL, Daniel Rufino. Efeito de extratos vegetais de plantas do Cerrado para controle de pinta-preta em tomateiro. **Summa Phytopathologica**, v.44, n.2, p.189-192, 2018.

LI, C. et al. Effect of irrigation and fertilization regimes on grain yield, water and nitrogen productivity of mulching cultivated maize (*Zea mays* L.) in the Hetao Irrigation District of China. **Agricultural Water Management**, v. 1, 2020.

LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. B.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C. Variabilidade temporal da precipitação mensal em Alegre-ES. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 2, p. 327-332, 2008.

LIMA, M. et al. **Avaliação da resistencia a ferrugem tropical em linhagens de milhoBragantia**, 1996.

LOHITHASWA, H. C. et al. Identification and introgression of QTLs implicated in resistance to sorghum downy mildew (*Peronosclerospora sorghi* (Weston and Uppal) C. G. Shaw) in

maize through marker-assisted selection. **Journal of Genetics**, v. 94, n. 4, p. 741–748, 2015.

LYIMO, H. J. F.; PRATT, R. C.; MNYUKU, R. S. O. W. Infection process in resistant and susceptible maize (*Zea mays* L.) Genotypes to *Cercospora zea-maydis* (Type II). **Plant Protection Science**, v. 49, n. 1, p. 11–18, 2013.

MABUZA, L. M. et al. Accumulation of toxigenic *Fusarium* species and *Stenocarpella maydis* in maize grain grown under different cropping systems. **European Journal of Plant Pathology**, v. 152, n. 2, p. 297–308, 2018.

MAHESHWARI, D. K. **Bacterial diversity in sustainable agriculture**. Springer, 167-189, 2014.

MALAGI, G. et al. Elaboração e validação da escala diagramática para avaliação da mancha branca do milho. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, p. 797–804, 2011.

MANDUJANO-GONZÁLEZ, V. et al. Purification and characterization of the extracellular aspartyl protease APSm1 from the phytopathogen fungus *Stenocarpella maydis*. **Protein Expression and Purification**, 2015.

MARTINELLI, S. et al. Molecular variability of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) populations associated to maize and cotton crops in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 99, n. 2, p. 519–526, 2006.

MENDES, M. C. et al. Grain quality and leaf spot of diplodia control in corn hybrids commercial. **Scientia Agraria**, v. 19, n. 2, p. 224–231, 2018.

MIDEGA, C. A. O. et al. A climate-adapted push-pull system effectively controls fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J E Smith), in maize in East Africa. **Crop Protection**, v. 105, p. 10–15, 2018.

NAIR, S. K. et al. Identification and validation of QTLs conferring resistance to sorghum downy mildew (*Peronosclerospora sorghi*) and Rajasthan downy mildew (*P. heteropogoni*) in maize. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 110, n. 8, p. 1384–1392, 2005.

NAUMANN, T. A.; PRICE, N. P. J. Purification and in vitro activities of a chitinase-modifying protein from the corn ear rot pathogen *Stenocarpella maydis*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 106, p. 74–80, 2019.

NEGA, A.; LEMESSA, F.; BERECHA, G. Distribution and Importance of Maize Grey Leaf Spot *Cercospora zeaemaydis* (Tehon and Daniels) in South and Southwest Ethiopia. **Journal of Plant Pathology & Microbiology**, v. 7, n. 7, 2016.

NEVES, D. L.; BRADLEY, C. A. Baseline sensitivity of *Cercospora zeaemaydis* to pydiflumetofen, a new succinate dehydrogenase inhibitor fungicide. **Crop Protection**, v. 119, p. 177–179, 2019.

NÓŽKOVÁ, J.; KASA, E. Zea mays L. hybrids kernels evaluated by image analysis tools. **Acta fytotechnica et zootechnica**, v. 21, n. 2, p. 77–83, 2018.

OLIVEIRA, E. de; OLIVEIRA, CM de. Doenças em milho: mollicutes, vírus, vetores, mancha por phaeosphaeria. **Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo**, 2004.

OLIVEIRA, Milena et al. **Boletim encontro técnico do milho**. Fundação Bahia, Luiz Eduardo Magalhães-Bahia, 2011.

ORTON, L. M. et al. Plastid phylogenomic study of species within the genus *Zea*: rates and patterns of three classes of microstructural changes. **Current Genetics**, v. 63, n. 2, p. 311–323, 2017.

OTIM, M. H. et al. Detection of sister-species in invasive populations of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) from Uganda. **PLoS ONE**, v. 13, n. 4, p. 1–18, 2018.

PAUL, P. A.; MUNKVOLD, G. P. Influence of temperature and relative humidity on sporulation of *Cercospora zeaemaydis* and expansion of gray leaf spot lesions on maize leaves. **Plant Disease**, v. 89, n. 6, p. 624–630, 2005.

PETATÁN-SAGAHÓN, I. et al. Isolation of bacteria with antifungal activity against the phytopathogenic fungi *Stenocarpella maydis* and *Stenocarpella macrospora*. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 12, n. 9, p. 5522–5537, 2011.

PILETTI, G. J. et al. Reação de híbridos de milho à mancha-de-macrospora. **Summa Phytopathologica**, v. 40, n. 1, p. 24–28, 2014.

PINTO, N. F. J. A.; ANGELIS, B.; HABE, M. H. Avaliação da Eficiência de Fungicidas no Controle da Cercosporiose (*Cercospora zeaemaydis*) na Cultura do Milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 1, p. 139–145, 2004.

RAJASEKAR, M.; RABERT, G. A.; MANIVANNAN, P. The effect of triazole induced photosynthetic pigments and biochemical constituents of *Zea mays* L. (Maize) under drought stress. **Applied Nanoscience (Switzerland)**, v. 6, n. 5, p. 727–735, 2016.

RIBEIRO, Leandro Prado et al. Pragas e doenças do milho: diagnose, danos e estratégias de manejo. **Boletim Técnico**, p. 1-84, 2016.

ROLIM, G. DE S. et al. Modelo agrometeorológico regional para estimativa da severidade da mancha de *Phaeosphaeria* em milho safrinha no Estado de São Paulo, Brasil. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 721–728, 2007.

RUFINI BARBOSA, F. C.; PFENNING, L. H.; CASELA, C. R. *Peronosclerospora sorghi*, o agente etiológico do mildio do sorgo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 119–132, 2006.

SABATO, Elizabeth de Oliveira; PINTO, Nicésio Filadelfo Janssen de Almeida; FERNANDES, Fernando Tavares. **Identificação e controle de doenças na cultura do milho**. Embrapa: Brasília – DF. 2013.

SACHS, P. J. D. et al. Escala diagramática para avaliação da severidade da mancha branca em milho. **Summa Phytopathologica**, v. 37, n. 4, p. 202–204, 2011.

SANCHES, R. E. et al. Genetic analysis of tropical rust resistance in popcorn lines. **Ciência Rural**, v. 41, n. 6, p. 967–971, 2011.

SHU, B. et al. Identification of azadirachtin responsive genes in *Spodoptera frugiperda* larvae based on RNA-seq. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, p. 104745, 2020.

SIREESHA, Y.; VELAZHAHAN, R. Biological control of downy mildew of maize caused by *Peronosclerospora sorghi* under environmentally controlled conditions. **Journal of Applied and Natural Science**, v. 8, n. 1, p. 279–283, 2016.

SISAY, B. et al. The efficacy of selected synthetic insecticides and botanicals against fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in maize. **Insects**, p. 1–14, 2019.

TIWARI, Y. K.; YADAV, S. K. High Temperature Stress Tolerance in Maize (*Zea mays* L.): Physiological and Molecular Mechanisms. **Journal of Plant Biology**, v. 62, n. 2, p. 93–102, 2019.

VAN REGENMORTEL, Marc HV et al. Virus taxonomy: classification and nomenclature of viruses. **Seventh report of the International Committee on Taxonomy of Viruses**. Academic Press, 2000.

VARGAS-MÉNDEZ, L. Y. et al. Bioactivity of semisynthetic eugenol derivatives against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae infesting maize in Colombia. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 26, n. 7, p. 1613–1620, 2019.

WICKLOW, D. T. et al. Bioactive metabolites from *Stenocarpella maydis*, a stalk and ear rot pathogen of maize. **Fungal Biology**, v. 115, n. 2, p. 133–142, 2011.

YAN, J.; WARBURTON, M.; CROUCH, J. Association mapping for enhancing maize (*Zea mays* L.) genetic improvement. **Crop Science**, v. 51, n. 2, p. 433–449, 2011.