

EFICIÊNCIA DE FUNGICIDAS NO CONTROLE MÚLTIPLO DE DOENÇAS FOLIARES DO MILHO

segunda safra 2019

Adriano Augusto de Paiva Custódio

Carlos Mitinori Utiamada

Tiago Madalosso

Inês Fumiko Ubukata Yada

Editores



CARLOS MASSA RATINHO JÚNIOR
Governador do Estado do Paraná

NORBERTO ANACLETO ORTIGARA
Secretário da Agricultura e do Abastecimento

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR

NATALINO AVANCE DE SOUZA
Diretor-Presidente Interino

RAFAEL FUENTES LLANILLO
Diretor de Pesquisa

VANIA MODA-CIRINO
Diretora de Inovação e Transferência de Tecnologia

ALTAIR SEBASTIÃO DORIGO
Diretor de Administração e Finanças
Diretor de Gestão de Pessoas

BOLETIM TÉCNICO Nº 95
DEZEMBRO/2019

ISSN 0100-3054

EFICIÊNCIA DE FUNGICIDAS NO CONTROLE MÚLTIPLO DE DOENÇAS FOLIARES DO MILHO

segunda safra 2019

Adriano Augusto de Paiva Custódio

Carlos Mitinori Utimada

Tiago Madalosso

Inês Fumiko Ubukata Yada

Editores



INSTITUTO AGRÔNOMO DO PARANÁ

Londrina
2019



INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ

COMITÊ EDITORIAL

Luciano Grillo Gil – Coordenador
Solange Monteiro de Toledo Piza Gomes Carneiro
Telma Passini
Álison Néri

EDITOR EXECUTIVO

Álison Néri

DIAGRAMAÇÃO/CAPA

MultCast

FOTO CAPA

Adriano Augusto de Paiva Custódio

REVISÃO

MultCast
Álison Néri

DISTRIBUIÇÃO

Área de Negócios Tecnológicos – ANT
comercial@iapar.br | (43) 3376-2398

TIRAGEM: 800 exemplares

Trabalho realizado em parceria com a Fundação de Apoio à Pesquisa e ao Desenvolvimento do Agronegócio (FAPEAGRO).



Todos os direitos reservados.

É permitida a reprodução parcial, desde que citada a fonte.

É proibida a reprodução total desta obra.

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

E27 Eficiência de fungicidas no controle múltiplo de doenças foliares do milho segunda safra 2019 / Adriano Augusto de Paiva Custódio... [et al.] – Londrina, PR: IAPAR, 2019.
61 p. : il. ; 15,5 x 21,5 cm – (Boletim Técnico; n. 95)

Inclui bibliografia
ISSN 0100-3054

1. *Zea mays*. 2. Doenças foliares. 3. Paraná. 4. Ganho de produtividade. 5. Cooperação técnica. 6. Rede de ensaios cooperativos. 7. Resultados sumarizados. I. Custódio, Adriano Augusto de Paiva. II. Utiamada, Carlos Mitinori. III. Madalosso, Tiago. IV. Yada, Inês Fumiko Ubukata. V. Série.

CDD 633.159

Impresso no Brasil / Printed in Brazil

2019

EDITORES

Adriano Augusto de Paiva Custódio

Engenheiro-agrônomo
Doutor em Fitopatologia
Pesquisador da Área de Fitopatologia
IAPAR - Londrina
custodio@iapar.br

Carlos Mitinori Utiamada

Engenheiro-agrônomo
Pesquisador da TAGRO
Londrina - PR
carlos.utiamada@tagro.com.br

Tiago Madalosso

Engenheiro-agrônomo
Mestre em Fitotecnia
Pesquisador do Centro de Pesquisa Agrícola Copacol
Cafelândia - PR
tiago.madalosso@copacol.com.br

Inês Fumiko Ubukata Yada

Matemática
Mestre em Estatística e Experimentação Agronômica
Analista em Ciência e Tecnologia
Área de Biometria
IAPAR - Londrina
inesyada@iapar.br

AUTORES

Adriano Augusto de Paiva Custódio

D.Sc., Engenheiro-agrônomo
IAPAR, Londrina - PR

Carlos Mitinori Utiamada

Engenheiro-agrônomo
TAGRO, Londrina - PR

Tiago Madalosso

M.Sc., Engenheiro-agrônomo
Centro de Pesquisa Agrícola Copacol, Cafelândia - PR

Inês Fumiko Ubukata Yada

M.Sc., Matemática
IAPAR, Londrina - PR

Alexandre Antônio Costa

Engenheiro-agrônomo
AgroEnsaio, Campo Mourão - PR

Carlos André Schipanski

M.Sc., Engenheiro-agrônomo
G12Agro, Guarapuava - PR

Cláudio Nakashima

Engenheiro-agrônomo
Integrada, Assaí - PR

Darci Augusto Sônego

Técnico Agrícola
Copagril, Marechal Cândido Rondon - PR

Éder Blainski

M.Sc., Engenheiro-agrônomo
Terra Paraná, Assis Chateaubriand - PR

Edner Betioli Júnior

D.Sc., Engenheiro-agrônomo
Cocamar, Floresta - PR

Fernanda Cristina Garcia

Engenheira-agrônoma
Coagru, Ubiratã - PR

João Batista Gonçalves Dias da Silva

D.Sc., Engenheiro-agrônomo
Cocari, Mandaguari - PR

João Maurício Trentini Roy

Engenheiro-agrônomo
Centro de Pesquisa Agrícola Copacol, Cafelândia - PR

Joaquim Mariano Costa

Engenheiro-agrônomo
AgroEnsaio, Campo Mourão - PR

Karla Braga de Oliveira

M.Sc., Engenheira-agrônoma
UEL, Londrina - PR

Lucas Henrique Fantin

M.Sc., Engenheiro-agrônomo
UEL, Londrina - PR

Luiz Nobuo Sato

Engenheiro-agrônomo
TAGRO, Londrina - PR

Marcelo Giovanetti Canteri

D.Sc., Engenheiro-agrônomo
UEL, Londrina - PR

Vivian Carré-Missio

D.Sc., Engenheira-agrônoma
UFPR, Palotina - PR

AGRADECIMENTOS

A todos os membros da equipe técnica de cada uma das instituições, responsáveis pela condução dos ensaios de campo.

A todos os colegas de trabalho das cooperativas agroindustriais do Paraná, pela contribuição neste projeto.

Aos colegas de trabalho das empresas de proteção de cultivos, pela adesão ao projeto e por viabilizarem esta publicação.

Aos servidores da Diretoria de Inovação e Transferência de Tecnologia do IAPAR, pelo comprometimento objetivando a implementação desta iniciativa de trabalho, em especial para Célio César Giacomini, Edmilson Gonçalves Liberal, Lígia Deise Rodrigues Ferraz, Paula Daniela Munhoz, Paulo Vicente Contador Zaccheo e Ronaldo Rosseto.

Ao pesquisador da Área de Solos do IAPAR, Dr. João Henrique Caviglione, por elaborar o mapa dos municípios no Estado do Paraná.

Ao Comitê Editorial do IAPAR, em particular ao editor executivo Álisson Néri, pela produção deste boletim. Agradecimento especial ao coordenador Luciano Grillo Gil que, durante sua gestão, conduziu com apuro técnico as publicações do Instituto Agrônomo do Paraná.

À equipe técnica da FAPEAGRO, pelo suporte prestado no desenvolvimento deste trabalho, em especial à Alessandra Neves Custódio, Bruna Rossi da Cruz e Heitor Rossito Néia.

Aos pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo, Dra. Dagma Dionísia da Silva e Dr. Rodrigo Vêras da Costa, e ao pesquisador da empresa LongPing High-Tech Roberto de Carvalho, pela troca de experiências profissionais.

A comissão coordenadora da rede de ensaios cooperativos agradece a todos os integrantes desta iniciativa de trabalho por contribuírem com seus conhecimentos, tempo e disposição, fazendo parte desta importante jornada em prol da agricultura paranaense e brasileira.

“Agricultura é a arte de colher o sol.”

Confúcio (551-479 a.C.)

PREFÁCIO

O milho segunda safra é semeado após o período ideal para aproveitamento da radiação solar. Híbridos superprecoces de curto tempo no campo predominam no mercado nacional, o que demanda maior proteção do milho contra doenças foliares para a atividade fotossintética da lavoura e translocação de fotoassimilados aos grãos. O uso de fungicidas é uma importante estratégia de manejo para proteger o potencial produtivo dos híbridos de milho. A aplicação de fungicidas com espectro de controle múltiplo às principais doenças foliares endêmicas é altamente desejável, pois permite manejar ao mesmo tempo diversos problemas que ocorrem em lavouras. Desta maneira, na segunda safra 2018 e 2019 foi estabelecida no Estado do Paraná uma rede de ensaios cooperativos. Diante das respostas promissoras dos fungicidas na cultura do milho segunda safra e das perdas ocasionadas por doenças, existe a necessidade de conhecer a eficiência de novas moléculas e grupos químicos para o controle múltiplo de doenças foliares, sejam os fungicidas de natureza química sintética, microbiológica, fitoquímicos ou indutores de resistência em plantas.

Esta publicação apresenta informações sobre a eficiência de fungicidas para o controle múltiplo de doenças foliares do milho na segunda safra 2019 e traz uma análise de tratamentos com eficiência superior para manejar os principais problemas de maior e menor ocorrência.

Este Boletim Técnico é a terceira publicação seriada destinada aos profissionais de assistência técnica com o objetivo de conhecerem a eficiência de controle múltiplo de doenças foliares e o ganho de produtividade de milho por meio do uso racional de fungicidas.

Os autores

As informações apresentadas nesta publicação não representam qualquer recomendação de controle em lavouras ou algum tipo de certificação. É de inteira responsabilidade legal do técnico recomendante e do aplicador ler e seguir todos os direcionamentos da bula dos fabricantes de defensivos agrícolas.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
MÚLTIPLAS DOENÇAS FOLIARES DO MILHO.....	13
FERRUGENS.....	17
FERRUGEM COMUM	18
FERRUGEM POLISSORA	21
FERRUGEM TROPICAL.....	23
MANCHAS FOLIARES	25
MANCHA BRANCA	26
MANCHA DE CERCÓSPORA.....	29
MANCHA DE TURCICUM	31
MANCHA DE BIPOLARIS MAYDIS	34
MANCHA DE MACRÓSPORA	36
MATERIAL E MÉTODOS	39
RESULTADOS	46
CONCLUSÃO	51
CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
REFERÊNCIAS.....	53
ANEXO.....	61

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é um dos principais cereais cultivados no mundo. No ano de 2018 foram produzidas cerca de 1.054 milhões de toneladas. Estados Unidos, China e Brasil são responsáveis por aproximadamente 65 % da produção mundial deste cereal. Dentre eles, apenas o Brasil é capaz de cultivar o milho em duas safras consecutivas, conhecidas como milho primeira safra e segunda safra (safrinha). Em ambas as safras, no período de 2018 e 2019 foram produzidas 99,3 milhões de toneladas, provenientes de aproximadamente 17,3 milhões de hectares (CONAB, 2019). Na primeira safra, foram produzidas 26,3 milhões de toneladas em 4,9 milhões de hectares e, na segunda safra, 73,1 milhões de toneladas em 12,3 milhões de hectares (CONAB, 2019). Além disso, as projeções do agronegócio do milho são de expansão crescente no país nas próximas décadas, impulsionada pela segunda safra.

Graças aos avanços tecnológicos em sistemas de manejo e à expansão da área cultivada, a importância da segunda safra cresceu exponencialmente nos últimos anos, tornando-se a principal safra de milho brasileira. Concomitantemente, doenças foliares endêmicas na cultura tornaram-se mais severas, causando, com maior frequência, perdas econômicas aos produtores de sementes e de grãos, em ambas as safras, nas diversas regiões do Brasil.

Devido ao aumento dos cultivos de segunda safra na Região Sul do país, epidemias de múltiplas doenças foliares se tornaram típicas em anos de ocorrência do fenômeno *El Niño*, caracterizados por chuvas bem distribuídas. Nessas condições, os danos ocasionados principalmente por mancha branca (> 60 %), mancha de cercóspora (> 80 %), mancha de turcicum (> 50 %) e ferrugem polissora (> 50 %) são frequentes. Estas doenças foliares endêmicas, de ocorrência múltipla e distribuição mais generalizada em lavouras, tornaram-se um fator limitante para a produção sustentável do milho (REIS et al., 2004; FANTIN; DUARTE, 2009). Além

disso, talvez os maiores danos ocasionados por doenças foliares do milho são aqueles de menor ocorrência anual com pouca ou nenhuma variação visível na cultura e cujos efeitos são imperceptíveis (MUNKVOLD; WHITE, 2016).

A resistência genética é a mais efetiva e utilizada medida de controle das doenças do milho citadas anteriormente. No entanto, embora altos níveis de resistência às principais doenças foliares podem ser encontrados entre os híbridos comerciais, raramente um híbrido terá ampla resistência múltipla para todas estas doenças nos diferentes grupos de maturidade fisiológica. Frequentemente, híbridos são comercializados com adequados níveis de resistência para prevenir significativas perdas causadas por doenças potencialmente importantes em uma área geográfica específica, exceto sob condições ambientais ideais para o desenvolvimento de severas epidemias destrutivas (MUNKVOLD; WHITE, 2016). Ainda, os tipos e níveis de resistência genética às doenças necessários para proteger um híbrido cultivado em regiões mais frias e úmidas como do bioma Mata Atlântica e em áreas semiáridas quentes e secas como do bioma Caatinga são significativamente diferentes daqueles necessários para proteger um híbrido cultivado em áreas quentes e úmidas como do bioma Cerrado. Assim, alguns híbridos cultivados em regiões específicas e comercializados por apenas poucos anos podem ter sua suscetibilidade desconhecida às doenças de menor ocorrência, mas que potencialmente ocasionam danos (MUNKVOLD; WHITE, 2016).

A frequência do uso de fungicidas em lavouras comerciais de milho tem sido cada vez maior nos últimos anos, em parte devido aos altos preços do grão no mercado internacional (MULLER et al., 2013). Como estes fungicidas eficientes são também empregados para controlar a ferrugem asiática em lavouras de soja no Brasil, em mais de 35 milhões de hectares, houve aumento da oferta de produtos. Isso proporcionou competição entre as empresas fabricantes

de agroquímicos pela participação no mercado interno, reduzindo os preços dos fungicidas e viabilizando a sua utilização em lavouras comerciais de milho segunda safra (FANTIN; DUARTE, 2009).

Após a implantação da cultura, o uso de fungicidas no controle destas doenças foliares do milho segunda safra é uma realidade no Paraná (CUSTÓDIO et al., 2019a). No Brasil, este também é um dos principais métodos de controle empregado para proteger o potencial produtivo de híbridos durante os estádios fenológicos vegetativos e reprodutivos da planta.

Portanto, é fundamental determinar a eficiência de controle e o ganho de produtividade proporcionado pelos fungicidas atualmente recomendados para o controle de doenças foliares, sejam eles de natureza química sintética, fitoquímicos, microbiológicos ou indutores de resistência em plantas.

Desta maneira, na segunda safra 2018 e 2019 foi estabelecida uma rede de ensaios cooperativos no Estado do Paraná com o objetivo de se obter informações técnicas sobre a eficiência de controle e o ganho de produtividade por meio do uso racional de fungicidas no milho (CUSTÓDIO et al., 2019b). Nesta publicação estão apresentados os resultados sumarizados dos ensaios cooperativos para o controle múltiplo de doenças foliares do milho na segunda safra 2019.

MÚLTIPLAS DOENÇAS FOLIARES DO MILHO

Os danos ocasionados por doenças foliares são decorrentes do mau funcionamento de células e tecidos fotossintéticos devido ao aumento do número de lesões infecciosas e posterior expansão da área foliar necrosada. A destruição e a morte prematura das folhas por doenças limitam a interceptação da radiação solar e a translocação de fotoassimilados essenciais ao desenvolvimento do grão. Além disso, a redução do tempo da área foliar sadia da planta ao interferir na quantidade de luz absorvida também reduz os proces-

sos de absorção de água e nutrientes pelas raízes e a translocação dos carboidratos (AGRIOS, 2005). Por isso, maiores reduções de produtividade são observadas em plantas infectadas precocemente, antes do pendoamento, em híbridos suscetíveis com alta severidade durante a formação e desenvolvimento do grão, e antes de sua completa maturidade fisiológica. Normalmente, a redução da área foliar fotossintética também predispõe as plantas ao ataque de podridões do colmo. Desta forma, o objetivo da aplicação de fungicidas foliares, preventivamente ou no início do ciclo das doenças, é manter a planta o maior tempo possível com área foliar sadia (REIS; CASA; REIS, 2004; MUNKVOLD; WHITE, 2016).

O aumento da intensificação do sistema de produção de grãos no país, comumente utilizando a cultura do milho segunda safra em rotação ou sucessão com a cultura da soja, também modificou a dinâmica populacional dos patógenos (FANTIN; DUARTE, 2009; BORÉM; GALVÃO; PIMENTEL, 2015). Estas modificações do sistema aumentaram a produtividade destas culturas, mas também foram responsáveis por aumentar os problemas ocasionados por doenças de maior ocorrência no milho, que causam muitos danos econômicos, ou por doenças de menor ocorrência, que causam poucos danos econômicos (Tabela 1). Em parte, isso contribuiu para que a utilização de fungicidas foliares registrados tenha sido cada vez maior para controlar doenças do milho de ocorrência mais generalizada e de importância primária, no Paraná e no Brasil (Tabela 1).

Entretanto, doenças do milho de ocorrência mais específica, ou restrita, e de importância secundária poderão ocasionar significativo dano econômico em lavouras no futuro. Também, estas doenças de menor ocorrência podem causar danos significativos em determinadas regiões do país e, subitamente, necessitem de maior utilização de fungicidas foliares registrados para impedir ou retardar o avanço da dispersão do problema. Na América do Norte, por exemplo, a mancha branca é considerada apenas uma curiosidade, vista apenas no Sul da Flórida. No Brasil, é uma importante doença de ocorrência em grandes áreas de regiões produtoras de milho (MUNKVOLD; WHITE, 2016).

Tabela 1. Principais doenças foliares do milho segunda safra causadas por fungos.

Doença foliar	MAPA ¹ Com registro ³	Código FRAC ²						Distribuição no país ⁵	Prioridade em PD&I ⁶
		1	3	7	11	29	M3		
Maiores ocorrência									
Ferrugem comum	31	-	+	+	-	-	-	6	7
Ferrugem polissora	60	-	+	+	-	-	-	4	5
Ferrugem tropical	8	-	+	+	-	-	-	7	8
Mancha branca	65	+	+	+	+	+	+	1	1
Mancha de cercospora	50	+	+	+	+	+	-	2	4
Mancha de turcicum	27	+	+	+	-	-	-	5	2
Subtotal (A)	241								
Menor ocorrência	Sem registro ⁴	1	3	7	11	29	M3	M5	
Mancha de bipolaris maydis	0	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	3
Mancha de macróspora	0	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	6
Subtotal (B)	0								
Total (A+B)	241								

Fonte: Adaptada de AGROFIT (2019) por Adriano Custódio, Roberto de Carvalho, Rodrigo Costa e Dagma Silva.

¹Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. O mesmo produto pode ser registrado para o controle múltiplo de doenças foliares do milho. Fungicidas possuem critérios de uso específico; ²Comitê de Ação de Resistência a Fungicida (FRAC, 2019): 1, metil benzimidazol carbamato (MBC); 3, inibidores da biossíntese de esterol na desmetilação (DMI); 7, inibidores da respiração mitocondrial no complexo II da succinato desidrogenase (SDHI); 11, inibidores da respiração mitocondrial no complexo III da quinona externa (QoI); 29, desacoplador da fosforilação oxidativa; M3, ditio-carbamatos de ação múltipla; M5, clorotritilas de ação múltipla; ³Com registro de fungicidas do respectivo código FRAC (+, presença e -, ausência) para controlar as doenças foliares de maior ocorrência no Brasil; ⁴Sem registro de fungicidas do respectivo código FRAC (SR) para controlar doenças foliares de menor ocorrência no Brasil. Mancha de macróspora e mancha de bipolaris maydis são doenças foliares de ocorrência restrita, mas que ocasionam danos significativos em lavouras brasileiras. A mancha de bipolaris maydis possui fungicida registrado para uso no governo estadunidense (MUELLER et al., 2013; MUNKVOLD; WHITE, 2016; WISE et al., 2016). ⁵Distribuição decrescente atual das doenças foliares nas principais regiões produtoras de milho segunda safra do país, baseada em Fantin e Duarte (2009). ⁶Prioridade decrescente atual de pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica (PD&I) de novos portfólios de fungicidas devido à baixa eficiência ou falha de controle dos produtos registrados, ou devido à ausência de registro para as doenças foliares.

A história da patologia do milho possui muitos exemplos de doenças que eram consideradas de importância limitada, mas que subitamente causaram ampla dispersão e significativos danos em lavouras devido às mudanças de práticas culturais em larga escala por meio de políticas públicas e programas de incentivo à agricultura conservacionista ou produção do cereal. Por exemplo, a consolidação do sistema plantio direto na palha e o financiamento facilitado para uso da irrigação por aspersão e altas taxas de fertilização nitrogenada são práticas culturais que modificam a dinâmica populacional das doenças foliares. Adicionalmente, cita-se também a disponibilização de híbridos suscetíveis por empresas de sementes e a evolução natural da população de fitopatógenos (MUNKVOLD; WHITE, 2016). A mancha de cercóspora e a mancha de *bipolaris maydis* são exemplos de doenças do milho que foram consideradas de menor importância por muitos anos nos Estados Unidos, mas se tornaram reconhecidas como problemas de maior importância em grandes áreas de regiões produtoras de milho (MUNKVOLD; WHITE, 2016).

Assim, o registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) de novos fungicidas com eficiência superior de controle múltiplo às principais doenças foliares de menor ocorrência no país como a mancha de *bipolaris maydis* e a mancha de macróspora é uma importante medida preventiva. Isso poderia minimizar, no futuro, a vulnerabilidade do agronegócio do milho, constantemente ameaçado por epidemias responsáveis por danos à produção, e maximizar a competitividade de toda a cadeia produtiva.

Nesta publicação serão apresentadas informações das principais doenças distribuídas em áreas de produção de milho segunda safra no país causadas por patógenos fúngicos responsáveis por ocasionar lesões foliares (Tabela 1). Devido à interferência dos diferentes patógenos no mesmo processo fisiológico vital do milho – a fotossíntese – estas doenças são classificadas no grupo V (McNEW, 1960). Além de possuir uma exuberante área foliar fotossintética, o milho possui alta eficiência de aproveitamento da energia luminosa por meio do mecanismo C4 convertendo em energia química. Adicionalmente, devido ao fato destas doenças pertencerem ao mesmo grupo de classificação e apresentarem características semelhantes nas diversas fases

do ciclo de relação patógeno-hospedeiro, não raro apresentam também idênticas medidas de controle (AMORIM; REZENDE; BERGAMIN FILHO, 2011). Portanto, a seguir serão abordados dois grupos de doenças amplamente distribuídos no Paraná e em várias regiões produtoras de milho do país: ferrugens e manchas foliares.

Destas doenças, três ferrugens e outras três manchas foliares foram consideradas de maior ocorrência e podem ser controladas por fungicidas registrados. Duas manchas foliares foram consideradas de menor ocorrência, mas que também poderiam ser controladas por fungicidas registrados (Tabela 1).

FERRUGENS

As ferrugens estão distribuídas em regiões de clima temperado e tropical. Estas doenças são parasitas obrigatórios causadas por fungos verdadeiros do filo basidiomicota. Ferrugens podem produzir um variado tipo de sintomas e sinais, porém a mais comum e notável são pústulas que rompem a epiderme da folha. A origem do nome ocorre devido às lesões apresentarem aspecto ferruginoso na planta hospedeira atacada. Normalmente, as pústulas aparecem em folhas ou colmos e as infecções são locais. Estas doenças são responsáveis por sérios danos em várias culturas, principalmente em espécies poáceas como aveia, cana-de-açúcar, cevada, milho e trigo. Também café, feijão e soja sofrem redução de produtividade devido às doenças deste grupo. As plantas doentes têm seu processo fotossintético afetado pela retirada de nutrientes promovida pelo patógeno e pela destruição de área foliar sadia, decorrente da formação de pústulas e da morte precoce de folhas provocada pelo fungo. Embora existam importantes práticas alternativas de controle cultural das ferrugens, basicamente são adotadas pela grande maioria dos produtores o uso de materiais genéticos resistentes ou tolerantes e fungicidas foliares para retardar o início das epidemias ou reduzir o progresso das doenças (AGRIOS, 2005; AMORIM; REZENDE; BERGAMIN FILHO, 2011).

Antes da semeadura, a medida primária de controle das ferrugens é o uso de híbridos geneticamente resistentes ou tolerantes.

No entanto, após o estabelecimento da cultura no campo, o uso de fungicidas protetores e curativos é uma importante medida secundária de controle, especialmente em sistemas agrícolas intensivos manejados para um alto potencial produtivo. Portanto, nestas condições o uso de fungicidas pode proporcionar excelente controle das ferrugens se aplicado no momento adequado, evitando expressivas reduções de produtividade (AGRIOS, 2005; AMORIM; REZENDE; BERGAMIN FILHO, 2011; MUNKVOLD; WHITE, 2016).

No Paraná, e em várias partes do Brasil, são relatadas três principais ferrugens do milho, causadas por patógenos biotróficos policíclicos, que se diferem em sintomas, temperatura ótima para desenvolvimento e distribuição geográfica (REIS; CASA; REIS, 2004; FANTIN; DUARTE, 2009; MUNKVOLD; WHITE, 2016):

- ferrugem comum, causada por *Puccinia sorghi*;
- ferrugem polissora, causada por *Puccinia polysora*;
- ferrugem tropical ou ferrugem branca, causada por *Physopella zaeae*.

FERRUGEM COMUM

Esta é a mais antiga e estudada ferrugem do milho no Brasil e pode ser encontrada em todas as regiões produtoras. No entanto, por ser uma doença de clima temperado (MUNKVOLD; WHITE, 2016), apresenta maior ocorrência na Região Sul do país, ambiente de baixa temperatura e alta umidade relativa do ar. Esta doença pode ser encontrada em qualquer fase de desenvolvimento da planta. Porém, é mais visível no estágio fenológico próximo à fase de florescimento da lavoura. Inicialmente, a ferrugem comum ocorre nas folhas do terço inferior da planta. Infecções precoces em plantas jovens, antes do pendoamento, causam maior redução da produtividade (REIS; CASA; REIS, 2004).

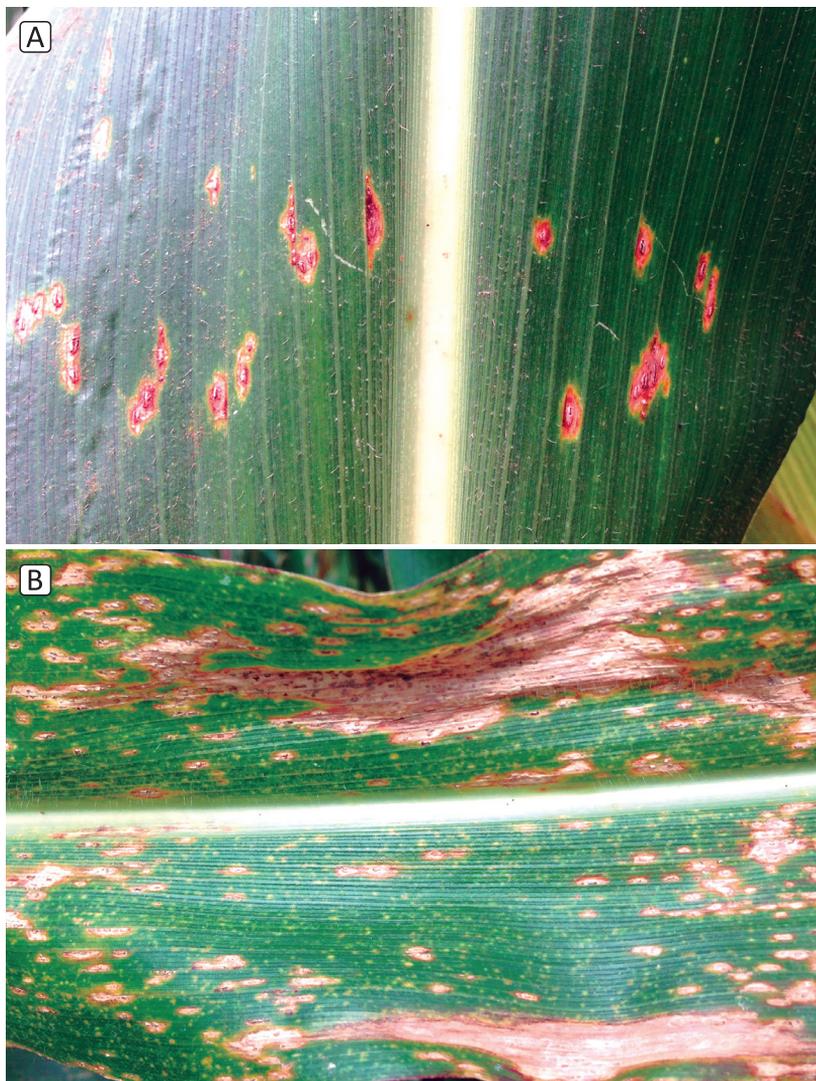
Os sintomas iniciais da doença são fendas cloróticas na folha. Em seguida, ocorre a formação de numerosas pústulas (Figura 1A) em toda a parte aérea da planta, mas com maior abundância nas folhas. Uma característica marcante desta doença é que as pústulas são mais

alongadas que as demais ferrugens, ocorrem na superfície superior e inferior da folha e apresentam coloração variável de pardo à canela. As pústulas alteram sua coloração para pardo-negras quando os urediniósporos são substituídos pelos teliósporos (REIS; CASA; REIS, 2004) próximo do estágio fenológico de maturidade fisiológica da planta. As pústulas podem ser rodeadas por um halo de coloração variando de amarelo a verde-claro. Os sintomas também podem ser observados na bainha foliar, brácteas das espigas e pendão (WISE et al., 2016). O melhor período para vistoriar os sintomas da ferrugem comum em campo é (WISE et al., 2016):

- início: no meio da estação de cultivo, durante o estágio vegetativo de pré-pendoamento das plantas (V11) ou antes;
- término: no final da estação de cultivo, no estágio reprodutivo de grão pastoso (R4).

Híbridos altamente suscetíveis possuem morte prematura do tecido foliar ocasionado pelo agrupamento das pústulas, apresentando um aspecto de mancha foliar (Figura 1B), o que dificulta a diagnose visual em campo (MUNKVOLD; WHITE, 2016). A doença é favorecida por ambiente com temperatura do ar na faixa de 18 °C a 21 °C, alta umidade relativa do ar, acima de 95 %, e seis horas de período de molhamento foliar. Uma simples pústula da folha infectada pode conter mais de 5.000 urediniósporos. Dias quentes e secos limitam o desenvolvimento da doença e interrompem a produção de urediniósporos nas pústulas (WISE et al., 2016).

Os danos causados pela ferrugem comum ainda não estão bem definidos. No entanto, das três ferrugens do milho, está é a que demonstra menor potencial destrutivo (REIS; CASA; REIS, 2004). Em São Paulo, Fantin e Duarte (2009) realizaram estudo de correlação entre a produtividade de milho segunda safra em função da severidade desta doença. Os autores observaram redução média de 1.066 kg ha⁻¹ (23 %) na produtividade em cultivares de maior suscetibilidade. Por outro lado, houve no grupo de híbridos mais resistentes redução média na produtividade de 307 kg ha⁻¹ (8 %). Segundo Munkvold e White (2016), para cada 10 % da área total infectada houve redução do peso de grãos entre 3 % e 8 %.



Crédito das imagens: A) Adriano Custódio; B) Dagma Silva (2019).

Figura 1. Sintomas típicos de ferrugem comum do milho. A) Pústulas pequenas, circulares a alongadas de coloração pardo-escura; B) Superfície adaxial da folha com alta densidade de pústulas agrupadas apresentando necrose da folha.

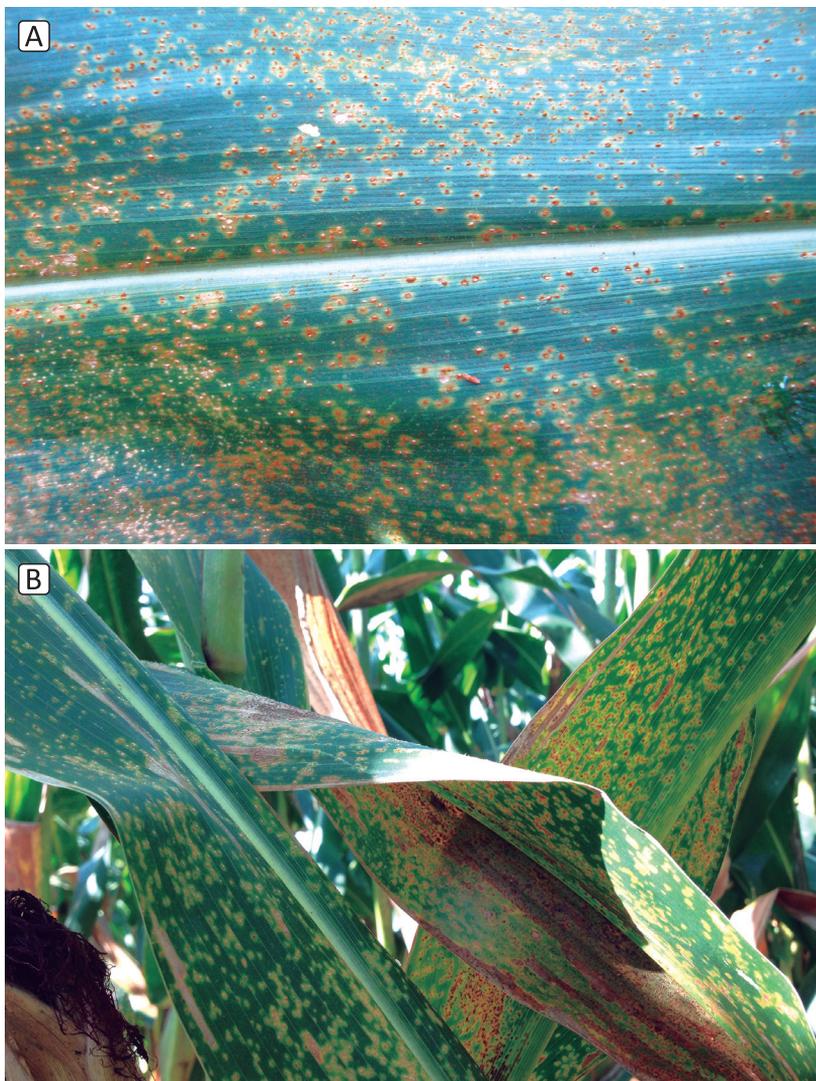
FERRUGEM POLISSORA

Esta é uma doença típica de clima tropical e subtropical, sendo considerada a mais agressiva e destrutiva de todas as ferrugens da cultura (MUNKVOLD; WHITE, 2016). No Brasil, a ferrugem polissora tornou-se preocupante a partir da década de 1990, principalmente em regiões onde o milho é cultivado em altitudes inferiores a 700 m e com predominância de temperaturas e umidades relativas do ar elevadas (FANTIN; DUARTE, 2009; COSTA et al., 2015). Severas epidemias em híbridos suscetíveis foram relatadas em diversas regiões produtoras de milho, especialmente no Centro-Oeste brasileiro, causando prejuízos aos produtores (CASELA, 2006; COSTA et al., 2010).

Os sintomas da doença foliar (Figura 2A) são caracterizados pela formação de numerosas, densas e pequenas pústulas circulares a ovais, de coloração variável de amarelo a dourado, distribuídas uniformemente (Figura 2B) na face superior das folhas (WISE et al., 2016). As pústulas da ferrugem polissora tem coloração mais clara do que as da ferrugem comum. No entanto, as pústulas da ferrugem polissora adquirem coloração mais escura à medida que as plantas se aproximam do estágio fenológico de maturidade fisiológica. Os sintomas também podem ser observados na bainha foliar, brácteas das espigas e pendão. O melhor período para vistoriar os sintomas da ferrugem polissora em campo é (WISE et al., 2016):

- início: no meio da estação de cultivo, durante o estágio vegetativo das plantas (V8);
- término: no final da estação de cultivo, no estágio reprodutivo de grão dente (R5).

Híbridos altamente suscetíveis apresentam morte prematura da folha (MUNKVOLD; WHITE, 2016). A doença é favorecida por ambiente com temperatura do ar acima de 27 °C, umidade relativa do ar acima de 90 % e seis horas de período de molhamento foliar. A ausência de controle em híbridos suscetíveis pode resultar em danos superiores a 50 % na produção de milho (CASELA; FERREIRA, 2002; JINES et al., 2007; COSTA et al., 2010).



Crédito das imagens: Adriano Custódio (2019).

Figura 2. Sintomas típicos de ferrugem polissora do milho. A) Superfície adaxial da folha com alta densidade de pústulas de coloração alaranjada; B) Numerosas pústulas pequenas, circulares e ovais em folhas do terço mediano da copa.

Dudienas et al. (2013) observaram que a redução de produtividade em função da severidade da ferrugem polissora variou de 3,5 %, para cultivares com aproximadamente 2,5 % de severidade, a 20,3 %, para cultivares com 39 % de severidade, em relação às cultivares com maior resistência à doença (1,4 % de área foliar afetada).

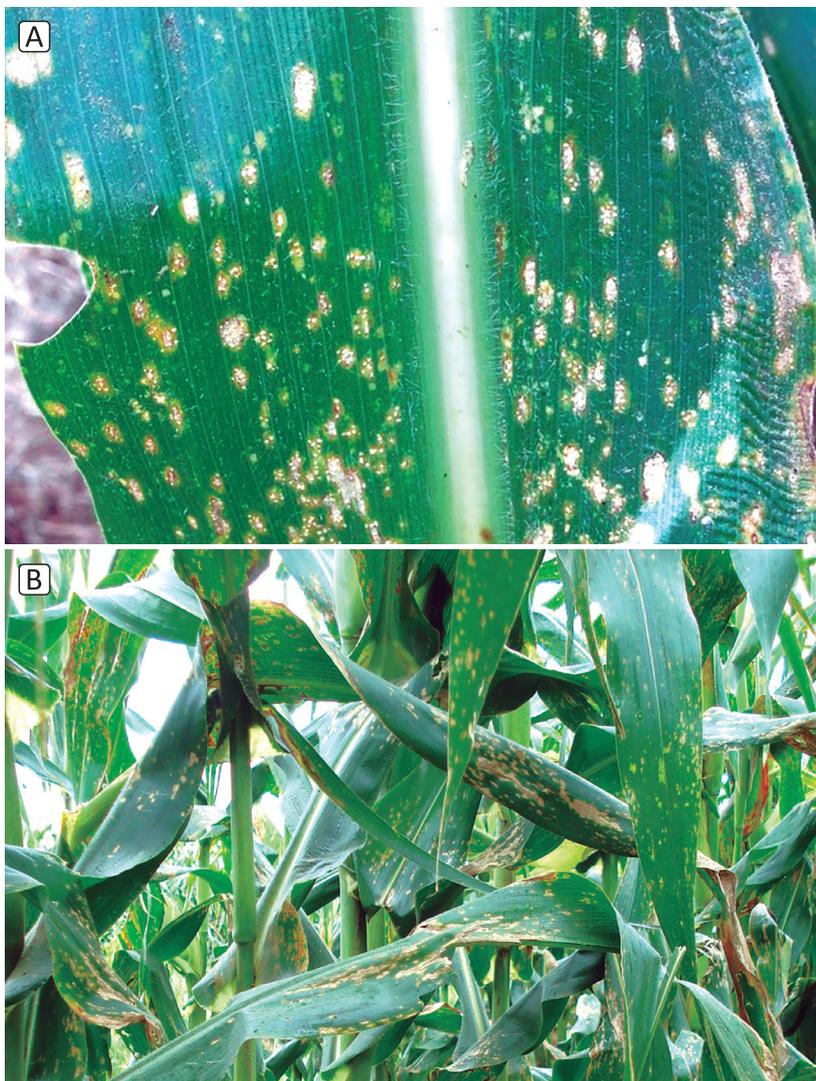
FERRUGEM TROPICAL

A ferrugem tropical, favorecida pelos ambientes quentes e úmidos das regiões tropicais e subtropicais (MUNKVOLD; WHITE, 2016), foi relatada pela primeira vez no Brasil no Estado do Espírito Santo, em 1976. No início da década de 1990 houve relatos de maior severidade da doença em vários municípios do Sudoeste de Goiás, devido à suscetibilidade dos híbridos cultivados (REIS; CASA; REIS, 2004).

Esta doença pode ser facilmente identificada em campo devido à coloração do centro das pústulas, que varia de branca a amarela, que ocorrem tipicamente em pequenos grupos (Figuras 3A). Estes sintomas são muito pequenos e podem apresentar aspecto pulverulento, de formato circular a oval. Normalmente, suas margens são circundadas por um halo escuro (Figura 3B) e, frequentemente, avermelhado (MUNKVOLD; WHITE, 2016). Os sintomas também podem ser observados na bainha e nas brácteas. O melhor período para vistoriar os sintomas da ferrugem tropical em campo é (WISE et al., 2016):

- início: no meio da estação de cultivo, durante o estágio vegetativo de pendoamento das plantas (VT);
- término: no final da estação de cultivo, no estágio reprodutivo de grão dente (R5).

Híbridos altamente suscetíveis apresentam morte prematura da folha. Esta doença é importante em áreas quentes e úmidas de baixas altitudes como a América Central, América do Sul e Caribe (MUNKVOLD; WHITE, 2016). Embora os danos causados pela ferrugem comum ainda não sejam bem definidos, esta é uma doença altamente destrutiva, podendo causar danos econômicos consideráveis quando a infecção ocorre antes do florescimento, devido à intensa destruição das folhas (REIS; CASA; REIS, 2004).



Crédito das imagens: Dagma Silva (2019).

Figura 3. Sintomas típicos de ferrugem tropical do milho. A) Numerosas pústulas do patógeno da doença, *Physopella zae*; B) Pústulas de coloração branca a amarelada ocorrendo em pequenos grupos na folha.

MANCHAS FOLIARES

As manchas foliares do milho causadas por fungos verdadeiros possuem, em sua quase totalidade, representantes do filo ascomi-ceto. Estes agentes causais são patógenos do tipo parasita facultativo, que durante a fase saprofítica sobrevivem em restos da cultura ou na matéria orgânica do solo. As manchas são os sintomas típicos das doenças deste grupo. As lesões são caracterizadas principalmente pelo formato, tamanho e coloração. Conforme a suscetibilidade dos híbridos e das condições ambientais, manchas individuais podem coalescer e provocar a necrose de grandes áreas da folha. Estas manchas causam necrose, destruindo o tecido vegetal fotossintetizante. Além disso, algumas manchas provocam requeima, evidenciada por uma rápida necrose que atinge grandes áreas da folha (AGRIOS, 2005; AMORIM; REZENDE; BERGAMIN FILHO, 2011; MUNKVOLD; WHITE, 2016).

Muitos patógenos sobrevivem na palhada e em restos culturais. Assim, a adoção de práticas culturais como a rotação de culturas não hospedeiras pode reduzir substancialmente a quantidade de inóculo primário no solo. No entanto, ainda que estas medidas de controle possam resultar em algum controle, estas manchas foliares frequentemente causam danos significativos em lavouras de milho. Muitos dos patógenos destas doenças possuem rápida capacidade de dispersão em uma ampla área geográfica e produzem um grande montante de inóculo secundário durante a mesma estação de cultivo. Neste cenário, sob condição ambiental ideal, pode ocasionar uma severa epidemia destrutiva em híbridos com moderada a baixa resistência genética (MUNKVOLD; WHITE, 2016).

Antes da semeadura, a medida primária de controle destas principais manchas foliares é o uso de híbridos geneticamente resistentes ou tolerantes. No entanto, após o estabelecimento da cultura no campo, o uso de fungicidas protetores e curativos é uma importante medida secundária de controle a ser considerada. Portanto, nestas situações, o uso de fungicidas pode providenciar excelente contro-

le de muitas manchas foliares se aplicados no momento adequado (AMORIM; REZENDE; BERGAMIN FILHO, 2011; MUNKVOLD; WHITE, 2016).

No Paraná, e em diversos outros Estados, são relatadas as principais manchas foliares causadas por patógenos necrotróficos policíclicos (REIS; CASA; REIS, 2004; FANTIN; DUARTE, 2009) que ocorrem de maneira mais generalizada em lavouras de milho:

- mancha branca, causada pelo complexo microbiano *Phaeosphaeria maydis* e *Pantoea ananatis*;
- mancha de cercóspora, mancha cinzenta ou cercosporiose causada por *Cercospora zeina*, *C. zeaemaydis* e *C. sorghi* var. *maydis*;
- mancha de turcicum, queima ou mancha foliar de turcicum ou helmintosporiose comum, causada por *Setosphaeria turcica* (sin. *Bipolaris turcica*, *Exserohilum turcicum* e *Helminthosporium turcicum*);
- mancha de bipolaris maydis, queima ou mancha foliar do milho ou helmintosporiose maydis, causada por *Cochliobolus heterostrophu* (sin. *Bipolaris maydis* e *Helminthosporium maydis*); e,
- mancha de macróspora, mancha de diplodia ou estria foliar de macróspora, causada por *Stenocarpella macrospora* (sin. *Diplodia macrospora* e *Stenocarpella zaeae*).

MANCHA BRANCA

A mancha branca em folhas de milho, causada pelo complexo microbiano *Phaeosphaeria maydis* (RANE et al., 1966; FANTIN, 1994) e *Pantoea ananatis* (PACCOLA-MEIRELLES et al., 2001; GONÇALVES et al., 2013), ocorre no Brasil desde a década de 1980. Entretanto, a partir de 2010 houve aumento no número de ocorrências e danos, principalmente em cultivos de segunda safra em regiões de baixa temperatura, e a doença passou a representar uma ameaça ao setor produtivo. Devido ao aumento significativo da área

cultivada e da produção de milho segunda safra, a ocorrência da mancha branca tem se tornado um fator limitante para a produção sustentável do milho (FANTIN; DUARTE, 2009).

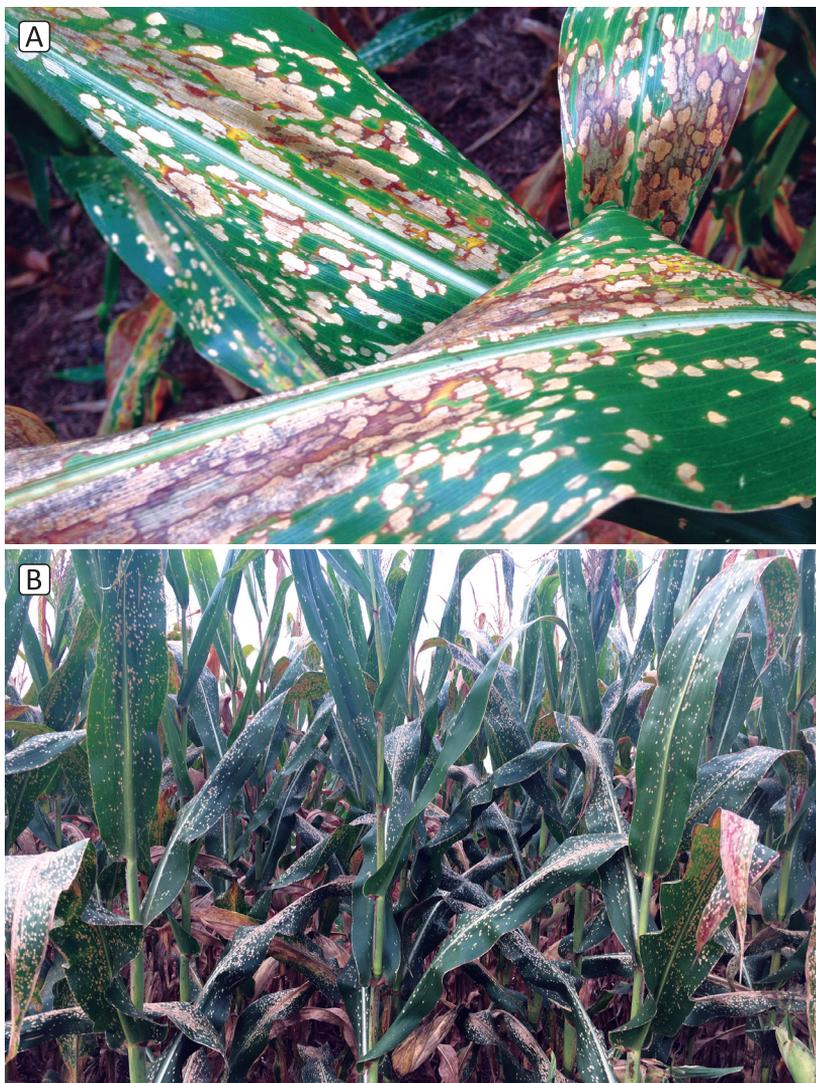
Os sintomas iniciais da doença se caracterizam por manchas foliares de formato circular a oval e pouco irregulares, com diâmetro de 0,3 cm a 2,0 cm. Inicialmente, as lesões apresentam aspecto encharcado de coloração verde-oliva (Figura 4A). Posteriormente, as lesões coalescem e apresentam aspecto necrótico e coloração palha (Figura 4A) (FANTIN, 1994; REIS; CASA; REIS, 2004; FANTIN; DUARTE, 2009). Sob condições de alta severidade, a doença também pode afetar as brácteas da espiga (COSTA et al., 2012).

Normalmente, a doença tem início nas folhas do terço inferior da planta, próximas ao solo, progredindo rapidamente para as folhas do terço mediano e superior (Figura 4B). O melhor período para vistoriar os sintomas de mancha branca em campo é:

- início: no meio da estação de cultivo, durante o estágio vegetativo de pré-pendoamento das plantas (V11) ou antes;
- término: no final da estação de cultivo no estágio reprodutivo de grão dente (R5).

Danos econômicos causados pela mancha branca são dependentes da suscetibilidade do híbrido associada ao cultivo em regiões com temperatura média inferior a 25 °C e umidade relativa do ar superior a 70 % (FANTIN; DUARTE, 2009). Segundo Carson (2005), para cada 1 % de aumento da severidade da mancha branca ocorre redução de 0,23 % na produtividade de grãos.

Em São Paulo, Fantin e Duarte (2009) realizaram estudo de correlação entre a produtividade de milho segunda safra em função da severidade da mancha branca. Os autores observaram redução média de 1.933 kg ha⁻¹ (30 %) na produtividade em cultivares mais suscetíveis. Por outro lado, houve no grupo de híbridos mais resistentes redução média de 250 kg ha⁻¹ (5 %) na produtividade. Segundo Cota et al. (2013), se não controlada, a mancha branca pode causar reduções na produtividade de até 60 % em híbridos suscetíveis.



Crédito das imagens: Adriano Custódio, Karla Braga e Lucas Fantin (2019).

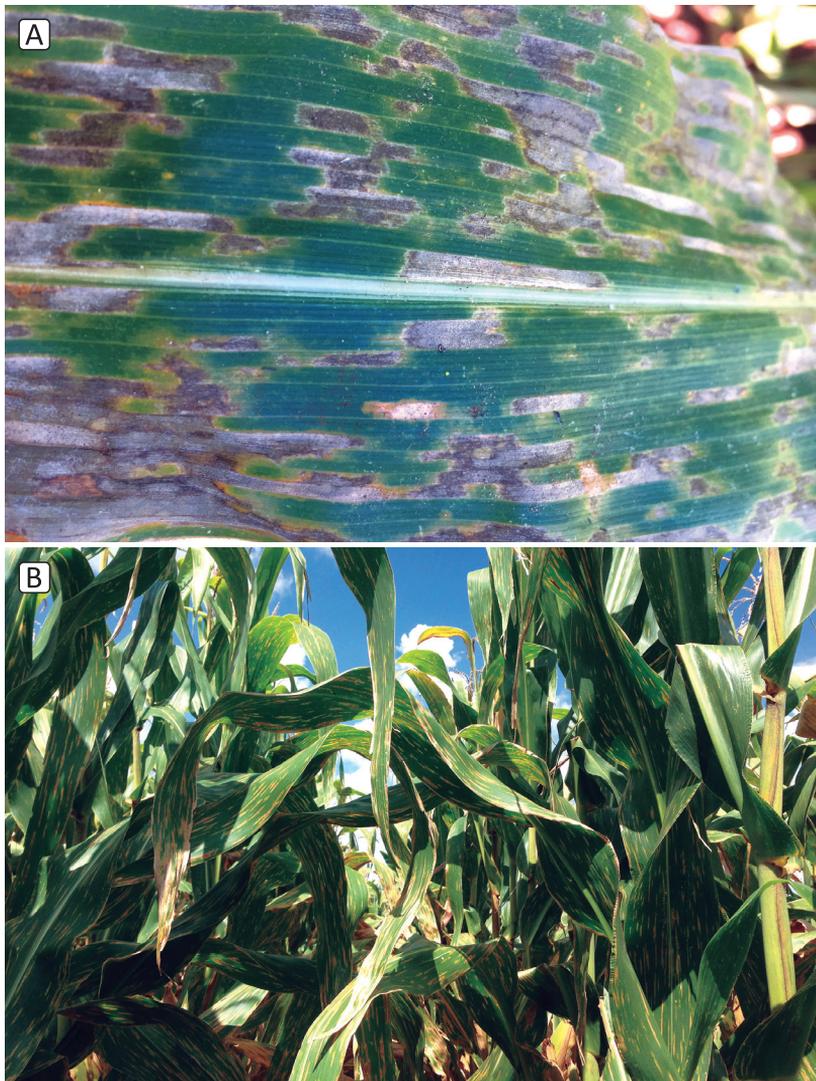
Figura 4. Sintomas típicos de mancha branca do milho. A) Alta severidade de lesões circulares a ovaladas e coloração esbranquiçada em folhas; B) Múltiplas lesões no terço mediano e superior da copa.

MANCHA DE CERCÓSPORA

A mancha foliar de cercóspora foi identificada pela primeira vez nos Estados Unidos, em 1924 (MUNKVOLD; WHITE, 2016). No Brasil, esta importante doença foliar é causada principalmente pelos fungos *Cercospora zeina* e *Cercospora zea-maydis* (NEVES et al., 2015). O primeiro relato da doença no país data de 1934, mas os primeiros registros epidêmicos ocorreram no Sudoeste de Goiás na primeira safra 1999/2000 e na segunda safra 2000 (REIS; CASA; REIS, 2004). Atualmente, alta severidade desta doença, em níveis epidêmicos, ocorrem nas principais regiões brasileiras produtoras de milho (JULIATTI et al., 2004; BRITO et al., 2008), em áreas de monocultura no sistema plantio direto na palha (REIS; CASA; REIS, 2004).

Normalmente, os primeiros sintomas desta doença (Figura 5A) são observados de duas a três semanas antes do estágio fenológico de pendoamento (VT), em folhas do terço inferior (Figura 5B) das plantas próximas à fonte de inóculo do patógeno em restos culturais (WARD et al., 1999; WISE et al., 2016). Após o pendoamento, em híbridos suscetíveis, a doença pode se desenvolver rapidamente e avançar para o terço mediano e superior das plantas (Figura 5B). Os sintomas podem variar conforme o genótipo do hospedeiro. Em alguns casos, as lesões podem apresentar bordas escuras ou halo amarelo (Figura 5A). Lesões iniciais são de difícil identificação. Porém, lesões velhas são de fácil identificação, pois apresentam aspecto retangular (Figura 5A), delimitadas pelas nervuras da folha (MUNKVOLD; WHITE, 2016). Essas lesões possuem coloração palha ou cinza clara e em híbridos altamente suscetíveis apresentam extensas áreas necróticas (Figura 5B). O melhor momento para vistoriar os sintomas de mancha de cercóspora em lavoura é (WISE et al., 2016):

- início: no meio da estação de cultivo, durante o estágio vegetativo de pré-pendoamento das plantas (V11) ou antes;
- término: no final da estação de cultivo, no estágio reprodutivo de grão dente (R5).



Crédito das imagens: Adriano Custódio (2019).

Figura 5. Sintomas típicos de mancha de cercóspora do milho. A) Alta severidade de lesões retangulares cinzas, alongadas e paralelas às nervuras da folha; B) Múltiplas lesões em folhas do terço mediano e superior da copa.

As condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da doença são temperaturas do ar entre 22 °C e 30 °C, períodos prolongados de molhamento foliar por água de chuva, irrigação por aspersão, orvalho ou neblina (MUNKVOLD; WHITE, 2016) e umidade relativa do ar de 90 % (WISE et al., 2016) e em campos próximos às margens de rios.

Nos Estados Unidos, esta doença foliar foi responsável por danos de 80 % a 100 % na produção de milho nas décadas de 1950 e 1960 (WARD et al., 1999; MUNKVOLD; WHITE, 2016). Os danos na produtividade dependem do número de lesões e quanto acima da copa das plantas as lesões ocorrem entre o pendoamento e a polinização do milho. Se as lesões alcançarem as folhas da espiga ou acima durante duas semanas antes ou após o pendoamento, poderão ocorrer danos, especialmente em híbridos suscetíveis (MUNKVOLD; WHITE, 2016). Segundo Nutter Júnior e Jenco (1992), para cada 1 % de acréscimo na severidade da mancha de cercóspora a produção de milho foi reduzida em 47,6 kg ha⁻¹.

Danos expressivos na produtividade foram relatados em diversos Estados brasileiros (REIS et al., 2007; BRITO et al., 2007; FANTIN et al., 2008). Os componentes de produção mais afetados pela doença são o número de grãos por espiga e o tamanho dos grãos (REIS; CASA; REIS, 2004). Em São Paulo, Fantin e Duarte (2009) realizaram estudo de correlação entre a produtividade de milho segunda safra em função da severidade da mancha de cercóspora e observaram redução média de 1.574 kg ha⁻¹ (25 %) na produtividade em cultivares de maior suscetibilidade. Por outro lado, houve no grupo de híbridos mais resistentes redução média na produtividade de 238 kg ha⁻¹ (4 %).

MANCHA DE TURCICUM

Esta doença foliar é considerada de distribuição mais generalizada em lavouras e pode ser encontrada em quase todas as regiões produtoras, principalmente em áreas com clima úmido do Sul e em

áreas específicas do Centro-Oeste brasileiro, onde frequentemente assume caráter epidêmico (REIS; CASA; REIS, 2004).

O inóculo inicial é originário de conídios produzidos em restos culturais ou disseminados pelo vento de outras áreas de cultivo (LEVY; PATAKY, 1992). O patógeno possui a capacidade de sobreviver em restos culturais por longos períodos ou formar clamidósporos (MUNKVOLD; WHITE, 2016).

Os sintomas iniciais (Figura 6A) são caracterizados pelo aparecimento de pequenas lesões necróticas de formato elíptico, de coloração verde-cinza a marrom, que podem variar de 2,5 cm a 15 cm de comprimento, e paralelas às margens das folhas (WISE et al., 2016). Lesões velhas são extensas, necróticas e fusiformes. As primeiras lesões aparecem antes do pendoamento, normalmente em folhas inferiores e progridem para as folhas superiores (Figura 6B) (MUNKVOLD; WHITE, 2016). Assim, o melhor período para vistoriar os sintomas da mancha de turcicum em campo é (WISE et al., 2016):

- início: no início da estação de cultivo, durante o estágio vegetativo das plantas (V8);
- término: no final da estação de cultivo, no estágio reprodutivo de grão dente (R5).

Em epidemias severas e precipitação abundante, a infecção pode iniciar a partir do topo da planta (REIS; CASA; REIS, 2004). Geralmente, o desenvolvimento da doença é favorecido por temperaturas do ar entre 17 °C e 27 °C, umidade relativa do ar acima de 90 % e oito horas de período de molhamento foliar contínuo (MUNKVOLD; WHITE, 2016).

Os danos causados pela mancha de turcicum podem variar de acordo com a agressividade dos isolados, nível de resistência dos híbridos e severidade da doença. Se as condições forem favoráveis ao fungo, a redução da produção pode atingir 50 %, principalmente em infecções precoces antes da floração (CASELA, 2006; MUNKVOLD; WHITE, 2016).



Crédito das imagens: Adriano Custódio (2019).

Figura 6. Sintomas típicos de mancha de turcicum do milho. A) Lesões iniciais necróticas e elípticas requeimando as folhas; B) Múltiplas lesões em folhas do terço mediano da copa.

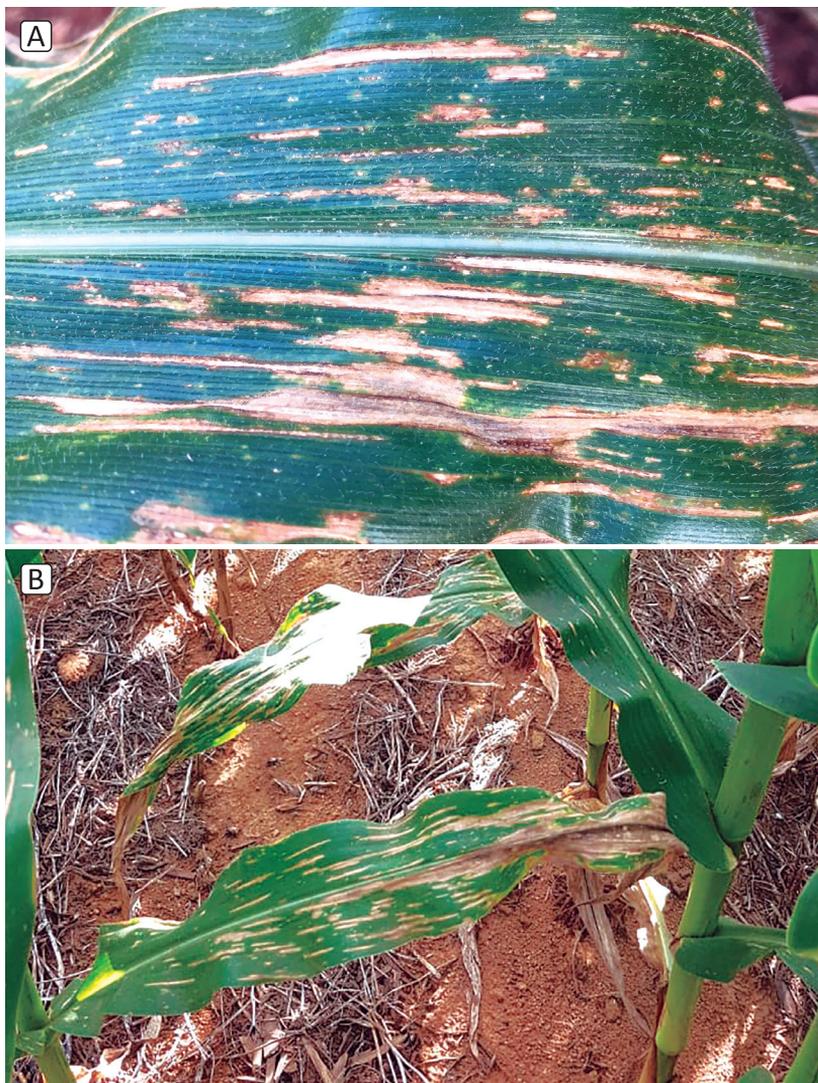
MANCHA DE BIPOLARIS MAYDIS

A mancha de *bipolaris maydis* é uma doença de grande importância em várias regiões produtoras ao redor do mundo. Esta doença foliar é predominantemente séria em regiões tropicais e temperadas de clima quente. No Brasil, têm sido problema em determinadas regiões do bioma Cerrado.

Três raças do patógeno (T, O e C) são relatadas. A raça T produz toxina (T-toxina), a raça O (Old) é a mais comum e a raça C tem sido encontrada apenas na China. No Brasil, a raça O deste patógeno é a predominante. Os sintomas da doença são semelhantes aos da mancha de *cercóspora* (ver Figura 5A). No entanto, as lesões têm um formato mais irregular e as extremidades das lesões não são delimitadas pelas nervuras das folhas (Figura 7A). Em geral, as lesões iniciam-se em folhas do terço inferior da planta (Figura 7B). Lesões novas são pequenas e em forma de losango. As lesões velhas são alongadas entre as nervuras e possuem coloração palha, de forma quase retangular, podendo apresentar bordas de cor parda a marrom-escura (Figura 7A) (MUNKVOLD; WHITE, 2016).

Uma diferença importante entre os patógenos é que a raça T produz lesões mais opacas e maiores do que a raça O, além da primeira poder atacar as folhas e também as brácteas, bainhas e espigas. As lesões da raça O são amareladas, com margens vermelho-marrons. Normalmente, a doença pode ser mais prevalente em campos com resíduos de milho previamente infectados e quando frequentes precipitações ocorrem no meio e no final da estação de cultivo. Um ciclo da doença pode ocorrer num período de 60 h a 72 h (raça T), sob condições de clima úmido e temperatura do ar entre 20 °C e 32 °C (MUNKVOLD; WHITE, 2016). O melhor período para vistoriar os sintomas de mancha de *bipolaris maydis* em campo é (WISE et al., 2016):

- início: no meio da estação de cultivo, durante o estágio vegetativo de pré-pendoamento das plantas (V11) ou antes;
- término: no final da estação de cultivo, no estágio reprodutivo de grão dente (R5).



Crédito das imagens: A) Adriano Custódio; B) Mônica Müller (2019).

Figura 7. Sintomas típicos de mancha de *bipolaris maydis* do milho. A) Múltiplas lesões compridas, estreitas e paralelas às nervuras, de formato irregular ou quase retangular. B) Lesões no terço inferior, na base da planta, progredindo para o ápice.

Nos Estados Unidos, a mancha de *bipolaris maydis* alcançou proporções epidêmicas em 1970 e 1971 devido a uma raça (T) anteriormente não descrita, que era especificamente virulenta em milho com citoplasma macho-estéril Texas (cms-T). Em campos de produção de sementes de milho híbrido, a técnica cms-T tornou-se prevalente na América do Norte porque dispensava o despendoamento da linhagem fêmea. Naquela época, mais de 80 % do milho híbrido vendido naquele país continha cms-T (AMORIM; REZENDE; BERGAMIN FILHO, 2011). A devastadora epidemia explosiva de 1970 foi possivelmente a doença mais economicamente importante em cultivo anual da história estadunidense, devido aos danos na produção do milho estimados em 15 %, aproximadamente 20 milhões de toneladas (MUNKVOLD; WHITE, 2016). Outros danos ocasionados por significativas reduções de produtividade, de até 70 %, também já foram relatados (ALI et al., 2011; HUSSAIN et al., 2016).

MANCHA DE MACRÓSPORA

No Brasil, os sintomas da mancha de macróspora em folhas de milho foram relatados pela primeira vez no Estado da Bahia, em 1973. Na África do Sul, o fungo foi relatado em folhas de milho pela primeira vez em 1979, sendo considerada uma das principais doenças naquele país (REIS; CASA; REIS, 2004). Em países de clima tropical ou subtropical da América Latina e África, devido ao monocultivo de milho em sistema plantio direto, a ocorrência desta doença vem aumentando muito nos últimos anos e sérias reduções de produtividade têm sido reportadas (MUNKVOLD; WHITE, 2016).

Devido ao aumento da área de segunda safra no Brasil, também tem sido observado o aumento desta doença, o que tem chamado a atenção de pesquisadores, principalmente em regiões de cultivo de elevada altitude e alta umidade relativa do ar. Além do patógeno ocasionar doença em folhas e, em muitas situações apresentar alta severidade por dilacerar o tecido foliar, o fungo também está associado

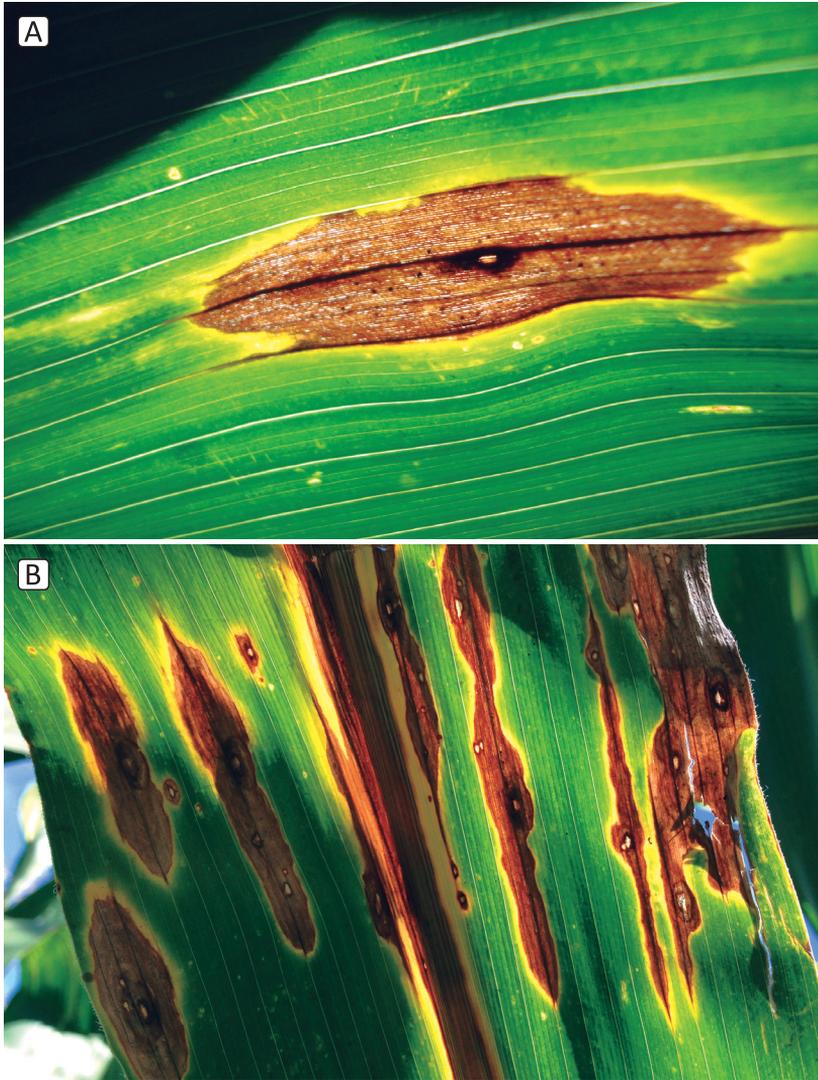
ao complexo de podridões do colmo e da espiga, que podem ocasionar danos mais expressivos do que aqueles em folhas (REIS; CASA; REIS, 2004). Portanto, o uso de fungicidas registrados para controlar esta doença foliar poderia reduzir, substancialmente, o inóculo destes patógenos que também ocasiona problemas em colmo e espiga.

Os sintomas da doença podem ocorrer em todas as folhas e em qualquer estágio de crescimento da planta. Lesões iniciais da mancha de macróspora apresentam coloração clara seguida de necrose. As lesões possuem formato irregular, de cor parda, com anéis concêntricos escuros a partir do ponto de infecção central do fungo, que possui cor clara e está sempre presente (Figura 8A). As primeiras lesões também podem ser pequenas estrias escuras. Lesões coalescentes são estreitas e estendem-se no sentido paralelo às nervuras, facilmente observadas na face superior da folha, que apresenta nítido ponto de infecção do fungo (Figura 8B).

Lesões velhas são elípticas a alongadas e normalmente apresentam um halo amarelado ao redor da lesão (Figura 8B) (REIS; CASA; REIS, 2004; MUNKVOLD; WHITE, 2016). O melhor período para vistoriar os sintomas da mancha de macróspora em campo é (WISE et al., 2016):

- início: no meio da estação de cultivo, durante o estágio vegetativo de pendoamento das plantas (VT);
- término: no final da estação de cultivo no estágio reprodutivo de grão dente (R5).

Híbridos suscetíveis podem apresentar extensas lesões foliares, o que reduz significativamente a área fotossintética da planta. Embora os danos ocasionados por esta doença foliar não estão totalmente elucidados, é conhecido que a mancha de macróspora pode ocasionar redução na produtividade de milho em torno de 31 % em plantas doentes (BAMPI et al., 2011; FINGSTAG et al., 2013).



Crédito das imagens: A) Adriano Custódio (2019).

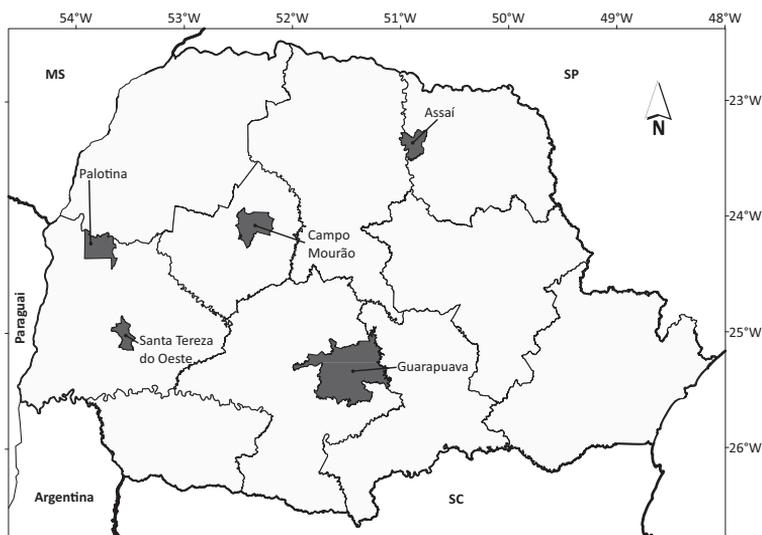
Figura 8. Sintomas típicos de mancha de macróspora do milho. A) Folhas apresentam lesões elípticas de cor marrom-clara e bordos irregulares de cor amarela; B) Múltiplas lesões coalescentes apresentam longas estrias paralelas às nervuras e ponto de infecção central do fungo.

MATERIAL E MÉTODOS

Na segunda safra 2019, cinco ensaios da rede cooperativa foram conduzidos no bioma Mata Atlântica do Paraná (Figura 9). No campo, as múltiplas doenças foliares ocorreram naturalmente, sem a realização de inoculações artificiais. As semeaduras foram realizadas nos meses de janeiro e fevereiro, de acordo com a recomendação do zoneamento agrícola de risco climático para a segunda safra de milho no Paraná (Tabela 2).

O milho híbrido utilizado foi do tipo simples comercial, de ciclo superprecoce, geneticamente modificado a insetos e herbicidas, e suscetível às múltiplas doenças foliares.

A parcela experimental foi composta por quatro linhas de 5,0 m de comprimento, espaçadas de 0,90 m, com densidade média de cinco plantas úteis por metro linear após o desbaste.



Crédito da imagem: João Henrique Caviglione (2019).

Figura 9. Localidade dos municípios no Estado do Paraná com ensaios implantados.

Tabela 2. Instituições, localidades e datas de semeadura dos ensaios implantados.

Instituição	Localidade	Data de semeadura
IAPAR	Santa Tereza do Oeste	21/01/2019
G12 Agro	Guarapuava	21/01/2019
UFPR	Palotina	25/01/2019
AgroEnsaio	Campo Mourão	11/02/2019
Integrada	Assaí	14/02/2019

Para evitar deriva de fungicidas no momento das aplicações, foi mantida distância de 0,90 m entre as laterais e 0,50 m entre as extremidades de cada parcela. Assim, a parcela experimental teve 27,00 m² (4,5 m x 6 m) de área total e 9,00 m² (1,8 m x 5 m) de área útil. Para estimar a produtividade, foram colhidas as espigas de todas as plantas das duas linhas centrais de cada área útil da parcela. Para efeito de bordadura, visando reduzir problemas de acamamento e quebraimento de plantas das parcelas ocasionados por fortes ventos, foi instalada uma faixa de 5,0 m de milho ao redor dos ensaios.

Os tratamentos culturais do campo experimental foram realizados conforme recomendações técnicas para a cultura (BORÉM; GALVÃO; PIMENTEL, 2015). Porém, para favorecer o desenvolvimento das doenças foliares, como a mancha branca (DORNELAS et al., 2015), foram realizadas duas adubações nitrogenadas em cobertura, sendo a primeira aos 15 dias e a segunda aos 30 dias após a emergência das plantas, utilizando-se 125 kg ha⁻¹ de ureia em cada aplicação.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições. Nos tratamentos experimentais foram incluídos produtos comerciais registrados para a cultura, produtos comerciais e produtos não comerciais em fase de registro especial temporário III (RETHII). A dose utilizada foi a indicada pelo fabricante. Os ensaios foram compostos por 11 fungicidas formados por moléculas isoladas ou simples, misturas duplas e misturas triplas, além da testemunha sem aplicação (Tabela 3).

Tabela 3. Ingredientes ativos e doses dos fungicidas para os diferentes tratamentos.

Tratamento	FRAC ¹	Ingredientes ativos	Abreviação	Produto	Doses	
					Ingrediente ativo (g ha ⁻¹)	Produto (L ou kg ha ⁻¹)
1	-	Testemunha	Test	-	-	- ⁸
2	29	Fluazinam (50 %)	Flua	Comercial ⁶ , FMC	250	0,5 L
3	29	Fluazinam (50 %)	Flua	Comercial ⁶ , ISK	375	0,75 L
4	11 + 3	Piraclostrobina (26 %) + Epoxiconazol (16 %) ²	Pira + Epox	Comercial, Basf	60,8 + 98,8	0,38 L
5	11 + 7	Piraclostrobina (33,33 %) + Fluxapiraxade (16,7 %) ²	Pira + Fluxa	Comercial ⁶ , Basf	116,55 + 58,45	0,35 L
6	11 + 3	Metominostrobina (11 %) + Tebuconazol (16,5 %) ³	Meto + Tebu	Comercial, Ihara	119,625 + 79,75	0,725 L
7	11 + 3 + 7	Trifloxistrobina (15 %) + Protioconazol (17,5 %) + Bixafen (12,5 %) ⁴	Triflox + Proti + Bixa	Comercial ⁶ , Bayer	87,5 + 62,5 + 75	0,5 L
8	11 + 3 + M3	Azoxistrobina (4,7 %) + Tebuconazol (5,6 %) + Mancozebe (59,7 %) ²	Azox + Tebu + Manco	Comercial ⁶ , UPL	112 + 94 + 1.194	2,0 kg

Continua.

Tabela 3. Continuação.

Tratamento	FRAC ¹	Ingredientes ativos	Abreviação	Produto	Doses	
					Ingrediente ativo (g ha ⁻¹)	Produto (L ou kg ha ⁻¹)
9	U12	Dodine (54,4 %)	Dodi	PNR ^{6,7} , Arysta	1.088	2,0 L
10	3 + 7	Difenoconazol (11,47 %) + Carboxamida (6,88 %) ⁵	Dife + Carbo	PNR ^{6,7} , Syngenta	86,03 + 51,6	0,75 L
11	11 + 3 + 7	Piraclostrobina (17,78 %) + Mefentrifluconazol (13,33 %) + Fluxapiroxade (8,89 %) ²	Pira + Mefe + Fluxa	PNR ^{6,7} , BASF	79,98 + 53,34 + 106,68	0,6 L
12	11 + 3 + M5	Azoxistrobina (4 %) + Difenoconazol (4 %) + Clorotalonil (50 %) ⁴	Azox + Dife + Cloro	PNR ^{6,7} , Adama	80 + 80 + 1.000	2,0 L

¹FRAC: código do mecanismo de ação do grupo segundo o Comitê de Ação e Resistência a Fungicidas; ²3, inibidores da biossíntese de esterol na desmetilação; ³7, inibidores da respiração mitocondrial no complexo II da succinato desidrogenase; ⁴11, inibidores da respiração mitocondrial no complexo III da quinona externa; ⁵29, desacoplador da fosforilação oxidativa; M3, ditio-carbamatos de ação múltipla; M5, cloronitrilas de ação múltipla; e, U12, quantidade de ação desconhecida. Em cada tratamento, adjuvantes específicos foram adicionados conforme recomendação do fabricante: ⁶óleo mineral 0,50 L ha⁻¹; ⁷óleo mineral 0,25 L ha⁻¹; ⁴óleo vegetal 0,50 L ha⁻¹; ⁵alquil ester fosfatado 0,50 L ha⁻¹; ⁶Registro especial temporário, fase III (REIII); ⁷Produto não registrado (PNR); ⁸(-): não se aplica.

Visando cobrir todos os estádios fenológicos vegetativos e reprodutivos do milho para testar os fungicidas, foram realizadas três aplicações sequenciais dos tratamentos em períodos de maior ocorrência das doenças foliares, com intervalos entre aplicações de, no mínimo, 14 dias e de, no máximo, 18 dias. Assim, as aplicações foram realizadas nos seguintes estádios vegetativos (V) e reprodutivos (R) da planta (ABENDROTH et al., 2011):

- primeira: no estágio vegetativo de oito folhas (V8);
- segunda: no estágio vegetativo em pré-pendoamento de 11 folhas (V11); e,
- terceira: no estágio reprodutivo em pós-pendoamento de grão bolha (R2, 10 dias após a emissão completa do pendão, após a polinização).

Nos ensaios, os fungicidas foram avaliados individualmente, em aplicações sequenciais, para que fosse possível determinar sua eficiência de controle. A aplicação dos tratamentos foi realizada com pulverizador costal pressurizado (30 L pol⁻²) para pesquisa agrícola, com tanque de dióxido de carbono. O volume de calda foi de 180 L ha⁻¹.

A severidade de quatro doenças foliares (mancha branca, mancha de cercóspera, mancha de turcicum e ferrugem polissora) foi quantificada individualmente no estágio reprodutivo de grão pastoso (R4). Em cada parcela, foram aleatoriamente amostradas 10 plantas das duas linhas centrais, exceto as plantas nos 0,5 m das extremidades.

Para estabelecer uma única nota de severidade das doenças em cada planta, sete folhas foram observadas, da terceira folha abaixo da espiga (Fe-3) no terço inferior da planta, até a terceira folha acima da espiga (Fe+3), no terço superior da planta (MUNKVOLD, 1997). Cinco plantas em cada linha central foram

avaliadas, totalizando 10 notas de severidade em cada parcela, sendo 40 notas de severidade avaliadas em cada tratamento experimental, considerando as quatro repetições. A quantificação de cada doença foliar foi realizada com o auxílio de escalas diagramáticas (AGROCERES, 1996; WARD et al., 1997; CAPUCHO et al., 2010; VIEIRA et al., 2014). A severidade das múltiplas doenças foliares foi obtida pela somatória de cada uma das doenças quantificadas individualmente.

A eficiência dos fungicidas foi calculada com base na porcentagem de controle, conforme estabelecido por Abbott (1925), utilizando-se os valores da severidade final das múltiplas doenças foliares. Para isso, todos os tratamentos foram comparados ao tratamento testemunha sem aplicação de fungicida. Assim, a eficiência de controle múltiplo de doenças foliares foi classificada em três categorias:

- inferior ($< 50\%$);
- regular ($\geq 50\%$ e $< 80\%$); e,
- superior ($\geq 80\%$)

Após o estágio de maturidade fisiológica R6 (ABENDROTH et al., 2011), as plantas das duas linhas centrais de cada parcela foram colhidas para avaliação da produtividade (kg ha^{-1}). Para efetuar o cálculo de produtividade, a umidade dos grãos de todos os ensaios foi padronizada em 13 %. A porcentagem de ganho de produtividade de cada tratamento, devido à proteção da área foliar sadia, também foi estimada com base no tratamento testemunha sem fungicida. Assim, o ganho de produtividade foi classificado em três categorias:

- baixo ($< 5\%$);
- moderado ($\geq 5\%$ e $< 30\%$); e,
- alto ($\geq 30\%$).

Nas tabelas, foi atribuído traço para todos os tratamentos com fungicida que apresentaram severidade superior ou produtividade inferior à do tratamento testemunha sem fungicida.

Para análises individuais de cada ensaio, os dados originais de severidade das múltiplas doenças foliares e de produtividade foram primeiramente submetidos aos testes de pressuposição da análise de variância, como aditividade do modelo estatístico (TUKEY, 1949), homocedasticidade, independência dos erros e normalidade dos resíduos dos tratamentos (SHAPIRO; WILK, 1965). Em seguida, as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey ($p < 0,05$). Os dados foram analisados com o procedimento GLM do programa SAS v. 9.1 (SAS Institute, 2000).

Posteriormente, os ensaios foram agrupados para análise conjunta. Para isso, foi necessário que a razão entre a menor e a maior variância total (QMres) fosse inferior a sete. Atendido o pressuposto, as variáveis dos ensaios foram analisadas conjuntamente.

O agrupamento das análises conjuntas dos ensaios ocorreu de acordo com o nível de severidade das múltiplas doenças foliares no tratamento testemunha sem fungicida em cada localidade (Tabela 2), sendo:

- baixa ($< 3 \%$);
- moderada ($\geq 3 \%$ e $< 20 \%$); e,
- alta ($\geq 20 \%$).

Este agrupamento dos ensaios foi realizado devido ao nível de severidade influenciar a taxa fotossintética da folha (GODOY; AMORIM; BERGAMIN FILHO, 2001) e a produtividade do milho (FANTIN et al., 2008; FANTIN; DUARTE, 2009).

RESULTADOS

Na segunda safra 2019, houve significativa severidade de múltiplas doenças foliares (mancha branca, mancha de cercóspora, mancha de turcicum e ferrugem polissora) (Figura 10). Os ensaios nas localidades de Assaí, Campo Mourão, Guarapuava, Palotina e Santa Tereza do Oeste apresentaram severidade média no tratamento testemunha sem fungicida de 20,3 %, 50,6 %, 41,7 %, 10,4 % e 24,7 %, respectivamente. Além disso, todos os ensaios atenderam aos pressupostos para análise conjunta dos dados. Os resultados individuais de severidade e produtividade obtidos em cada localidade (Tabela 2) estão apresentados no Anexo I. Nestas localidades, no momento da primeira aplicação (V8), foi identificada pouca ocorrência dos sintomas das doenças foliares.

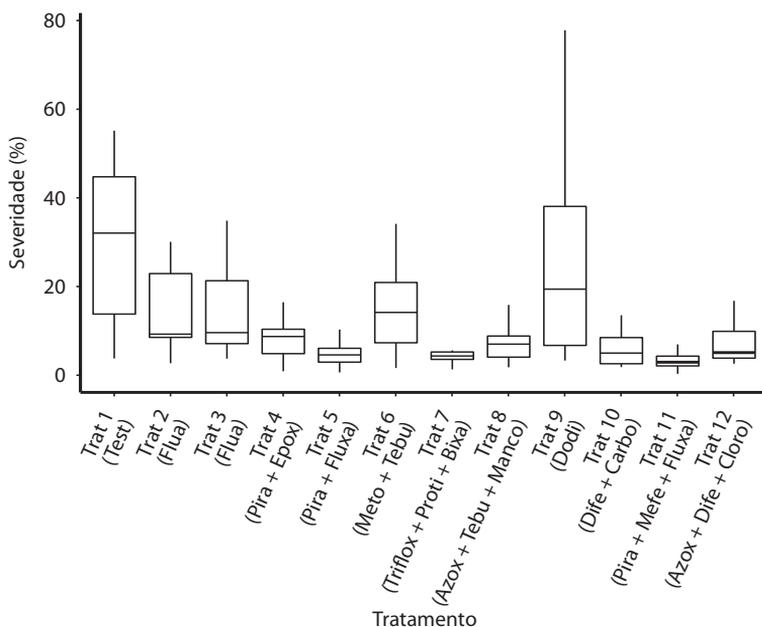


Figura 10. Severidade média de múltiplas doenças foliares (mancha branca, mancha de cercóspora, mancha de turcicum e ferrugem polissora) nos ensaios para os diferentes tratamentos.

Em todos os ensaios, a severidade média de múltiplas doenças foliares no tratamento testemunha sem fungicida variou de 3,5 % a 54,3 % (Figura 10) e diferiu dos tratamentos com fungicida, apresentando severidade superior (Tabela 4). Ainda, alguns tratamentos com fungicida (piraclostrobina + fluxapiroxade, trifloxistrobina + protioconazole + bixafen e piraclostrobina + mefentrifluconazol + fluxapiroxade) apresentaram severidade inferior a 3,0 % (Figura 10), o que resultou em maior produtividade (Figura 11).

Os ensaios conduzidos nas localidades de Assaí, Campo Mourão, Guarapuava e Santa Tereza do Oeste apresentaram alta severidade (≥ 20 %) de múltiplas doenças foliares no tratamento testemunha sem fungicida. Este agrupamento permitiu realizar as análises conjuntas dos ensaios destas localidades.

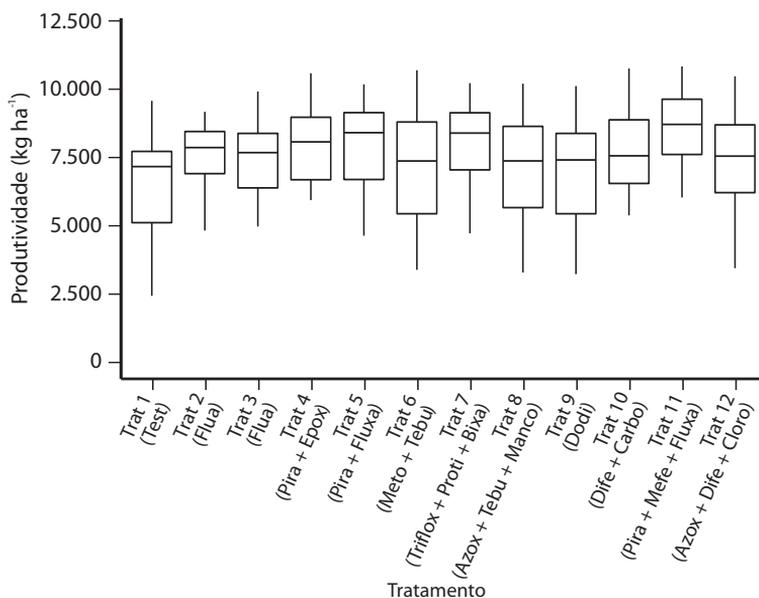


Figura 11. Produtividade média nos ensaios de múltiplas doenças foliares (mancha branca, mancha de cercóspora, mancha de turcicum e ferrugem polissora) para os diferentes tratamentos.

Tabela 4. Severidade de múltiplas doenças foliares, eficiência de controle (C), produtividade e ganho de produtividade (GP) para os diferentes tratamentos.

Tratamento	Alta severidade ¹ (≥ 20 %)			
	Severidade (%)	C ² (%)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	GP ³ (%)
1. Test	34,5 B	0	6.654 C	0
2. Flua	16,5 AB	52	7.442 ABC	12
3. Flua	16,4 AB	52	7.599 AB	14
4. Pira + Epox	9,0 A	74	7.829 AB	18
5. Pira + Fluxa	6,5 A	81	7.545 ABC	13
6. Meto + Tebu	18,7 AB	46	7.318 ABC	10
7. Triflox + Proti + Bixa	6,1 A	82	7.870 AB	18
8. Azox + Tebu + Manco	7,6 A	78	7.351 ABC	10
9. Dodi	31,0 B	10	7.145 BC	7
10. Dife + Carbo	6,5 A	81	7.833 AB	18
11. Pira + Mefe + Fluxa	4,3 A	88	8.183 A	23
12. Azox + Dife + Cloro	7,5 A	78	7.702 AB	16
Média dos tratamentos (2-12) com fungicida	11,8		7.620	
Coefficiente de variação (%)	39,6		7,1	

¹Resultados sumarizados. Múltiplas doenças foliares do milho: mancha branca, mancha de cercóspora, mancha de turcicum e ferrugem polissora. Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ²Eficiência de controle comparada ao tratamento testemunha: inferior ($< 50\%$), regular ($\geq 50\%$ e $< 80\%$) e, superior ($\geq 80\%$); ³Ganho de produtividade comparado ao tratamento testemunha devido à proteção da área foliar sadia: baixo ($< 5\%$); moderado ($\geq 5\%$ e $< 30\%$); e, alto ($\geq 30\%$).

Alguns tratamentos com aplicação de fungicidas apresentaram severidade inferior à do tratamento testemunha. A severidade média de todos os tratamentos com fungicida foi de 11,8 % (Tabela 4). Os

tratamentos com misturas duplas (piraclostrina + epoxiconazole, piraclostrobina + fluxapiróxade e difeconazole + carboxamida) e misturas triplas (piraclostrobina + mefentrifluconazol + fluxapiróxade, azoxistrobina + tebuconazole + mancozebe, trifloxistrobina + protioconazole + bixafen e azoxistrobina + difeconazole + clorotalonil) apresentaram severidade inferior à do tratamento testemunha sem fungicida. Nestes tratamentos com fungicida, a eficiência de controle comparada à do tratamento testemunha variou de 74 % a 88 % (Tabela 4).

Em condições de alta severidade de múltiplas doenças foliares, alguns tratamentos com aplicação de fungicidas também apresentaram produtividade superior à do tratamento testemunha sem fungicida (Tabela 4).

Em média, nos tratamentos com aplicação de fungicidas a produtividade foi de 7.620 kg ha⁻¹ e no tratamento testemunha sem fungicida de 6.654 kg ha⁻¹ (Tabela 4). Os tratamentos com aplicação de ingrediente ativo isolado (fluazinam), misturas duplas (piraclostrina + epoxiconazole, piraclostrobina + fluxapiróxade e difeconazole + carboxamida) e misturas triplas (piraclostrobina + mefentrifluconazol + fluxapiróxade, azoxistrobina + tebuconazole + mancozebe, trifloxistrobina + protioconazole + bixafen e azoxistrobina + difeconazole + clorotalonil) apresentaram produtividade superior à da testemunha sem fungicida. Nestes tratamentos com fungicida, a produtividade variou de 7.351 kg ha⁻¹ a 8.183 kg ha⁻¹ e o ganho de produtividade comparado ao do tratamento testemunha sem fungicida foi de 10 % a 23 % (Tabela 4).

Em todos os ensaios, os tratamentos com aplicação de misturas duplas (piraclostrobina + epoxiconazol, piraclostrobina + fluxapiróxade e difenoconazol + carboxamida) e misturas triplas (trifloxistrobina + protioconazol + bixafen, azoxistrobina + tebuconazol + mancozebe, piraclostrobina + mefentrifluconazol + fluxapiróxade e azoxistrobina + difenoconazol + clorotalonil) apresentaram eficiência no controle de múltiplas doenças foliares superior a 75 % (Figura 12).

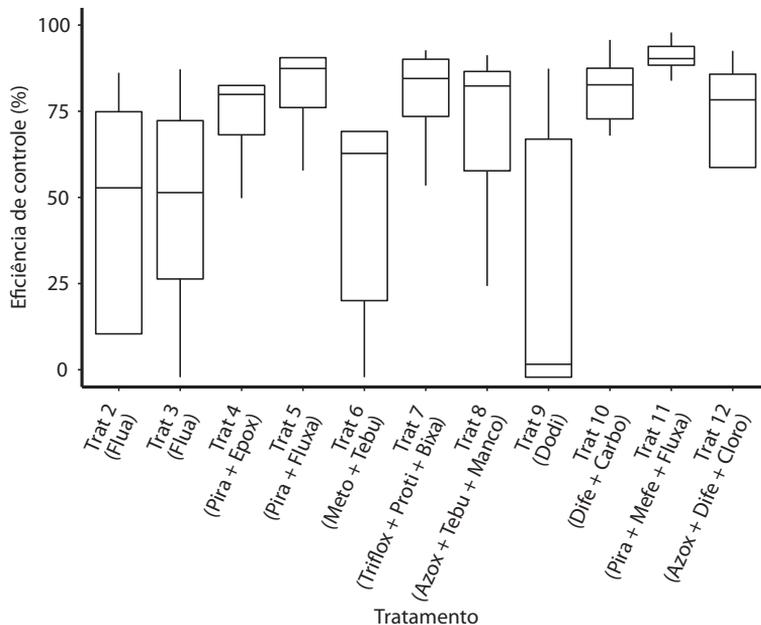


Figura 12. Eficiência de controle de múltiplas doenças foliares (mancha branca, mancha de cercóspora, mancha de turcicum e ferrugem polissora) nos ensaios para os diferentes tratamentos com fungicidas comparada à da testemunha sem fungicida.

Além disso, houve ganho de produtividade em relação ao da testemunha sem fungicida superior a 15 % nos tratamentos com misturas duplas (piraclostrobina + epoxiconazol, piraclostrobina + fluxapiroxade, azoxistrobina + difenoconazol) e misturas triplas (trifloxistrobina + protioconazol + bixafen e piraclostrobina + mefentrifluconazol + fluxapiroxade) (Figura 13).

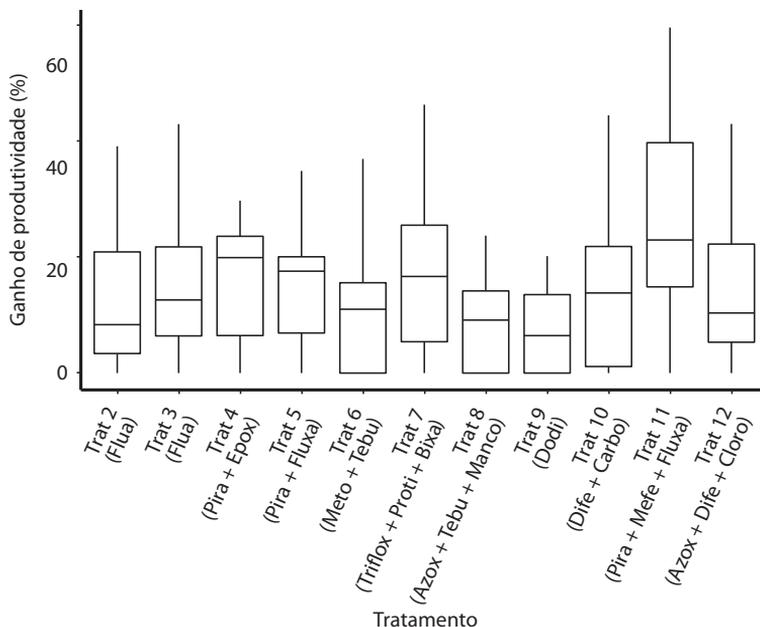


Figura 13. Ganho de produtividade nos ensaios de múltiplas doenças foliares (mancha branca, mancha de cercóspera, mancha de turcicum e ferrugem polissora) para os diferentes tratamentos com fungicidas comparado ao da testemunha sem fungicida.

CONCLUSÃO

Para os resultados sumarizados da segunda safra 2019, a melhor relação dos fungicidas testados entre a eficiência de controle múltiplo de doenças foliares e o ganho de produtividade de milho devido à proteção da área foliar sadia foi observada nos ensaios de alta severidade ($\geq 20\%$). Tratamentos que apresentaram eficiência superior de controle ($\geq 80\%$) tiveram ganhos de produtividade de 13% a 23%.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O milho é uma planta com mecanismo C4, que possui uma exuberante área foliar fotossintética. No cultivo da segunda safra, o aproveitamento da energia luminosa no curto tempo para o milho desenvolver suas atividades fotossintéticas deve ser o maior possível.

No manejo racional das ferrugens e manchas foliares do milho segunda safra, fungicidas de eficiência superior devem ser utilizados dentro de programas estratégicos, apenas quando necessário, e integrando sempre que possível híbridos com sanidade superior e práticas alternativas viáveis. Apesar da disponibilidade de híbridos resistentes ou tolerantes, de fungicidas e práticas culturais, as ferrugens e manchas foliares continuam causando significativas reduções na produção de milho segunda safra em todo o Estado do Paraná e nas demais áreas produtoras do país. Então, estas medidas de controle devem ser intensificadas.

A rotação de fungicidas com diferentes modos de ação e multissítios deve ser sempre priorizada. Existe a necessidade de se disponibilizar novas moléculas de fungicidas sítio-específico ou multissítio com diferentes modos de ação ou novas formulações de moléculas sintéticas, fitoquímicos, microbiológicas ou indutores de resistência em plantas e de amplo espectro de controle às principais doenças foliares do milho segunda safra.

É importante disponibilizar novas informações aos profissionais da assistência técnica com o objetivo de conhecerem a eficiência de controle, o ganho de produtividade e o uso racional de fungicidas para controlar múltiplas doenças foliares do milho segunda safra.

Existem relatos de que duas doenças do milho – mancha de *bipolaris maydis* e mancha de *macróspora* –, embora estejam ocorrendo em menor frequência, têm ocasionado significativos danos em lavouras comerciais. Portanto, fungicidas registrados poderiam auxiliar no controle destas doenças.

A condução anual de protocolos específicos das principais doenças foliares por meio de uma ampla rede de ensaios coopera-

tivos possibilitará obter informações mais representativas e ajustadas regionalmente. Além disso, a geração de um banco de dados por meio de uma série histórica possibilitará fazer, no futuro, inferências estatísticas mais assertivas da eficiência de controle de doenças foliares e do ganho de produtividade do milho tropical brasileiro.

REFERÊNCIAS

ABENDROTH, L. J.; ELMORE, R. W.; BOYER, M. J.; MARLAY, S. K. *Corn growth and development*. Ames, IA: Iowa State University Extension, 2011. PM R: 1009.

AGROCERES. *Guia Agroceres de sanidade*. São Paulo: Sementes Agroceres, 1996. 72 p.

AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. *Manual de fitopatologia: princípios e conceitos*. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2011. v. 1, 704 p.

ALI, F.; RAHMAN, H.; DURRISHAHWAR, I. N.; MUNIR, M.; ULLAH, H. Genetic analysis of maturity and morphological traits under Maydis Leaf Blight (MLB) epiphytotics in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agricultural and Biological Science*, Pakistan, v. 6, n. 8, p. 13-19, aug. 2011.

BAMPI, D.; CASA, R. T.; WORDELL FILHO, J. A.; KUHNEM JUNIOR, P. R.; PILETTI, G. Relação entre a mancha-de-macróspora na folha da espiga e o rendimento e a sanidade de grãos de milho. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO, 8., 2011, Chapecó. *Anais* [...]. Chapecó: Epagri, 2011.

BORÉM, A.; GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. *Milho: do plantio à colheita*. Viçosa: Ed. UFV, 2015. 351 p.

BOWEN, K. L.; PEDERSEN, W. L. Effects of northern leaf blight and detasseling on yields and yield components of corn inbreds. *Plant Disease*, St. Paul, v. 72, p. 952-956, 1988.

BRITO, A. H.; VON PINHO, R. G.; POZZA, E. A.; PEREIRA, J. L. A. R.; FARIA FILHO, E. M. Efeito da cercosporiose no rendimento de híbridos comerciais de milho. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 32, n. 6, p. 472-479, 2007.

BRITO, A. H.; VON PINHO, R. G.; SOUZA FILHO, A. X.; ALTOÉ, T. F. Avaliação da severidade da Cercosporiose e rendimento de grãos em híbridos comerciais de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 7, n. 1, 19-31, 2008.

CAPUCHO, A. S.; ZAMBOLIM, L.; DUARTE, H. S. S.; PARREIRA, D. F.; FERREIRA, P. A.; LANZA, F. E.; COSTA, R. V.; CASELA, C. R.; COTA, L. V. Influence of leaf position that correspond to whole plant severity and diagrammatic scale for white spot of corn. *Crop Protection*, Guildford, v. 29, n. 9, p. 1015-1020, 2010.

CARNEIRO, L. C.; BRIGNONI, A.; PEDRIEL, F. C. Efeito de fungicidas no controle da cercosporiose do milho. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 28, p. S306, 2003. Suplemento.

CARSON, M. L. Yield loss potential of phaeosphaeria leaf spot of maize caused by *Phaeosphaeria maydis* in the United States. *Plant Disease*, Saint Paul, v. 89, n. 9, p. 986-988, 2005.

CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S. Variability in isolates of *Puccinia polysora* in Brazil. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 27, p. 414-416, 2002.

CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S.; PINTO, N. F. J. A. *Doenças na cultura do milho*. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 2006. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 83).

CHUPP, C. *A monograph of the fungus genus Cercospora*. New York: The Ronald Press, 1953. 667 p.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO.

Observatório Agrícola. *Acompanhamento da safra brasileira [de] grãos*. Brasília: Conab, 2019. (Boletim Monitoramento agrícola, safra 2018/19, v. 6, n. 11, p. 1-45. Décimo primeiro levantamento, ago. 2019).

COSTA, R. V.; COTA, L. V. *Controle químico de doenças na cultura do milho*: aspectos a serem considerados na tomada de decisão sobre aplicação. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 11 p. (Circular técnica, n. 125).

COSTA, R. V.; SILVA, D. D.; COTA, L. V. *Reação de cultivares de milho à ferrugem-polissora em casa de vegetação*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. (Circular Técnica, 214).

COSTA, R. V.; COTA, L. V.; SILVA, D. D.; LANZA, F. E.; FIGUEIREDO, J. E. A. Eficiência de fungicidas para o controle da mancha branca do milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 11, n. 3, p. 291-301, 2012.

COSTA, R. V.; COTA, L. V.; SILVA, D. D.; PARREIRA, D. F.; ROCHA, L. M. P.; GUIMARÃES, L. J. M.; GUIMARÃES, P. E.; PARENTONI, S. N.; MACHADO, J. R. A. *Epidemias severas da ferrugem polissora do milho na Região Sul do Brasil na safra 2009/2010*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 6 p. (Circular Técnica, 138).

COTA, L. V.; COSTA, R. V.; SABATO, E. O.; SILVA, D. D. *Histórico e perspectivas das doenças na cultura do milho*. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 7 p. (Circular técnica, n. 193).

CUSTÓDIO, A. A. P.; MOREIRA, L. S. O.; FANTIN, L. H.; OLIVEIRA, K. B.; CANTERI, M. G.; YADA, I. F. U. *Eficiência de fungicidas para o controle da mancha branca do milho segunda safra 2016 e 2017*. Londrina, PR: IAPAR, 2019. 38 p. (Boletim Técnico, n. 93).

CUSTÓDIO, A. A. P.; UTIAMADA, C. M.; MADALOSSO, T.; YADA, I. F. U.; COSTA, A. A.; SCHIPANSKI, C. M.; NAKASHIMA, C.; SONEGO, D. A.; BLAINSKI, A.; BETIOLI JUNIOR, A.; GARCIA, F. C.; SILVA, J. B. G. D.; ROY, J. M. T.; COSTA, J. M.; OLIVEIRA, K. B.; FANTIN, L. H.; SATO, L. N.; CANTERI, M. G.; CARRÉ-MISSIO, V. *Eficiência de fungicidas para o controle da mancha branca do milho segunda safra 2018 e 2019*. Londrina, PR: IAPAR, 2019. 34 p. (Boletim Técnico, n. 94).

DORNELAS, G. A.; POZZA, E. A.; SOUZA, P. E.; COSTA, R. V.; POZZA, A. A. A.; SANTOS, L. A. Nitrogen and potassium fertilization on the yield and intensity of the maize white spot. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 62, n. 4, p. 351-359, 2015.

DUDIENAS, C.; FANTIN, G. M.; DUARTE, A. P.; TICELLI, M.; BÁRBARO, I. M.; FREITAS, R. S.; LEÃO, P. C. L.; CAZENTINI FILHO, G.; BOLONHEZI, D.; PÂNTANO, A. P. Severidade de ferrugem polissora em cultivares de milho e seu efeito na produtividade. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v. 39, n. 1, p. 16-23, 2013.

FANTIN, G. M. Mancha de phaeosphaeria, doença do milho que vem aumentando sua importância. *Biológico*, São Paulo, v. 56, n. 1/2, p. 39, 1994.

FANTIN, G. M.; BRUNELLI, K. R.; RESENDE, I. C.; DUARTE, A. P. *A mancha de Cercóspora do milho*. Campinas: IAC, 2001. 19 p. (IAC. Boletim Técnico, 192).

FANTIN, G. M.; DUARTE, A. P.; DUDIENAS, C.; GALLO, P. B.; RAMOS JÚNIOR, E. U.; CRUZ, F. A.; RAMOS, V. J.; FREITAS, R. S.; DENUCCI, S.; TICELLI, M. Efeito da mancha de cercóspora na produtividade do milho safrinha, no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 7, n. 3, p. 231-250, 2008.

FANTIN, G. M.; DUARTE, A. P. *Manejo de doenças na cultura do milho safrinha*. Campinas: Ed. Instituto Agronômico, 2009.

FANTIN, G. M.; DUARTE, A. P.; PINTO, R. A. Controle da cercosporiose do milho na safrinha. *Summa Phytopathologica*, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 90, 2003.

FERGUSON, L. M.; CARSON, M. L. Temporal variation in *Setosphaeria turcica* between 1974 and 1994 and origin of races 1, 23, and 23N in the United States. *Phytopathology*, St. Paul, v. 97, p. 1501-1511, 2007.

FERNANDES, F. T.; OLIVEIRA, E. *Principais doenças na cultura do milho*. Sete Lagoas: Embrapa-CNPQ, 2000. (Circular técnica, 26).

FERNANDES, F. T.; BALMER, E. Situação das doenças de milho no Brasil. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 14, p. 35-37, 1990.

FINGSTAG, M. D.; NETTO, L. A.; CASA, R. T.; SACHS, C.; PILLETI, G.; MENEGATTI, G.; NERBASS, F. R.; BAMPI, D.; STOLTZ, J.; ZANCAN, R.; GHELLER, A.; Mancha de macróspora na folha da espiga e sua influência sobre podridão de diplodia, e componentes de rendimento. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. *Anais [...]*. Sete Lagoas: ABMS; Campinas: IAC, 2012. p. 643-649.

GODOY, C. V.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Alterações na fotossíntese e na transpiração de folhas de milho infectadas por *Phaeosphaeria maydis*. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 26, n. 2, p. 209-213, 2001.

GONÇALVES, R. M.; FIGUEIREDO, J. E. F.; PEDRO, E. S.; MEIRELLES, W. F.; LEITE JÚNIOR, R. P.; SAUER, A. V.; PACCOLLA-MEIRELLES, L. D. Etiology of phaeosphaeria leaf spot disease of maize. *Journal of Phytopathology*, Berlin, v. 95, n. 3, p. 559-569, 2013.

HUSSAIN, H.; RAZIQ, F.; KHAN, I.; SHAH, B.; ALTAf, M.; ATTAULLAH ULLAH, W.; NAEEM, A.; ADNAN, M.; JUNAID, K.; SHAH, S. R. A.; IQBAL, M. Effect of bipolaris maydis (Y. Nisik & C. Miyake) shoemaker at various growth stages of different maize cultivars. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, Delhi, v. 4, p. 439-444, 2016.

JINES, M. P.; BALINT-KURTI, P.; ROBERTSON-HOYT, L. A.; MOLNAR, T.; HOLLAND, J. B.; GOODMAN, M.M. Mapping resistance to Southern rust in a tropical by temperate maize recombinant inbred topcross population. *Theoretical and Applied Genetics*, New York, v. 114, p. 659-667, 2007.

JULIATTI, F. C.; APPELT, C. C. N. S.; BRITO, C. H.; GOMES, L. S.; BRANDÃO, A. M.; HAMAWAKI, O. T.; MELO, B. Controle da feosféria, ferrugem comum e cercosporiose pelo uso da resistência genética, fungicidas e épocas de aplicação na cultura do milho. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 20, p. 45-54, 2004.

LEVY, Y.; PATAKY, J. K. Epidemiology of northern leaf blight on sweet corn. *Phytoparasitica*, Bet Dagan, v. 20, p. 53-66, 1992.

MADALOSSO, T.; TESTON, R.; FÁVERO, F. Avaliação de fungicidas para o controle de mancha branca no milho. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 14., 2017, Cuiabá. *Resumos expandidos* [...]. Cuiabá: Fundação MT, 2017. p. 187-192.

McNEW, G. L. The nature, origen and evolution of parasitismo. In: HORSFALL, J. G.; DIMOND, A. E. *Plant Pathology: na advanced treatise*. New York: Academic Press, 1960. v. 2, p. 19-69.

MORANDI, M. A. B.; MENEZES, C. C. E.; SANDRI, D. T.; MATOS, L. C. S. Viabilidade do uso de fungicidas no controle da cercosporiose do milho. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 27, p. S138, 2002. Suplemento.

MUNKVOLD, G. P. *Controlling gray leaf spot in field corn*. IC-478 (12). Iowa state University Extension. Ames, IA. <http://www.ipm.iastate.edu/ipm/icm/1997/6-9-1997/contgspot.html>. 1997.

MUNKVOLD, G. P.; WHITE, D. G. *Compendium of corn diseases*. 4rd. ed. St. Paul: American Phytopathological Society, 2016.

NEVES, D. L.; SILVA, C. N.; PEREIRA, C. B.; CAMPOS, H. D.; TESSMANN, D. J. *Cercospora zeina* is the main species causing gray leaf spot in southern and central Brazilian maize regions. *Tropical Plant Pathology*, Brasília, v. 40, p. 368-374, 2015.

NUTTER JUNIOR, F. W.; JENCO, J. H. Development of critical-point yield loss models to estimate yield losses in corn caused by *Cercospora zea-maydis*. *Phytopathology*, Saint Paul, v. 82, n. 9, p. 994, sep. 1992.

PACCOLA-MEIRELLES, L. D.; FERREIRA, A. S.; MEIRELLES, W. F.; MARRIEL, I. E.; CASELA, C. R. Detection of a bacterium associated with a leaf spot disease of maize in Brazil. *Journal of Phytopathology*, Berlin, v. 149, n. 5, p. 275-279, 2001.

PINTO, N. F. J. A.; ANGELIS, B.; HABE, M. H. Avaliação da eficiência de fungicidas no controle da cercosporiose (*Cercospora zea-maydis*) na cultura do milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 3, n. 1, p. 139-145, 2004.

RANE, M. S.; PAYAK, M. M.; RENFRO, B. L. A Phaeosphaeria leaf spot of maize. *Indian Phytopathology Society Bulletin*, Bangalore, v. 3, p. 8-10, 1966.

REIS, E. M.; SANTOS, J. A. P.; BLUM, M. M. C. Critical-point yield model to estimate yield damage caused by *Cercospora zea-maydis* in corn. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 32, p. 110-113, 2007.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; REIS, A. C. *Manual de diagnose e controle de doenças do milho*. 2. ed. rev. atual. Lages: Graphel, 2004.

SAS INSTITUTE. *SAS language and procedures: usage: version 9.1*. Cary: SAS Institute, 2000. CD-ROM.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality. *Biometrika*, London, v. 52, p. 591-611, 1965.

TUKEY, J. W. One degree of freedom for non-additivity. *Biometrics*, Washington, v. 5, p. 232-242, 1949.

VIEIRA, R. A.; MESQUINI, R. M.; SILVA, C. N.; HATA, F. T.; TESSMANN, D. J. A new diagrammatic scale for the assessment of northern corn leaf blight. *Crop protection*, Guildford, v. 56, n. 1, p. 55-57, 2014.

WARD, J. M. J.; LAING, M. D.; RIJKENBERG, F. H. J. Frequency and timing of fungicide application for the control of gray leaf spot in maize. *Plant Disease*, Saint Paul, v. 81, n. 1, p. 41-48, 1997.

WARD, J. M. J.; STROMBERG, E. L.; NOWELL, D. C.; NUTTER JUNIOR, F. W. Gray leaf spot: a disease of global importance in maize production. *Plant Disease*, Saint Paul, v. 83, n. 10, p. 884-895, 1999.

WISE, K.; MUELLER, D.; SISSON, A.; SMITH, D.; BRADLEY, C.; ROBERTSON, A. *A farmer's guide to corn diseases*. Minnessota: Ed. APS Press, 2016. 161 p.

ANEXO

Anexo I. Severidade (Sev) de múltiplas doenças foliares e produtividade (Prod) do milho para os diferentes tratamentos em cada localidade¹.

Tratamento	Santa Tereza do Oeste		Guarapuava		Palotina		Campo Mourão		Assaí	
	Sev (%)	Prod (kg ha ⁻¹)	Sev (%)	Prod (kg ha ⁻¹)	Sev (%)	Prod (kg ha ⁻¹)	Sev (%)	Prod (kg ha ⁻¹)	Sev (%)	Prod (kg ha ⁻¹)
1	24,7 c	5.920 a	41,7 d	5.267 b	10,4 c	7.278 a	50,6 f	7.398 f	20,3 abc	8.033 a
2	5,0 a	6.925 a	11,3 ab	6.655 ab	1,7 bc	7.954 a	9,3 d	8.939 ab	9,8 ab	8.795 a
3	7,5 ab	6.032 a	35,2 d	6.019 ab	4,3 bc	7.075 a	14,7 e	8.461 abcde	16,8 ab	8.759 a
4	4,1 a	7.136 a	11,7 ab	5.890 ab	0,9 a	8.509 a	4,8 abc	8.815 abc	5,0 ab	8.338 a
5	2,9 a	7.370 a	5,9 a	7.487 a	0,6 a	9.500 a	4,2 a	9.086 a	4,0 a	8.790 a
6	3,9 a	6.501 a	9,6 a	5.812 ab	7,0 bc	7.080 a	6,4 abcd	8.367 bcde	10,0 ab	8.726 a
7	4,0 a	7.360 a	10,2 a	6.359 ab	2,5 ab	7.893 a	4,6 ab	8.780 abcd	5,3 ab	8.981 a
8	3,9 a	6.816 a	13,8 abc	6.676 ab	5,6 abc	6.203 a	4,9 abc	8.258 cde	7,3 ab	9.057 a
9	9,5 ab	7.099 a	29,0 cd	6.086 ab	6,6 bc	7.412 a	8,2 cd	8.125 de	19,0 ab	8.458 a
10	7,5 ab	7.108 a	26,3 bcd	6.545 ab	6,0 abc	7.175 a	9,4 d	8.228 cde	21,8 bc	8.513 a
11	16,5 bc	5.944 a	63,4 e	5.648 ab	7,2 bc	6.888 a	7,2 abcd	8.055 e	36,5 c	8.935 a
12	3,2 a	6.411 a	9,7 a	7.282 a	4,4 ab	6.812 a	7,8 bcd	8.573 abcde	4,8 ab	9.066 a
Média (2-12) ²	6,2	6.791	20,6	6.405	4,3	7.500	7,4	8.517	12,8	8.765
CV (%) ³	50,6	11,4	28,8	12,2	46,4	20,2	12,3	3,1	52,4	5,9

¹Resultados individuais. Múltiplas doenças foliares do milho: mancha branca, mancha de cercospora, mancha de turcicum e ferrugem polissora. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). ²Média dos tratamentos com fungicida (2-12).

³Coefficiente de variação.

REDE DE ENSAIOS COOPERATIVOS MILHO SEGUNDA SAFRA 2019



O milho segunda safra é semeado quando temperatura, disponibilidade hídrica e radiação solar são abundantes para o crescimento e o desenvolvimento da cultura. No entanto, estas exigências climáticas decrescem durante a estação de cultivo. Híbridos superprecoces de curto tempo no campo predominam no mercado nacional, o que demanda maiores cuidados na manutenção e duração da atividade fotossintética da lavoura para translocação de fotoassimilados aos grãos. Portanto, o controle múltiplo de doenças foliares do milho protegendo a área foliar sadia por meio do uso de fungicidas com eficiência superior é decisivo para a obtenção de altas produtividades.

COORDENAÇÃO



Centro de
Pesquisa
Agrícola



INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ
SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO

Rod. Celso Garcia Cid, km 375 Londrina - PR CEP 86047-902 (43) 3376-2135 www.iapar.br