



COMUNICADO
TÉCNICO

375

Passo Fundo, RS
Dezembro, 2020

Embrapa

Principais doenças do trigo no sul do Brasil: diagnóstico e manejo

Douglas Lau
Cheila Cristina Sbalcheiro
Flávio Chupel Martins
Flávio Santana
João Leodato Nunes Maciel
José Maurício Cunha Fernandes
Leila Maria Costamilan
Maria Imaculada Pontes Moreira Lima
Paulo Kuhnem
Ricardo Trezzi Casa

Principais doenças do trigo no sul do Brasil: diagnóstico e manejo¹

¹ Douglas Lau, Biólogo, doutor em Agronomia/Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS. Cheila Cristina Sbalcheiro, Bióloga, doutora em Agronomia/Fitopatologia, analista da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS. Flávio Chupel Martins, Engenheiro-agrônomo, estudante de mestrado em Produção Vegetal, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC. Flávio Santana, Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitossanidade/Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS. João Leodato Nunes Maciel, Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia/Fitossanidade, pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS. José Maurício Cunha Fernandes, Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS. Leila Maria Costamilan, Engenheira-agrônoma, mestre em Fitotecnia, pesquisadora da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS. Maria Imaculada Pontes Moreira Lima, Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia/Fitopatologia, pesquisadora da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS. Paulo Kuhnem, Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia/Fitopatologia, pesquisador da Biotrigo Genética Ltda, Passo Fundo, RS. Ricardo Trezzi Casa, Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, professor da Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC.

O trigo (*Triticum aestivum* L.) pode manifestar diversas doenças que, dependendo da sua incidência e severidade, causam perdas econômicas. Doenças têm causas abióticas (ação de agentes físico-químicos) ou bióticas. Neste trabalho, serão abordadas doenças bióticas exclusivamente causadas por microrganismos patogênicos. A ocorrência destas doenças requer a presença de três elementos: genótipo hospedeiro suscetível, patógeno compatível e condições ambientais favoráveis. Esse documento descreve as principais doenças causadas por vírus, bactérias e fungos na cultura do trigo no sul do Brasil. As doenças são apresentadas a seguir com base em ordem crescente de complexidade estrutural dos patógenos: vírus, bactérias e fungos. As doenças fúngicas são descritas em ordem de ocorrência na lavoura, começando por efeito em raiz, doenças foliares e, por último, de espiga. O manejo dessas doenças requer

diagnóstico correto, compreensão do ciclo do patógeno e da influência das condições ambientais e conhecimento da eficácia das medidas de manejo.

Introdução

Doenças são resultantes de distúrbios no funcionamento de células, tecidos e órgãos das plantas. Podem ter causas abióticas e bióticas. As causas abióticas são fatores físicos e químicos do ambiente. Por exemplo, falta ou excesso de fatores essenciais para o crescimento das plantas, tais como nutrientes, água e luz. Causas bióticas são aquelas decorrentes da ação de seres vivos. Nesse texto, serão tratadas as doenças causadas por microrganismos, que nesse caso recebem a designação de patógenos (do grego *pathos*, “doença”, e *genos*, “origem”). Entre estes destacam-se em ordem crescente de complexidade estrutural: vírus, bactérias e fungos.

Doenças bióticas necessitam da presença simultânea, no tempo e no espaço, de patógeno e hospedeiro compatíveis. Compatibilidade, nesse caso, significa que se as unidades infectivas do patógeno (partículas virais, células bacterianas, esporos fúngicos) entrarem em contato com o hospedeiro, este conterá todos os elementos necessários para que o ciclo infeccioso seja completo, resultando na produção de mais unidades infectivas.

Patógenos têm afinidade por determinados tecidos e órgãos de seus hospedeiros. Assim, cada fase de desenvolvimento do trigo tem doenças preferencialmente associadas. Além disso, o ciclo de vida dos patógenos é afetado pelas condições do ambiente. Logo, o clima de uma região define as doenças predominantes. Portanto, a relação entre o estágio de desenvolvimento da cultura do trigo, e as condições de clima de uma

região determina as doenças de maior impacto.

O termo epidemia (do grego *epi*, “sobre”, e *demós*, “povo - população”) refere-se à dinâmica das doenças em termos populacionais. Epidemias só ocorrem se, na presença de hospedeiro suscetível, houver patógeno compatível e condições ambientais adequadas. A taxa de progresso de uma epidemia é dada pela favorabilidade das interações e pela velocidade dos múltiplos processos que compõem o ciclo da doença (Figura 1). Quanto maior for a quantidade de inóculo inicial, quanto mais compatível for a interação entre patógeno e hospedeiro, quanto mais próximo das condições ambientais que favorecem o ciclo da doença, tanto maior será a taxa de progresso da epidemia e maiores serão seus impactos econômicos.

O primeiro passo para o manejo adequado é a identificação do agente causal!

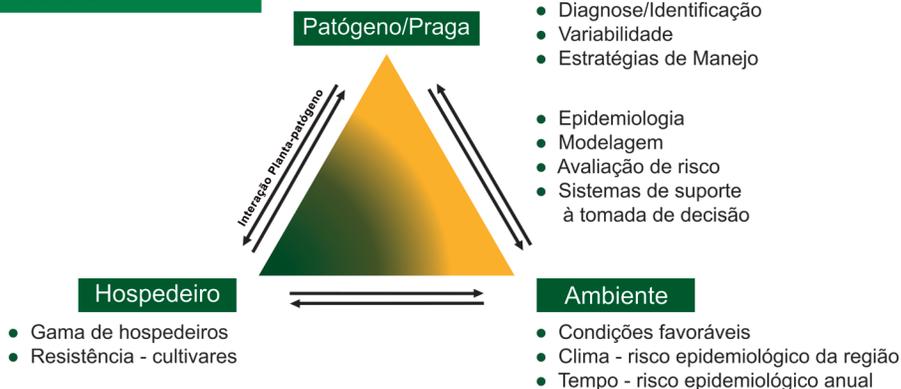


Figura 1. Componentes de epidemias, suas interações e fatores que as afetam. O manejo das doenças requer o diagnóstico preciso, conhecimento do seu ciclo e compreensão do efeito das condições ambientais.

O manejo das doenças requer primeiro o diagnóstico preciso. O diagnóstico pode ser visual, baseado em sintomas. Algumas doenças são de mais fácil diagnóstico. Um técnico com experiência pode reconhecer os sintomas e as estruturas do patógeno associado. Este é o caso de muitas doenças fúngicas, como ferrugens e oídio, cujas estruturas do patógeno são reconhecidas a olho nu ou com uma simples lupa de mão. Algumas doenças fúngicas podem ter sintomas similares e requerer análise em laboratório com montagem de câmaras úmidas (para favorecer a esporulação do patógeno) ou o isolamento em meio de cultura. Esses procedimentos também podem ser necessários para o diagnóstico de doenças bacterianas. No caso de doenças bacterianas e virais, alguns sintomas podem ser bem típicos e facilitar o diagnóstico, principalmente para cultivares de uso mais comum, cuja reação a estes patógenos já é bem conhecida. Mas em muitos casos, apenas testes laboratoriais (sorológico ou molecular) poderão auxiliar na diagnose.

Reconhecida a causa da doença, é preciso ter em mente seu ciclo e as condições que a favorecem. Manejar uma doença nada mais é do que interferir em seu ciclo interrompendo-o ou diminuindo sua taxa de progresso. Medidas de manejo ineficazes podem vir a ser adotadas, caso não se conheça o ciclo da doença.

Métodos de controle de uma determinada doença devem ser iniciados antes mesmo da implantação da lavoura. Medidas como a rotação de culturas e o uso de sementes sadias visam a eliminar

ou reduzir o inóculo inicial. A opção por épocas de semeadura ou cultivares com um ciclo definido, a fim de escapar de épocas favoráveis à doença, também são medidas preventivas que podem ser adotadas. Para algumas doenças de difícil tratamento, a única medida eficaz pode ser a escolha de cultivares resistentes ao patógeno.

O passo seguinte do manejo é o monitoramento para o uso racional de medidas que tenham ação sobre patógenos (fungicidas, no caso de doenças fúngicas) e seus vetores (inseticidas, no caso de vírus transmitidos por insetos). Assim como o clima define as doenças frequentes de uma região, as variações interanuais de variáveis meteorológicas (principalmente precipitação, umidade relativa e temperatura) irão definir a taxa de progresso de epidemias a cada safra, ocasionando variações nos danos à cultura. Monitorar a lavoura por inspeção direta de plantas, por meio de armadilhas e por sensores, é fundamental para acompanhar a taxa de progresso e realizar a aplicação de produtos químicos no momento exato em que os limiares de ação (LA) preconizados por estudos históricos forem atingidos. Esta é a forma de obter a melhor razão entre custo do controle e proteção ao rendimento de grãos.

A seguir, são detalhadas as principais doenças do trigo, por patógeno, incluindo o ciclo da doença e as práticas de manejo. Essas são apresentadas de acordo com a ordem de adoção desde a pré-implantação da cultura, escolha das cultivares,

semeadura, manejos após a implantação e eventual ação pós-colheita.

Manejo de viroses em trigo

Douglas Lau

No Brasil, a cultura do trigo é acometida por duas viroses principais: o nanismo-amarelo e o mosaico-comum. O nanismo-amarelo ocorre em todas as regiões tritícolas, enquanto o mosaico-comum é mais frequente na Região Sul (regiões tritícolas 1 e 2). As condições meteorológicas que favorecem essas viroses são distintas. Safras de inverno secas são mais favoráveis ao nanismo-amarelo, e as chuvosas, mais favoráveis ao mosaico. As medidas de manejo para viroses começam antes do plantio, com a escolha das cultivares, e seguem com monitoramento e diagnóstico preciso para a adequada tomada de decisão.

Nanismo-amarelo

Barley/Cereal yellow dwarf virus

O nanismo-amarelo em cereais de inverno foi formalmente descrito no Brasil em 1968 (Caetano, 1968). É uma das principais viroses em cereais de inverno na Região Sul, sendo causada, predominantemente, pela espécie *Barley yellow dwarf virus* – BYDV-PAV (Luteovirus, Luteoviridae) (Mar et al., 2013). A transmissão ocorre por afídeos (pulgões), principalmente *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus, 1758) (Figura 2A), com ocorrências no outono e na primavera; e

Sitobion avenae (Fabricius, 1775), com ocorrência na primavera (Parizoto et al., 2013). O potencial de dano deste complexo afídeo-vírus à produção de trigo resulta do produto entre nível de tolerância/resistência das cultivares e incidência da doença. A atual redução do potencial prático (potencial atingível considerando a genética do hospedeiro e ferramentas de manejo disponíveis) é ao redor de 20% (Pereira et al., 2016). A incidência é determinada pelo efeito das condições meteorológicas sobre as populações de afídeos. Anos mais quentes e secos são mais favoráveis à multiplicação e dispersão de afídeos (Rebonatto et al., 2015).



Foto: Douglas Lau

Reboleiras de plantas com amarelamento das folhas no sentido do ápice para a base são os sintomas mais evidentes observados pelos produtores e técnicos (Figura 2B). No entanto, os efeitos da presença do vírus têm início antes do aparecimento desses sintomas. Após ser introduzido no sistema vascular

da planta, durante o ato alimentar dos afídeos, o vírus causa degeneração das células do floema. Conseqüentemente, ocorre redução do crescimento das raízes devido à dificuldade de translocação de fotoassimilados para esse órgão. Com as raízes menos desenvolvidas, todo o desenvolvimento da planta e sua capacidade de resistir a estresses bióticos e abióticos são

comprometidos. As plantas têm redução de crescimento de toda a massa da parte aérea (Figura 2C). No espigamento, são evidentes a redução no tamanho das espigas e a esterilidade basal e apical que, muitas vezes, podem lembrar outros tipos de injúrias (Figura 2D). Outro sintoma associado à infecção é o escurecimento das espigas, já

Fotos: Douglas Lau

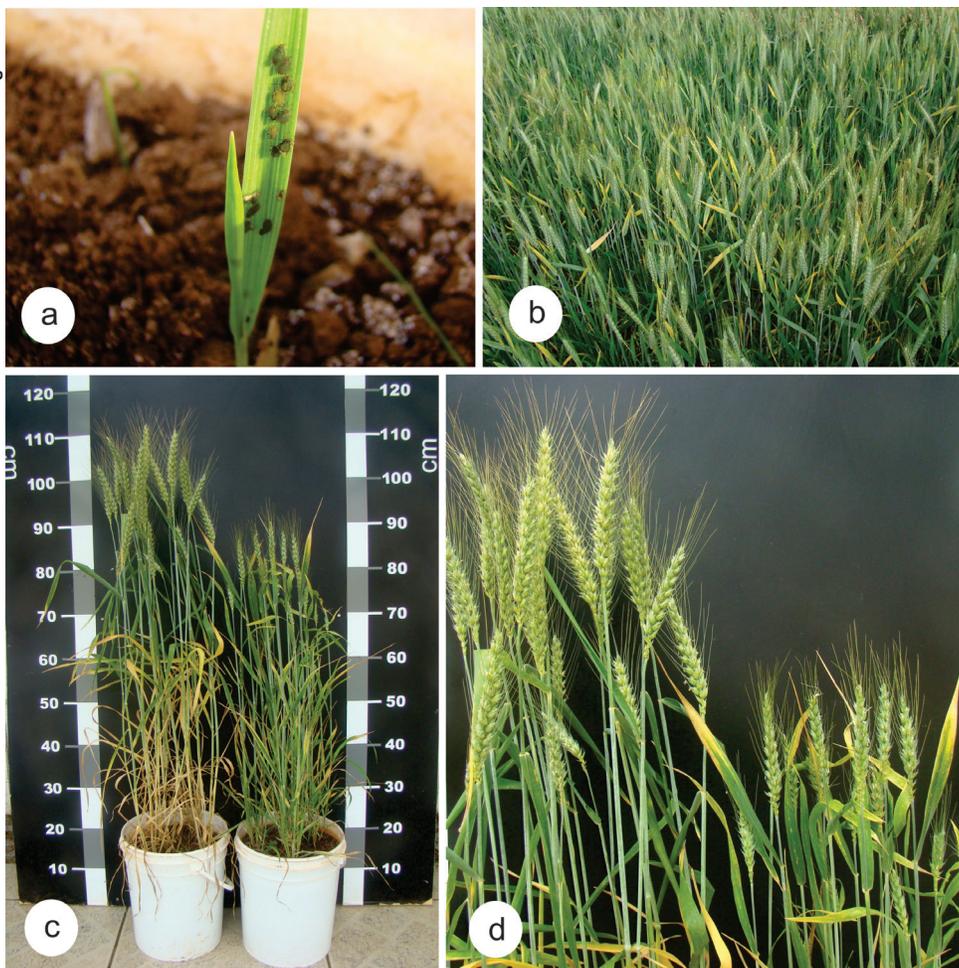


Figura 2. A) *Rhopalosiphum padi*, um dos principais vetores do vírus do nanismo-amarelo. **B)** Plantas de trigo com sintomas de nanismo-amarelo em reboleiras. **C)** Reflexos da infecção por BYDV na estatura da planta e no tamanho das espigas. **D)** Detalhe da redução do tamanho e da esterilidade basal e apical de espigas, decorrentes da infecção por BYDV.

em fase final de ciclo (facilmente confundido com outras patologias).

O primeiro passo para o manejo (Tabela 1) dessa virose começa com a escolha da cultivar. Todas as cultivares disponíveis comercialmente são suscetíveis ao vírus, mas variam em sua tolerância (Figura 3) (Barbieri et al., 2001; Cezare et al., 2011). Há cultivares de maior risco que, uma vez infectadas, podem perder mais de 60% do seu potencial produtivo (Lau et al., 2020). O manejo deve considerar a expectativa de potencial produtivo do material e o grau de intolerância ao vírus.

Tabela 1. Eficácia de práticas de manejo para o nanismo-amarelo em trigo.

Prática de Manejo	Eficácia
Rotação de culturas	-
Resistência genética	+/-
Sementes sadias	-
Época de semeadura	+/-
Tratamento de sementes com inseticidas	+
Manejo químico com inseticidas	+
Controle biológico	+
Adubação nitrogenada	+/-*

(-): ineficaz; (+/-): pouco eficaz; (+): eficaz. *Pode ser benéfica compensando efeitos da infecção viral, mas também pode favorecer o crescimento de populações de afídeos vetores.



Figura 3. Sintomas de nanismo-amarelo causado por *Barley yellow dwarf virus* (BYDV-PAV) em genótipo de trigo intolerante (A) e tolerante ao vírus (B). À esquerda, vaso com plantas sem vírus e, à direita, vaso com plantas inoculadas com o vírus.

O segundo passo é o manejo dos afídeos vetores, que é, em grande parte, favorecido pela ação de inimigos naturais (parasitoides e predadores) (Salvadori; Salles, 2002). Atualmente, devido a essa ação, as populações de afídeos não costumam atingir níveis que causam dano direto, porém ainda causam danos devido à transmissão do BYDV. Portanto, é necessária ação complementar com inseticidas. Como quanto mais cedo ocorrer a infecção pelo vírus, maiores serão os danos, recomenda-se o tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos. Isso é importante principalmente para cultivares sensíveis e com expectativas de alto rendimento. Em geral, o tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos dura até 30 dias após a semeadura.

Então, antes de encerrar este prazo, deve ser realizado o monitoramento da lavoura para avaliar a população de afídeos. As populações de afídeos tendem a se elevar rapidamente, sobretudo em invernos de temperaturas mais elevadas e sob períodos sem chuva. As aplicações em parte aérea devem ser realizadas se houver 10% das plantas com pulgões. A partir do espigamento, o nível é de 10 pulgões por espiga. Em parcelas de campo, a média de rendimentos em 2019 com o manejo adequado do nanismo-amarelo (tratamento de sementes e aplicação em parte aérea quando atingido 10% de plantas com pulgões) foi de 71 sacas/hectare. Em contraposição, na testemunha sem inseticidas, o rendimento foi de 48 sacas/hectare (Figura 4).

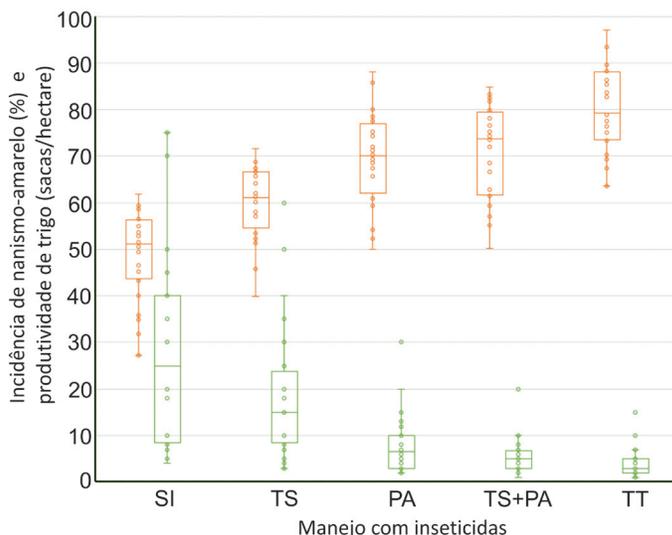


Figura 4. Efeito do manejo com inseticidas sobre a incidência (em verde) de nanismo-amarelo causado por *Barley yellow dwarf virus* (BYDV-PAV) e rendimento de grãos (em laranja). SI: sem inseticidas, TS: tratamento de sementes, PA: aplicação de inseticida em parte aérea quando 10% das plantas apresentam pulgões, TS+PA: combinação de tratamento de sementes e aplicação de inseticidas em parte aérea, e TT: potencial de rendimento na ausência do vírus. Passo Fundo, RS, 2019.

Mosaico-comum

Wheat stripe mosaic virus



Foto: Douglas Lau

O mosaico-comum do trigo ocorre principalmente no Rio Grande do Sul, em Santa Catarina e no sul do Paraná. Originalmente atribuído ao *Soil-borne wheat mosaic virus* (SBWMV, *Virgaviridae*) (Caetano et al., 1978), foi demonstrado que, no Brasil, uma nova espécie de vírus está associada à virose, o *Wheat stripe mosaic virus* (WhSMV, *Benyviridae*) (Valente et al., 2019). Este vírus é transmitido por organismo eucarioto residente no solo e parasita obrigatório de raízes de plantas, denominado *Polymyxa graminis* (Valente et al., 2019). Os danos à produção causados por mosaico costumam ser limitados às áreas da lavoura onde o vetor se concentra, mas, sob condições ambientais favoráveis (frio e umidade),

grandes áreas semeadas com cultivares suscetíveis podem ser comprometidas (Figura 5A). As plantas infectadas exibem sintomas variados. O sintoma típico da virose é a alternância de áreas da folha e colmo com descoloração (Figura 5B). Essa pode ocorrer em faixas bem definidas ou em forma mais alternada. Dependendo do material, as faixas são mais esbranquiçadas, amareladas ou até mesmo evoluem para rápida necrose. Algumas cultivares têm forte redução no crescimento e comprometimento do espigamento. Cultivares suscetíveis semeadas em áreas com inóculo, quando a precipitação mensal acumulada supera os 200 mm, apresentam danos ao redor de 50% à produtividade de grãos.

O longo período de sobrevivência do vetor no solo (superior a cinco anos) e a ampla gama de plantas hospedeiras dificultam o controle desta virose de outra forma que não seja por meio da resistência genética (Caetano, 1982) (Tabela 2). Entre as cultivares disponíveis atualmente, existem desde aquelas cuja produção pode ser seriamente comprometida em áreas com mosaico até cultivares com resistência que podem ser empregadas em áreas com a doença (Figura 5C) (Lau et al., 2019; Lau et al., 2020; Lau; Castro, 2020). Esses resultados são publicados anualmente na Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale (<https://www.reuniaodetrigo.com.br/>).



Figura 5. Sintomas de mosaico-comum. **A)** Área de lavoura de trigo com plantas com sintomas de mosaico. **B)** Detalhe dos sintomas em plantas de trigo. **C)** Reação diferencial de plantas de trigo ao vírus do mosaico.

Tabela 2. Eficácia de práticas de manejo para o mosaico em trigo.

Prática de Manejo	Eficácia
Rotação de culturas	+/-
Resistência genética	+
Sementes sadias	-
Época de semeadura	+/-
Tratamento de sementes	si
Manejo químico	-
Controle biológico	si
Adubação nitrogenada	+/-

(-): ineficaz; (+/-): pouco eficaz; (+): eficaz; (si): sem informação.

Algumas práticas culturais podem contribuir para reduzir o impacto da doença. O desempenho produtivo das cultivares aumenta com maior disponibilidade de nitrogênio (N), mas esta resposta depende da incidência da doença. Para incidência acima de 30%, pode não haver efeito compensatório do N na produtividade de cultivares suscetíveis (Stempkowski, 2019). A incidência de mosaico tende a ser menor em áreas sob rotação de culturas do que sob sistema de monocultura trigo-soja (Stempkowski et al., 2020). Em geral, com o aumento do período sem trigo, a incidência da doença é reduzida e, conseqüentemente, ocorre incremento na produtividade de grãos das cultivares.

Manejo de bacterioses em trigo

Flávio Chupele Martins
Ricardo Trezzi Casa
Paulo Kuhnem

No Brasil, ocorrem duas bacterioses principais na cultura do trigo: a estria-bacteriana, causada por *Xanthomonas translucens* pv. *undulosa* (Xtu), e o branqueamento ou queima da folha do trigo, causada por *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* (Pss). As bacterioses em trigo são detectadas com maior frequência e intensidade normalmente próximo ao espigamento, diferenciando-se pelas regiões geográficas de prevalência e pelos sintomas. As condições meteorológicas que favorecem essas bacterioses são distintas. Enquanto a estria-bacteriana ocorre em condições de temperaturas mais elevadas (ao redor de 25 °C), a queima da folha está relacionada a temperaturas mais baixas (em torno de 16 °C). As medidas de manejo para bacterioses começam antes do plantio, com sistemas de cultivos que observem a rotação de culturas evitando hospedeiros que permitam a sobrevivência e multiplicação do patógeno, a escolha de cultivares resistentes e a aquisição de sementes sadias (livres de patógenos, produzidas em áreas indenadas). Em geral, os tratamentos químicos para bacterioses não são efetivos.

Estria-bacteriana

Xanthomonas translucens pv. *undulosa*



Foto: Ricardo Trezzi Casa

A estria-bacteriana, causada por *Xanthomonas translucens* pv. *undulosa* (Xtu), foi relatada no Brasil ainda no início dos anos 1980 (Luz, 1982; Luzzardi et al., 1983; Luz; Fernandes, 1988). Essa doença tem ampla distribuição geográfica, sendo encontrada em praticamente todos os países produtores de trigo, como Estados Unidos e Canadá, na América do Norte, China, Paquistão e Irã, na Ásia, e Bolívia, Paraguai e Brasil, na América do Sul (Bamberg, 1936; Mohan; Mehta, 1985; Akhtar; Aslam, 1985; Sun; He, 1986; Duveiller, 1994). No Brasil, tem maior ocorrência e epidemias mais frequentes em regiões tritícolas mais quentes, como norte do Paraná, sudeste de São Paulo e em Minas Gerais. Porém, em safras com temperaturas

médias mais elevadas, também pode ser observada em lavouras de trigo na Região Sul do Brasil, como sudoeste do Paraná, oeste de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul. Ainda hoje existe pouca informação sobre a quantificação de danos causados por esta bacteriose. Já foram relatados danos de 40% no rendimento de grãos nos Estados Unidos, embora geralmente danos ao redor de 10% sejam mais comuns (Schaad; Forster, 1985; Cunfer, 1987; Duveiller; Maraite, 1993).

Os sintomas causados por Xtu são detectados com maior frequência e intensidade normalmente próximo ao espigamento do trigo (estádio de crescimento 50 da escala Zadoks et al., 1974). As infecções iniciais em folhas por Xtu são caracterizadas por estrias translúcidas do tipo anasarca, no sentido das nervuras foliares, que podem ser mais facilmente visualizadas com luz incidente. Sob condições de molhamento, podem ser observados exsudatos da bactéria sobre estas estrias. À medida em que as lesões evoluem, a cor das estrias muda de marrom clara para marrom escura, tornando-se necróticas. Além da cor, com a evolução dos sintomas, as estrias coalescem, formando lesões que podem cobrir praticamente toda a folha. Além de infectar as folhas, Xtu também pode infectar as glumas durante a fase de enchimento de grãos, causando pequenas estrias longitudinais de cor marrom escura a negra (em inglês, *black chaff*) (Figura 6). Outro sintoma desta bacteriose é a alternância de áreas sadias e necróticas (cor negra)

nas aristas devido à ocorrência de múltiplos pontos de infecção (Duveiller et al., 1997). No entanto, alguns materiais podem apresentar sintomas parecidos em glumas, lemas, pedúnculo e entrenós, causados pela presença de genes de resistência a ferrugens, fenômeno conhecido como melanismo (em inglês *pseudo black chaff*).



Foto: José Maurício Cunha Fernandes

Figura 6. Estria-bacteriana, causada por *Xanthomonas translucens* pv. *undulosa*: reações em colmos e em espigas de trigo, produzindo pigmentação de melanina.

A Xtu pode sobreviver em sementes, restos culturais e plantas voluntárias de trigo, assim como em hospedeiros secundários. Além do trigo, Xtu também é relatada em outras plantas cultivadas, como cevada (*Hordeum vulgare*), centeio (*Secale cereale*), triticale (*Triticosecale*), aveia branca (*Avena sativa*) e aveia preta (*Avena strigosa*). Há relatos desta bactéria em outros locais do mundo nas espécies *Bromus inermis* (Bromos) e *Phleum pratense* (Timótio) (Duveiller et al., 1997), gêneros que estão presentes no Brasil. As sementes infestadas e infectadas são responsáveis pela disseminação a longas distâncias e introdução do patógeno em áreas isentas.

Dentro da lavoura, a disseminação pode se dar via implementos agrícolas, contato folha-a-folha e pela ação do vento e respingos de água. Os principais sítios de infecção são aberturas naturais como estômatos, hidatódios e injúrias bióticas ou abióticas. Temperaturas próximas a 25 °C e longos períodos de molhamento contínuo e/ou alta umidade relativa do ar (próximo da saturação) são condições ideais para multiplicação e infecção de Xtu (Duvellier et al., 1997). O inóculo é produzido principalmente nas extremidades apicais de coleótilos, em lesões em plúmulas, em folhas de plantas na lavoura ou de plantas voluntárias e sobre os restos culturais. A remoção e transporte do inóculo para outras folhas e plantas adjacentes ocorrem pelo impacto das gotas de chuva ou da irrigação por aspersão sobre as lesões com exsudação bacteriana (Romeiro, 2005). As epidemias ocorrem quando condições favoráveis mantêm-se por longos períodos na lavoura.

Queima da folha

Pseudomonas syringae pv. *syringae*



Foto: Paulo Kuhnem

A queima, ou branqueamento, da folha do trigo, causada por *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* (Pss), foi relatada no Brasil e também praticamente em todo o mundo, como nos Estados Unidos, Canadá, África do Sul, México, Nova Zelândia, Austrália, Ucrânia, Alemanha e Bélgica (Wilkie, 1973; Otta, 1974; Mehta, 1978; Shane; Baumer, 1987). A Pss tem maior importância em regiões de cultivo de trigo com clima frio, devido à capacidade de atuar como nucleadora de gelo, predispondo à ocorrência da queima. Proteínas especializadas formam agregados grandes e homogêneos que, junto à molécula de água, se orientam para uma estrutura semelhante a molécula de cristal de gelo, catalisando a formação de gelo. Essas moléculas orientadas congelam a temperatura ligeiramente abaixo de zero, o que predispõe à ocorrência da queima quando em situações de temperaturas mais baixas, devido ao congelamento da folha (Lindow et al., 1978). No Brasil, esta bactéria ocorre com maior frequência nas regiões dos Campos Gerais do Paraná, Planalto Catarinense, Planalto e Campos de Cima da Serra Rio-grandense. Estimativas dos danos causados por essa doença são escassas. Não existem estudos sistemáticos de mensuração de danos, uma vez que sua ocorrência é extremamente dependente de condições ambientais.

Os sintomas causados por Pss podem aparecer em todas as folhas do trigo, porém em maior intensidade nas folhas superiores, normalmente em lavouras próximas ao estágio de espigamento (EC 50 da escala de Zadoks)

(Botín; Lopez, 2012). A infecção inicia-se com a presença de uma mancha aquosa, com diâmetro em torno de 1 mm, que evolui em um período de dois a três dias para uma coloração branco-amarelada com áreas cloróticas que podem coalescer, formando um aspecto desidratado (Maraite et al., 2007). Pode-se observar exsudato bacteriano de aspecto molhado sobre as lesões nas folhas, sob condições ambientais de molhamento contínuo.

Assim como Xtu, Pss também pode sobreviver em sementes e restos culturais de trigo, bem como em plantas voluntárias de trigo e em hospedeiros secundários (Reis; Casa, 2005; Timmer et al., 1987). Também há relatos de que Pss sobrevive epifiticamente (sem causar dano) na superfície de muitas plantas, como lilás-comum (*Syringae vulgaris*), feijão (*Phaseolus vulgaris*), trigo (*Triticum aestivum*) e sorgo (*Sorghum bicolor*) (Lelliot et al., 1966; Bradbury, 1986). Os principais sítios de infecção são aberturas naturais como estômatos e hidatódios, além de injúrias de causa biótica ou abiótica. As condições meteorológicas ideais para multiplicação e infecção de Pss são temperaturas amenas, menores que 16 °C, e período de molhamento contínuo (Duvellier et al., 1997). A partir dos respingos de chuva, os propágulos bacterianos são transportados e depositados em outras folhas e em novas plantas. Dentro da lavoura, a disseminação também pode se dar via implementos agrícolas, contato folha-a-folha e pela ação do vento. As sementes infestadas e infectadas

são responsáveis pela disseminação a longas distâncias e pela introdução do patógeno em áreas isentas.

Estratégias de manejo para bacterioses

O manejo de bacterioses envolve um conjunto de medidas (Tabela 3). Primeiramente, deve-se reduzir e/ou eliminar as fontes de inóculo primário importantes para as duas bactérias (Xtu e Pss). Assim, é fundamental o uso de sementes isentas de bactérias, a fim de evitar a introdução dos patógenos em áreas de cultivo. Para se ter essa garantia, as sementes devem ser enviadas a laboratório para análises de patologia de sementes, especificamente para detecção destas espécies de bactérias. A rotação de culturas deve ser adotada como medida complementar ao uso de sementes sadias, uma vez que tem por finalidade reduzir o inóculo na área, eliminando restos culturais de trigo e/ou cereais de inverno hospedeiros.

Cultivares resistentes também podem ser utilizadas como medida preventiva de controle. Existe diferença genética na reação de cultivares para as duas bacterioses, como constatado em testes de inoculação controlada com distintos isolados bacterianos. No entanto, ainda há necessidade de estudos para classificar as cultivares de trigo disponíveis, em função de isolados bacterianos e condições ambientais, conforme as regiões tritícolas nacionais.

Tabela 3. Eficácia de práticas de manejo para bacterioses em trigo.

Prática de Manejo	Eficácia
Rotação de culturas	+
Resistência genética	+
Sementes sadias	+
Época de semeadura	+/-
Tratamento de sementes	si
População de plantas indicada (não adensada)	-*
Manejo químico	-
Controle biológico	si
Adubação nitrogenada	-*

(-): ineficaz; (+/-): pouco eficaz; (+) eficaz; (si): sem informação; (*): pode favorecer a doença.

A escolha da época de semeadura em determinadas regiões tritícolas é um fator de escape, evitando-se condições de temperatura e molhamento favoráveis ao processo de infecção das duas bactérias.

Em áreas de trigo produzidas com irrigação, deve-se evitar o excesso de irrigação a fim de controlar o período de molhamento foliar e, assim, evitar a formação de microclima favorável à infecção bacteriana. Do mesmo modo, deve-se evitar o excesso da população de plantas e/ou da dose de adubação nitrogenada para não aumentar o período de molhamento foliar devido ao aumento da massa verde da lavoura.

Deve-se reduzir o trânsito de máquinas que provoquem injúrias nas folhas de trigo, pois são um fator de predisposição das plantas à infecção por bactérias.

Tratamentos químicos para bacterioses não são muito efetivos.

Adicionalmente, o uso de fungicidas em curtos intervalos de aplicações, muitas vezes devido à falta de monitoramento e/ou à diagnose incorreta, pode agravar o problema ao causar injúrias nas folhas e, por consequência, dificultar a metabolização e/ou causar fitotoxicidade em determinados genótipos de trigo.

Manejo de doenças fúngicas em trigo

No Brasil, a cultura do trigo é acometida por diversas doenças fúngicas que afetam a cultura desde o início de seu desenvolvimento até o espigamento. Como as condições favoráveis a essas doenças são distintas, praticamente em toda a amplitude de variação meteorológica do sul do país pelo menos uma dessas doenças ocorrerá durante a safra. Assim como para viroses e bacterioses, o manejo das doenças fúngicas requer a observância de adequada rotação de culturas, cuidado com a sanidade das sementes para evitar a introdução de patógenos na área, escolha da época de semeadura, uso de cultivares resistentes e monitoramento de lavoura para manejo com fungicidas. A eficácia dessas medidas é variável de acordo com a doença.

Mal do Pé

Gaeumannomyces graminis var. *tritici*

João Leodato Nunes Maciel

O mal do pé é considerado a principal doença de raízes da cultura do trigo em todo o mundo (Freeman; Ward, 2004).

No Brasil, ocorre basicamente na Região Sul, sendo muito associado com a prática de monocultura.

Os sintomas iniciam como uma podridão de raízes (Figura 7A), que afeta a parte aérea das plantas, causando redução do tamanho e morte prematura das mesmas. As espigas tornam-se esbranquiçadas e não há enchimento dos grãos. Devido à infecção das raízes, o aphilamento é deficiente. Os primeiros sintomas do mal do pé ocorrem em plântulas. Se as plantas não morrerem nos estádios iniciais de crescimento, o perfilhamento será deficiente, com lesões pretas que se desenvolvem nas raízes e se estendem até a coroa da planta. Hifas fúngicas escuras são visíveis ao longo dos tecidos das raízes. As plantas com sintomas da doença normalmente ocorrem em reboleiras (Figura 7B) e, quando puxadas do solo, são arrancadas com facilidade, devido ao sistema radicular deficiente.

Esta doença é mais conhecida pelos danos que provoca na cultura do trigo, embora ocorra também em cevada, triticale, centeio e em outras plantas da família Poaceae (Nilsson; Smith, 1981). A ordem decrescente de suscetibilidade entre as poáceas de importância agrícola é a seguinte: trigo, triticale, cevada e centeio. Solos sob baixas temperaturas (12 °C a 20 °C), alcalinos (pH 6,5 a 8,5) e/ou mal drenados, e excesso de chuvas são condições que favorecem a doença (Reis et al., 1983; Cook et al., 1995). O fungo sobrevive de um ano para o outro em restos culturais de trigo ou em plantas vivas de outros hospedeiros.



Fotos: (a) José Maurício Cunha Fernandes e (b) Douglas Lau

Figura 7. Sintomas causados por *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* em trigo. **A)** Podridão de raízes com escurecimento dos tecidos da planta. **B)** Reboleiras de plantas de trigo com morte prematura, exibindo espigas esbranquiçadas.

Os programas para obtenção de cultivares resistentes ao mal do pé nunca obtiveram sucesso, apesar do enorme esforço para se encontrar alguma fonte de resistência a essa doença (Cook et al., 1995). Rotação de culturas é a melhor forma de controle (Tabela 4), evitando-se espécies suscetíveis por um ou dois anos (Scott, 1981). As aveias são indicadas como culturas de rotação, além de espécies como ervilhaca, serradela, canola, tremoço e nabo forrageiro. Também existem trabalhos realizados na Europa e nos Estados Unidos indicando que, nos chamados solos supressivos, pode ocorrer a redução da ocorrência do fungo no solo, diminuindo os danos que o mal do pé pode causar na lavoura. Antagonistas naturais ao patógeno são um dos principais componentes associados aos solos supressivos.

Tabela 4. Eficácia de práticas de manejo para o mal do pé em trigo.

Prática de Manejo	Eficácia
Rotação de culturas	+
Resistência genética	-
Sementes sadias	-
Época de semeadura	-
Tratamento de sementes com fungicidas	-
Manejo químico com fungicidas	-
Controle biológico	+/-
Aducação nitrogenada	-

(-): ineficaz; (+/-): pouco eficaz; (+): eficaz.

Oídio

Blumeria graminis f. sp. *tritici*

Leila Maria Costamilan

Dentro da estação de cultivo de trigo, o oídio costuma ser a primeira doença fúngica a aparecer. Alta umidade relativa do ar, temperatura amena e períodos sem precipitações pluviais são favoráveis ao desenvolvimento da doença. Está presente em todas as regiões tritícolas do mundo, especialmente naquelas localizadas sob clima temperado, como na Região Sul do Brasil. Como tem ciclos de vida múltiplos e rápidos, pode ser especialmente difícil de controlar em cultivares suscetíveis. Assim, vários métodos de manejo devem ser observados, principalmente para evitar ou tratar infecções iniciais, visando à maior eficiência de controle.

Os níveis de danos dependem do local, do clima, da suscetibilidade da cultivar e do estágio em que a doença incide. A redução no rendimento de grãos de trigo causada por oídio varia entre 10%, em cultivares com baixa resistência, e 62%, em cultivares suscetíveis (Reis et al., 1997). Na média dos anos, está em torno de 5% a 8% (Cunfer, 2002). O dano ao rendimento de grãos pode ser estimado pela equação $Y = 1.000 - 4I$, onde Y é o rendimento normalizado para 1.000 kg/ha e I é a incidência foliar (percentual de folhas com sintomas, ou sinais – estruturas do patógeno) (Reis et al., 1997). Os principais componentes de rendimento afetados são o número de espigas por área (quando a doença ocorre em estádios iniciais de desenvolvimento da planta) e o número e

tamanho de grãos por espiga (quando ocorre em estádios mais tardios). Além disso, diminui em 7,5% o conteúdo de amido e de proteína dos grãos, enquanto que a respiração da planta aumenta consideravelmente, o que leva a desajustes fisiológicos e à diminuição do vigor e do porte (Martinelli, 2001).

Os sinais típicos dessa doença ocorrem na superfície da planta de trigo, principalmente nas folhas inferiores que ficam recobertas por micélio branco de aparência pulverulenta, formado por conidióforos e conídios (Figura 8), que passa à coloração cinza, quando envelhece (Figura 9). Estes progridem das folhas inferiores para as superiores, podendo ocorrer também em espigas e em aristas de cultivares suscetíveis. No entanto, tecidos de crescimento rápido são mais suscetíveis. Tecidos foliares infectados tornam-se amarelados a amarronzados, com o desenvolvimento da doença. Quando severamente atacadas, as folhas colapsam e caem (Figura 10). Pequenos pontos escuros, os casmotécios (originalmente denominados de cleistotécios), estruturas de reprodução sexual do fungo, são observados no interior da massa de micélio maduro (Figura 11) (Cabi, 2020b).

A doença é causada por *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* (sin. *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*) (Cabi, 2020a), fungo biotrófico específico de trigo e de espécies de *Aegilops*. Os esporos assexuais (conídios) são uninucleados (ocasionalmente binucleados), ovoides e hialinos, de dimensões variando entre 25 μm -5 μm x 12 μm -16 μm . São produzidos basipetalmente

em cadeias longas, sobre conidióforos curtos e simples. O tubo germinativo do conídio penetra na planta até as células epidérmicas, não se aprofundando no tecido foliar, e lançando haustórios no interior das células, para sua alimentação. As demais estruturas do fungo ficam localizadas no exterior da planta. Casmotécios são escuros, globosos, com dimensões entre 110 μm e 280 μm de diâmetro, geralmente formando entre 6 e 30 ascas em seu interior, porém os ascósporos (usualmente oito, algumas vezes quatro) raramente se desenvolvem completamente. Podem ou não ser formados no interior do micélio maduro, acinzentado; ocorrem no final da safra (Cabi, 2020b).



Figura 8. Planta de trigo afetada por oídio.



Figura 9. Micélio branco (jovem) e cinza (envelhecido) de oídio em folha de trigo.



Foto: Leila Maria Costamilan

Figura 10. Folhas inferiores de trigo afetadas pela ação de oídio.



Foto: Leila Maria Costamilan

Figura 11. Micélio de oídio de trigo com casmotécios em seu interior. Aumento de 60x.

O fungo é um parasita obrigatório biotrófico que age de forma a não matar rapidamente seu hospedeiro. O inóculo primário mantém-se, na entressafra, sobre plantas voluntárias de trigo (ponte verde) ou pode hibernar como micélio dormente ou ativo em restos culturais. Com o aquecimento do ar, na primavera, o micélio dormente começa a crescer e os conídios são produzidos rapidamente, sendo disseminados pelo vento, a longas distâncias (Figura 12).

A temperatura ideal para germinação dos esporos é 15 °C (embora possa ocorrer entre 3 °C e 31 °C), juntamente com alta umidade relativa do ar (entre

85% e 100%) e ausência de água livre na superfície da planta. O maior desenvolvimento da doença ocorre entre 15 °C e 22 °C, diminuindo a partir de 25 °C e cessando em temperaturas próximas a 30 °C. A germinação, a infecção e a produção de novos conídios são completadas entre 5 e 25 dias, o que leva à ocorrência de muitos ciclos consecutivos da doença, em uma safra. Os primeiros sintomas da doença aparecem, aproximadamente, cinco dias após a inoculação, caracterizando-se por amarelecimento, clorose e/ou necrose dos tecidos afetados (Cunfer, 2002; Cabi, 2020b).

Embora o aparecimento precoce da doença na estação de cultivo seja, muitas vezes, seguido por severa epidemia, há anos em que não alcança seu máximo potencial de dano. Em climas temperados, como na Região Sul do Brasil, temperaturas muito baixas ou longos períodos de chuvas, no outono, retardam a evolução da epidemia. Basicamente, epidemias de oídio em trigo tendem a ocorrer durante condições de alternância de clima seco e úmido, com algum vento para assegurar a distribuição de inóculo (Cabi, 2020b). Em Passo Fundo, RS, na safra de trigo de 2019, houve alta incidência e severidade de oídio, o que pode ser explicado pela escassez de chuvas no inverno (de junho a setembro, choveu apenas 38% do esperado para o período) e pela temperatura média de 14 °C, também favorável (Embrapa, 2020).

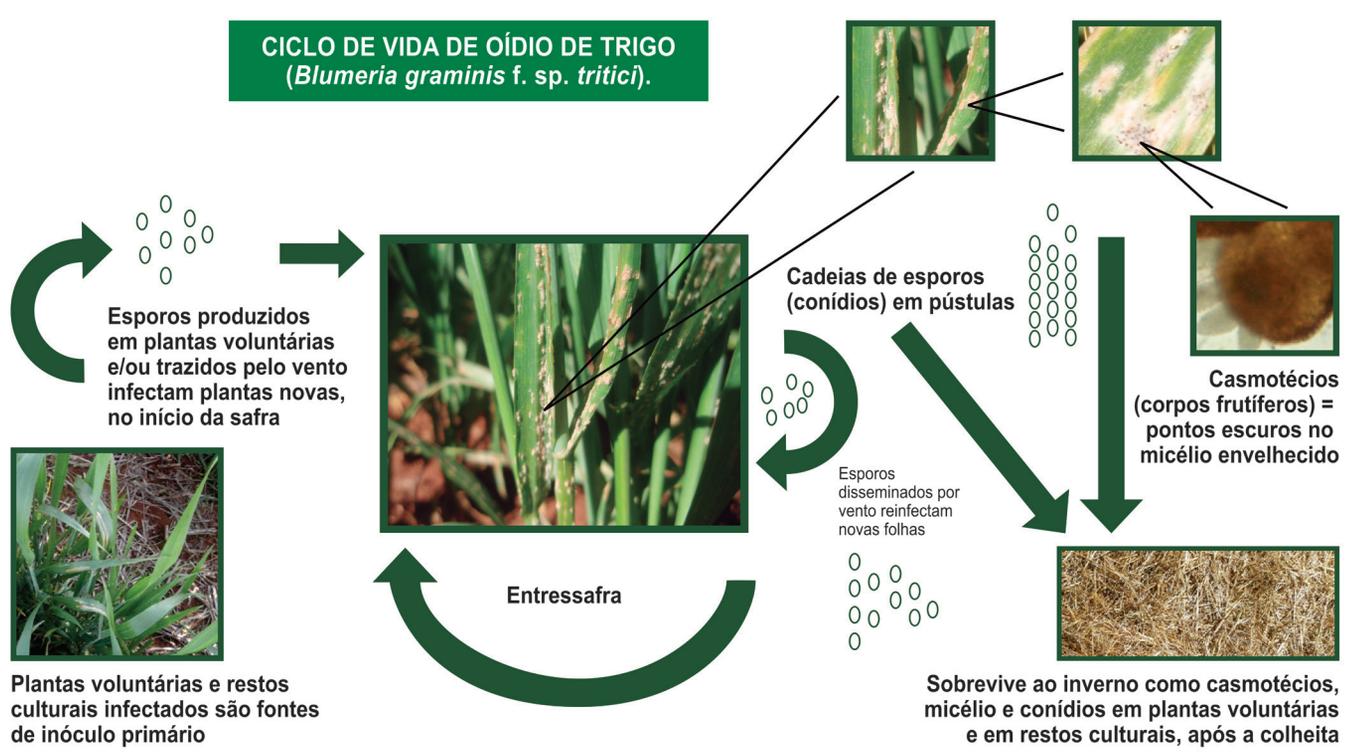


Figura 12. Ciclo de vida de *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* (agente causal de oídio em trigo).

Fonte: Adaptado de Salgado; Paul (2016).

As medidas preferenciais para manejo de oídio são eliminação de restos culturais e de plantas voluntárias, época de semeadura, uso de cultivares resistentes, tratamento de sementes com fungicidas, manejo químico em parte aérea e evitar populações de plantas muito adensadas (Tabela 5).

Tabela 5. Eficácia de práticas de manejo para oídio em trigo.

Prática de Manejo	Eficácia
Rotação de culturas	-
Eliminação de restos culturais e de plantas voluntárias	+
Resistência genética	+
Sementes sadias	-
Época de semeadura	+
População de plantas indicada (não adensada)	+
Tratamento de sementes com fungicidas	+
Manejo químico com fungicidas	+
Controle biológico	si
Aducação nitrogenada	-*

(-): ineficaz; (+): eficaz; (si): sem informação; (*): pode favorecer a doença.

O uso de cultivares de trigo com resistência genética é a forma preferencial de controle de oídio. Até junho de 2020, mais de 80 genes ou alelos de resistência do hospedeiro, designados *Pm*, foram identificados em 60 locos, oriundos de trigo e de espécies afins, além destes outros 37 genes maiores preliminarmente designados, e 22 QTL são responsáveis pela resistência parcial (Li et al., 2019a; McIntosh et al., 2019; Jia et al., 2020; National..., 2020).

Entretanto, alguns genes *Pm* apresentam efeitos adversos ao trigo. *Pm16*, que tem amplo espectro de resistência, causa perdas de 15% no rendimento de grãos (Summers; Brown, 2013), e *Pm8*, originário de centeio, reduz a qualidade da farinha (Lee et al., 1995). Outros, como *Pm38* e *Pm39*, estão ligados à resistência de planta adulta à ferrugem do colmo (genes *Sr* para *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*), à ferrugem da folha (genes *Lr* para *Puccinia triticina*) e à ferrugem linear (gene *Yr* para *Puccinia striiformis*) (National..., 2020).

Como *B. graminis* f. sp. *tritici* desenvolve raças, pode ser capaz de infectar cultivares consideradas resistentes em anos anteriores. Em avaliações de efetividade de genes de resistência de trigo, através da análise de várias populações de oídio coletadas no Brasil, o gene *Pm4a* manteve-se efetivo em todas as populações (Costamilan; Linhares, 2002; Costamilan et al., 2007). Desde 2014, os genes *Pm4a* e *Pm4b* são efetivos para controle de oídio coletado em Passo Fundo, RS, e em alguns anos, os genes *Pm3f*, *Pm8* e *Pm17* também foram efetivos.

Entre as cultivares do Ensaio Estadual de Cultivares de 2019 em análise desde a safra 2015, podem ser consideradas resistentes BRS 327, BRS Belajoia, BRS Reponte, CD 1303, FPS Certero, LG Oro, ORS 1401, ORS 1402, ORS 1403, ORS 1405, ORS Citrino e TBIO Ponteiro (Costamilan et al., 2019).

O controle químico de oídio de trigo em cultivares suscetíveis é mais

econômico via tratamento de sementes com fungicidas sistêmicos, do que pela aplicação de fungicidas em órgãos aéreos. Triadimenol aplicado em sementes conferia proteção de 45 a 60 dias após a emergência (Reis; Casa, 2005); porém, Reis et al. (2013) relataram perda de sensibilidade de *B. graminis* f. sp. *tritici* a esse fungicida, nesta forma de aplicação. Para aplicação foliar, o monitoramento do desenvolvimento da doença deve iniciar a partir do aflhamento, coletando-se uma amostra de 40 a 50 colmos principais por situação homogênea da lavoura e observando-se a presença de sintomas de oídio nas folhas, descartando-se as mais velhas e as mais novas. As aplicações de fungicida deverão ser realizadas quando a incidência foliar atingir o Limiar de Dano Econômico (LDE), de acordo com a fórmula e os critérios constantes na publicação “Informações Técnicas para Trigo e Triticale” (Reunião..., 2018). Esses critérios levam em conta o custo de controle, a incidência da doença, o valor de mercado do grão, o coeficiente de dano e a eficiência do fungicida. Considerando que o controle deve ser realizado antes de ser atingido o LDE, recomenda-se usar o critério do LA, que é 5% inferior ao LDE.

No Brasil, em torno de 70 fungicidas comerciais estão registrados para uso em trigo visando ao controle de oídio, sendo, em sua maioria, baseados em triazol. Outros grupos químicos registrados são alquilenobis, benzimidazol, benzotiadiazol, ésteres de ácidos graxos, estrobilurina, inorgânico (enxofre),

morfolina e triazolintione, formulados sozinhos ou em misturas (Agrofit, 2020).

A rotação de culturas não é efetiva para controle de oídio. Para maior efeito de controle, as plantas voluntárias e os restos culturais de trigo devem ser eliminados da área, diminuindo os efeitos da ponte verde e da fonte de inóculo inicial. Deve-se evitar alta população de plantas e de aflhos, que gera condição favorável ao maior desenvolvimento da doença pelo aumento da umidade dentro da lavoura. Entre todos os nutrientes, o nitrogênio parece ter efeito mais consistente e direto sobre o incremento da doença, pois sua adição, em qualquer estágio de desenvolvimento do trigo, aumenta a suscetibilidade, provavelmente por promover a maior formação de aflhos e, assim, tornar mais densa a cultura. Semeaduras mais precoces podem diminuir os danos da doença, pois as plântulas ficam expostas a menores quantidades de inóculo justamente nos estádios iniciais de desenvolvimento (Cabi, 2020b; Cunfer, 2002; Martinelli, 2001).

Manejo de ferrugens em trigo

Cheila Cristina Sbalcheiro

A cultura do trigo pode ser alvo de três tipos de ferrugens: ferrugem da folha, ferrugem do colmo e ferrugem-estriada ou amarela. A ferrugem da folha é a de ocorrência mais comum, e a que acarreta as maiores perdas dentre todas as ferrugens de cereais. No Brasil,

atualmente, é a única que tem atingido níveis epidêmicos nas lavouras de trigo, e na Região Sul ocorre em todas as safras, com variação de intensidade de ano para ano.

Ferrugem da folha

Puccinia triticina

A ferrugem da folha do trigo é causada pelo fungo *Puccinia triticina* Eriks., patógeno biotrófico, altamente especializado, com diferentes raças virulentas, faixa estreita de hospedeiros e de ocorrência mundial. Os sintomas ocorrem principalmente nas folhas, com a formação de pústulas com uredosporos (sinais) de cor marrom-alaranjada, caracterizando o aspecto “enferrujado” típico da doença (Figura 13), mas todos os órgãos verdes da planta jovem e adulta podem ser infectados.

Para a infecção pelo patógeno é necessário molhamento foliar contínuo de cerca de três horas, com faixa de temperatura variando entre 10 °C e 30 °C, sendo a ótima em 25 °C, e a esporulação do fungo ocorre entre 7 e 10 dias após a germinação dos uredosporos e a penetração (Lau et al., 2011). Embora o patógeno sobreviva somente em tecidos vivos dos hospedeiros, os uredosporos têm vida relativamente longa e podem permanecer no campo, longe dos hospedeiros, por várias semanas. A presença do fungo em todas as safras é garantida pela disseminação dos esporos pelas correntes de ar a longas distâncias, e pela formação de "pontes

verdes" com os plantios subsequentes entre Argentina e Brasil, e do Cerrado para a Região Sul brasileira.



Foto: Sandra Patussi Brammer

Figura 13. Ferrugem da folha do trigo.

Os danos causados pela doença dependem do estágio da planta em que ocorre a infecção, da incidência e da severidade. Quando a folha bandeira é infectada antes da antese, os danos podem ser maiores devido à contribuição desta folha na fotossíntese e no rendimento de grãos. Em anos de epidemias severas, caso não seja efetuado o controle com fungicidas, as quedas de rendimento podem ser superiores a 50% e, em cultivares suscetíveis, os danos podem ser superiores a 60% (Germán et al., 2007, Reis et al., 2019).

A medida preferencial mais eficiente e econômica de controle da doença é o uso de cultivares com maior grau

de resistência genética (Tabela 6). Cultivares com resistência de planta adulta (RPA) são uma alternativa estratégica de controle. A RPA é uma resistência mais estável, uma vez que não causa intensa pressão de seleção para raças virulentas do patógeno e permite progresso lento da doença (com redução no número e tamanho de pústulas), sem causar redução do rendimento da cultura (Finger et al., 2017; Kolmer, 2019).

Tabela 6. Eficácia das práticas de manejo para ferrugem da folha em trigo.

Prática de Manejo	Eficácia
Rotação de culturas	-
Eliminação de plantas voluntárias	+/-
Resistência genética	+
Sementes saudáveis	-
Época de semeadura	+/-
Tratamento de sementes com fungicidas	+/-
Manejo químico com fungicidas	+
Controle biológico	si
Adubação nitrogenada	+/-*

(-): ineficaz; (+/-): pouco eficaz; (+): eficaz; (si): sem informação; (*): pode favorecer a doença.

Outra medida de controle é a aplicação de fungicidas na parte aérea das plantas. Para determinar o momento das aplicações, da mesma forma que para oídio, deve-se proceder ao cálculo do LDE. Em cultivares suscetíveis, recomenda-se o controle quando a intensidade atingir o LA (Reunião..., 2018), com a utilização de fungicidas com modos de ação distintos,

como a aplicação de estrobilurinas + triazóis. O monitoramento da lavoura é necessário para a detecção precoce do patógeno, o acompanhamento da evolução da doença e a tomada de decisão para uso do controle químico.

No manejo cultural, a correção da fertilidade do solo, de forma a manter o equilíbrio nutricional das plantas, é importante para reduzir a predisposição ao ataque de patógenos. O excesso de nitrogênio favorece a infecção do tecido foliar pelas ferrugens (Walters; Bingham, 2007; Debona et al., 2009). Outra medida de controle é a eliminação de plantas voluntárias, uma vez que suprime a presença do inóculo na lavoura e a disseminação de esporos do fungo pelas correntes de ar, inclusive a longas distâncias, nas entressafras (Chaves; Barcellos, 2006).

As práticas de manejo adotadas em conjunto apresentam maior eficácia para o controle de ferrugem da folha do que as medidas utilizadas isoladamente.

Ferrugem do colmo

Puccinia graminis f. sp. *tritici*

A ferrugem do colmo, causada pelo fungo *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, apresenta características semelhantes às da ferrugem da folha. O colmo é o principal órgão da planta infectado, mas em ataques severos podem aparecer pústulas também nas bainhas, folhas e glumas (Figura 14). Os sinais são visíveis em pústulas de coloração marrom-avermelhada, geralmente maiores e de formato

mais alongado (até 10 mm) que as da ferrugem da folha. Estas uredopústulas caracterizam-se pelo rompimento da epiderme e podem ocorrer nas superfícies adaxial e abaxial das folhas e, também, nos colmos, conferindo aspecto áspero aos tecidos afetados.

Foto: Flávio Santana



Figura 14. Pústulas de ferrugem do colmo em folhas e colmos de trigo.

Temperaturas mais elevadas, com dias mais quentes, em torno de 25 °C a 30 °C, e noites amenas, de 15 °C a 20 °C, favorecem o desenvolvimento da doença. Para a germinação dos esporos, é necessário um período de molhamento foliar de seis a oito horas e alta luminosidade durante três horas para a penetração do fungo. Tais condições ambientais são mais frequentes no final do ciclo da cultura, portanto a doença pode ser mais severa em cultivares de maturação tardia ou em semeaduras tardias.

A resistência genética é uma das principais formas de manejo dessa doença (Tabela 7). Atualmente, os genes mais importantes que conferem resistência em germoplasma desenvolvido na Argentina, Brasil, Chile, Paraguai e Uruguai são, provavelmente, *Sr24* e *Sr31*. No entanto, com a ausência da

doença e a variabilidade reduzida do patógeno, a seleção para resistência foi diminuída, assim como a prioridade que os programas de melhoramento atribuíam a essa característica. Consequentemente, várias cultivares lançadas nos últimos anos são suscetíveis ao patógeno, aumentando a probabilidade de maior incidência de ferrugem do colmo e de aparecimento de novas raças virulentas.

Tabela 7. Eficácia das práticas de manejo para ferrugem do colmo em trigo.

Prática de Manejo	Eficácia
Rotação de culturas	-
Eliminação de plantas voluntárias	+/-
Resistência genética	+
Sementes sadias	-
Época de semeadura	+/-
Tratamento de sementes com fungicidas	si
Manejo químico com fungicidas	+
Controle biológico	si
Adubação nitrogenada	+/-*

(-): ineficaz; (+/-): pouco eficaz; (+): eficaz; (si): sem informação; (*): pode favorecer a doença.

Em 1999, com a identificação da raça fisiológica Ug99 em Uganda, na África, a resistência conferida pelo gene *Sr31* foi superada, causando preocupação quanto à segurança alimentar. Este gene é amplamente utilizado nos programas de melhoramento genético de trigo de todo o mundo, e a raça Ug99 é considerada altamente destrutiva. Devido à uniformidade genética das cultivares de trigo, esta raça espalhou-se rapidamente para outros países do continente africano e

para países do Oriente Médio. No Brasil, Ug99 ainda não foi detectada, assim como nos demais países produtores de trigo do continente americano (Germán et al., 2007; Chaves et al., 2013).

As respostas fenotípicas às diferentes infecções por ferrugem indicam a presença de outros genes de pequeno efeito, *slow rusting genes* (que conferem resposta de progresso lento da doença), e de resistência específica à raça. Há associação de genes *slow rusting* com resistência durável às três ferrugens, incluindo a raça Ug99. Genes *Sr* associados à resistência de planta adulta - RPA para ferrugem do colmo foram identificados no germoplasma mexicano, como o gene *Sr2* que proporciona uma taxa reduzida de progresso da doença, e aparece combinado com outros genes de resistência às outras ferrugens do trigo (Huerta-Espino et al., 2020). A piramidização de genes visando à obtenção de durabilidade da resistência, gerada pela combinação de genes específicos e não específicos à raça com efeitos aditivos para otimizar a resistência, tem sido a estratégia utilizada pelos melhoristas de trigo (Cecon et al., 2020).

O monitoramento da lavoura é fundamental para detectar o aparecimento dos primeiros sintomas ou sinais do patógeno, definir o momento de iniciar o controle químico, e, principalmente, identificar qualquer alteração na reação das cultivares.

No manejo cultural, a aplicação de nitrogênio deve ser realizada de forma

equilibrada, uma vez que o excesso favorece as infecções pelo fungo. Regiões com temperaturas mais elevadas e que utilizam irrigação da lavoura apresentam condições mais favoráveis ao desenvolvimento da doença. Em função disso, o período de molhamento foliar, quando possível, deve ser controlado com a utilização, por exemplo, de irrigação noturna. Utilizando-se cultivares com maturação precoce e evitando-se o plantio tardio, a probabilidade de ocorrências severas da ferrugem do colmo é reduzida. A eliminação de plantas voluntárias de trigo, cevada e triticale é outra medida de controle, uma vez que reduz a permanência de inóculo em plantas hospedeiras na entressafra.

No manejo da doença, deve-se utilizar preferencialmente cultivares com resistência genética ao patógeno. Apesar da ferrugem do colmo não possuir LDE estabelecido, pode ser controlada pela aplicação de fungicidas indicados para a ferrugem da folha (Reunião..., 2020), sendo indicado iniciar a aplicação na detecção dos primeiros sintomas/sinais nos órgãos aéreos.

Ferrugem-estriada

Puccinia striiformis f. sp. *tritici*

O agente causal da ferrugem-estriada, ferrugem-linear ou ferrugem-amarela do trigo é o fungo *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, que tem esta denominação pela coloração amarelo-clara, e distribuição das uredopústulas na folha formando longas estrias lineares, paralelas às nervuras da folha (Figura 15). Temperaturas

mais baixas, de 0 °C a 25 °C, são requeridas para o desenvolvimento da doença, a qual pode ficar restrita a áreas de clima temperado ou de alta altitude na região tropical. Essa condição ambiental favorece a ocorrência antecipada do patógeno durante a estação de cultivo, em comparação às outras duas ferrugens, acarretando maiores danos econômicos (Lau et al., 2011). O período noturno é o mais crítico, pois geralmente associa baixas temperaturas e formação de orvalho, ideal para a germinação dos esporos que necessitam de, no mínimo, três horas de molhamento (Chen, 2005; Thiesen, 2019).



Foto: Flávio Santana

Figura 15. Ferrugem-estriada em plantas de trigo.

A doença é esporádica no Brasil e de ocorrência endêmica no Chile, onde é necessário controle químico para evitar danos graves em cultivares suscetíveis.

Em 2017, a Argentina enfrentou uma das piores epidemias de ferrugem estriada desde a década de 1930. Em casos graves, onde não foi realizado o controle químico, houve perdas médias de produção de 53% a 71%. As epidemias na Argentina eram esporádicas e concentradas em regiões com temperaturas mais baixas, mas nos últimos anos têm ocorrido em regiões mais quentes. Esta ocorrência coloca em risco outras regiões produtoras de trigo, tendo em vista que o patógeno apresenta grande produção de esporos, disseminação inter e intracontinental pelos ventos e capacidade de mudar geneticamente, resultando em novas raças com maior diversidade de virulência (Germán et al., 2007; Mehmood et al., 2020).

No sul do Brasil, até o momento, não ocorreram epidemias pela ferrugem-estriada. É fundamental o monitoramento das lavouras para detecção precoce do patógeno e de qualquer alteração na reação das cultivares. Novas raças adaptadas a temperaturas mais altas são comuns em populações de ferrugem-estriada (Huerta-Espino et al., 2020). Isso pode ter ocorrido na Região Sul do Brasil na safra 2020. A ocorrência em diferentes locais e a incidência em diversas cultivares nesta safra, algumas com alta severidade, gerou um alerta da comunidade científica para os potenciais danos que a ferrugem-estriada pode causar nas cultivares de trigo disponíveis no mercado.

Assim como para as outras ferrugens, o uso de cultivares resistentes

é a medida de controle preferencial (Tabela 8). Também contribui para o aumento da resistência à ferrugem-estriada o uso de cultivares com RPA para ferrugem da folha, devido ao desenvolvimento lento da doença (Germán et al., 2007; Rosa et al., 2019). Outra medida de controle é a eliminação de plantas voluntárias de trigo, triticale e cevada, por reduzir a fonte de inóculo para a nova lavoura. O controle químico com fungicidas é necessário quando são utilizadas cultivares suscetíveis, e quando a resistência genética das cultivares comerciais é superada por raças virulentas do patógeno. As aplicações devem ser realizadas no aparecimento dos primeiros sintomas/sinais.

Tabela 8. Eficácia das práticas de manejo para ferrugem-estriada em trigo.

Prática de Manejo	Eficácia
Rotação de culturas	-
Eliminação de plantas voluntárias	+/-
Resistência genética	+
Sementes saudáveis	-
Época de semeadura	+/-
Tratamento de sementes com fungicidas	si
Manejo químico com fungicidas	+
Controle biológico	si
Adubação nitrogenada	+/-*

(-): ineficaz; (+/-): pouco eficaz; (+): eficaz; (si): sem informação, (*): pode favorecer a doença.

A utilização de medidas integradas de controle de doenças resulta em maior eficiência, estabilidade, economia e menor risco a saúde e ao meio ambiente.

Manejo de manchas foliares em trigo

Flávio Santana

As manchas foliares em trigo são causadas por fungos necrotróficos. As duas de maior ocorrência no Brasil são a mancha-amarela, frequente desde o sul do Rio Grande do Sul ao norte do Paraná e a mancha-marrom, mais frequente do norte do Paraná às regiões tritícolas do Centro-Oeste brasileiro. Menos frequente, de ocorrência em regiões do sul do Brasil, é a mancha da gluma. Esses fungos têm a capacidade de sobrevivência em restos culturais entre uma safra e outra. Conseqüentemente, uma das principais medidas para redução da ocorrência dessas doenças é a rotação de culturas com espécies não hospedeiras. Aveia, canola e cevada são boas opções de rotação. Outras medidas eficazes para o controle dessas doenças são: escolha de cultivares resistentes e aplicação de fungicidas registrados para a cultura do trigo.

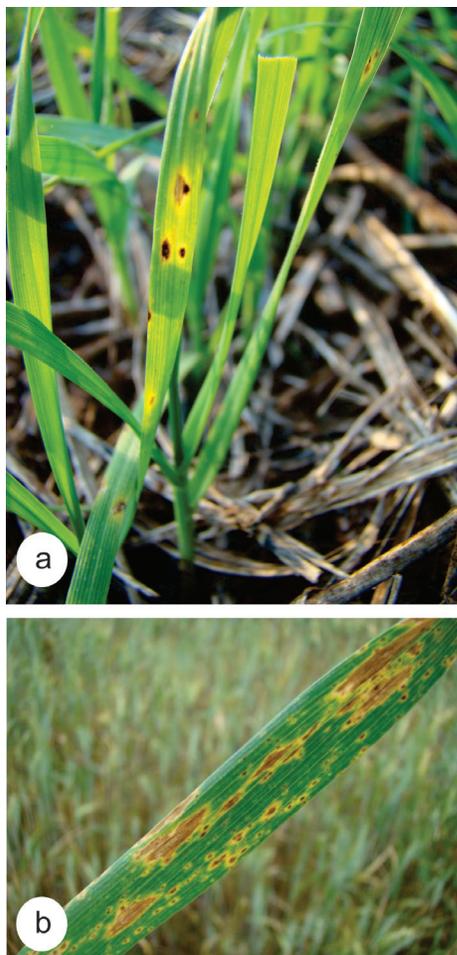
Mancha-amarela

Pyrenophora tritici-repentis
(*Drechslera tritici-repentis*)

A mancha-amarela é a principal mancha foliar em trigo no Brasil. É causada pelo fungo *Pyrenophora tritici-repentis*, que possui uma fase assexuada em seu ciclo de vida denominada *Drechslera tritici-repentis*. O ciclo da doença começa na fase sexuada, onde estruturas do fungo *P. tritici-repentis* sobrevivem nos restos

culturais do trigo. Por meio de respingos de chuva associados a ventos, essas estruturas liberam ascósporos que atingem as primeiras folhas de trigo, causando as infecções primárias da doença. A partir dessa infecção inicial, manchas podem ser observadas nas folhas de trigo ainda jovens (Figura 16A). Essas manchas, inicialmente em pequenos pontos escuros com halos amarelos, tomam formas geralmente elípticas, ao longo das folhas. Novos ciclos da doença são causados pela forma assexuada do patógeno. Esporos de *D. tritici-repentis* são produzidos sobre as primeiras lesões e liberados para infecção de novas folhas, utilizando como veículo principal respingos de chuva associados a ventos. Com isso, se não houver aplicação de fungicidas, novas lesões são formadas e coalescem (Figura 16B) até a necrose total da folha infectada.

A faixa ideal de temperatura para o desenvolvimento da doença está entre 18 °C e 28 °C, sendo necessário ao menos 30 horas de molhamento foliar. A máxima germinação de esporos ocorre a 19 °C. Entretanto, a germinação pode ocorrer em uma ampla faixa de temperatura, o que explica a ocorrência dessa doença em diversos países (Tonin et al., 2014).



Fotos: Flávio Santana

Figura 16. Sintomas de mancha-amarela do trigo, causada por *Pyrenophora tritici-repentis* (A) em plantas jovens (B) coalescência de lesões em folha de planta adulta.

Para o manejo da mancha-amarela (Tabela 9), recomendam-se pelo menos três medidas fundamentais, que devem ser utilizadas, de forma integrada, uso de cultivares resistentes; rotação de culturas com uma cultura de inverno não suscetível a *P. tritici-repentis*, como aveia, nabo ou canola, por exemplo,

e aplicação de fungicidas indicados pela pesquisa nas doses registradas e momentos indicados. Para a escolha das cultivares, pode-se consultar as indicações, estabelecidas pela Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale (<https://www.reuniaodetrigo.com.br/>). Para a escolha dos fungicidas, nesta mesma publicação há indicações para controle das principais doenças do trigo. Independente da escolha do produto, os fungicidas utilizados devem ser registrados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). A consulta de todos os produtos registrados para esse alvo pode ser feita pelo link “consulta aberta” no site do Mapa (<http://agrofit.agricultura.gov.br>).

Tabela 9. Eficácia das práticas de manejo para mancha-amarela em trigo.

Prática de Manejo	Eficácia
Rotação de culturas	+
Resistência genética	+
Sementes sadias	+
Época de semeadura	-
Tratamento de sementes com fungicidas	+/-
População de plantas indicada (não adensada)	+/-
Manejo químico com fungicidas	+
Controle biológico	+/-
Adubação nitrogenada	+/-*

(-): ineficaz; (+/-): pouco eficaz; (+): eficaz; (si): sem informação; (*) pode favorecer se for deficiente.

Mancha-marrom

Cochliobolus sativus

(*Bipolaris sorokiniana*)

A mancha-marrom é causada por *Cochliobolus sativus*, que é mais conhecido pela fase assexuada, denominada *Bipolaris sorokiniana*. É uma doença comum nas regiões tritícolas com temperaturas mais elevadas em relação às médias do sul do Brasil. É comum do norte do Paraná ao Centro-Oeste brasileiro. Os sintomas iniciais são lesões pontuais escuras nas folhas (Figura 17A), que progridem e tomam formato oval alongado, de cor marrom escuro (Figura 17B). Ocorrem também nas bainhas e colmo da planta. Geralmente, as lesões são circundadas por um halo amarelo. O fungo ataca também as espigas, causando escurecimento das glumas, e atinge os grãos, que ficam enrugados e com sintoma de "ponta preta". Em decorrência disso, esse patógeno pode ser transmitido por sementes, tornando-as importante fonte de inóculo primário a longas distâncias, bem como fonte inicial de inóculo para áreas novas onde não haja, até então, a doença. Como consequência da infestação de sementes, o patógeno interfere na germinação e causa podridão em plântulas. Assim, a infecção em planta jovem pode ocorrer de duas formas: pela presença do patógeno nas sementes ou pela presença do patógeno em restos culturais, semelhante ao que ocorre com a mancha-amarela. A temperatura ideal para o desenvolvimento da doença está entre 20 °C e 28 °C, com período de molhamento foliar de pelo menos 15 horas.



Fotos: Flávio Santana

Figura 17. Sintomas de mancha-marrom do trigo, causada por *Bipolaris sorokiniana* (A) em plantas jovens (B) coalescência de lesões em folha de planta adulta.

As medidas de controle indicadas (Tabela 10) são semelhantes às de outros patógenos necrotróficos causadores de manchas foliares, que são a utilização de cultivares com resistência parcial, rotação de culturas e pulverização com fungicidas.

A aplicação de fungicidas é indicada quando a incidência foliar for de 70% ou quando atingir o LA. Adicionalmente, recomenda-se a utilização de sementes sadias ou tratadas, para evitar a transmissão do fungo. Não é indicado o tratamento de sementes em lotes com incidência de *C. sativus* superior a 40%.

Tabela 10. Eficácia das práticas de manejo para mancha-marrom em trigo.

Prática de Manejo	Eficácia
Rotação de culturas	+
Resistência genética	+
Sementes sadias	+
Época de semeadura	-
Tratamento de sementes com fungicidas	+
População de plantas indicada (não adensada)	+/-
Manejo químico com fungicidas	+
Controle biológico	si
Adubação nitrogenada	+/-*

(-): ineficaz; (+/-): pouco eficaz; (+): eficaz; (si): sem informação; (*) pode favorecer se for deficiente.

Mancha da gluma

Phaeosphaeria nodorum
(*Stagonospora nodorum*)

A mancha da gluma é uma doença relativamente pouco presente em lavouras de trigo do Brasil, se comparada com a mancha-amarela e a mancha-marrom. Os sintomas são semelhantes e podem ser confundidos com os da mancha-amarela. As lesões são inicialmente cloróticas e, posteriormente, tomam formas elípticas, que coalescem

e formam áreas necróticas ao longo da folha (Figuras 18A e 18B). A diferença visível entre os sintomas é a formação de picnídios, que são as estruturas onde são formados os esporos do fungo, para as infecções secundárias, entre uma folha e outra. Esses picnídios são visíveis a olho nu e caracterizam-se por serem pequenos pontos escuros ao longo das lesões. Essa doença possui grande importância em países como Austrália e Estados Unidos. No Brasil, as temperaturas durante o ciclo de cultivo do trigo são relativamente elevadas, quando comparadas a países onde a doença é mais importante. No país, o clima favorece mais a ocorrência de mancha-amarela e de mancha-marrom. A semelhança dos sintomas de manchas foliares em trigo não é por acaso. Todos os agentes causais destas doenças pertencem à ordem de fungos denominada Pleosporales. Estes fungos produzem, em sua forma sexuada, esporos denominados ascosporos, além de serem fungos necrotróficos, sobrevivendo em restos culturais.

A mancha da gluma ocorre mais em glumas, brácteas florais e nós das plantas. Ocorre também nas folhas, onde picnídios podem ser observados sobre as lesões. Dos picnídios, após um período de alta umidade, uma massa de esporos é liberada, a qual apresenta um aspecto pastoso e de coloração parda a salmão.

A faixa de temperatura ideal para o desenvolvimento da doença está em torno de 20 °C a 25 °C, sendo necessário um período de molhamento foliar de 12 a 18 horas

para haver infecção. O fungo sobrevive em restos de culturas, podendo permanecer viável por até três anos, constituindo-se em fonte de inóculo de uma safra para outra. Também é transmitido por sementes, sendo que 3% de sementes infectadas são suficientes para causar epidemia. Outro patógeno geralmente associado a essa doença é *Septoria tritici*. Entretanto, no Brasil, sua ocorrência é rara, pois necessita de uma faixa de temperatura entre 10 °C e 20 °C e período de molhamento superior a 24 horas para se desenvolver.

Assim como os demais patógenos necrotróficos, a rotação de culturas (Tabela 11) é importante na redução de inóculo de *S. nodorum*, sendo suficiente um ano sem o cultivo de trigo. Fungicidas dos grupos dos triazois e estrobilurinas são indicados para controle. Entretanto, deve-se evitar o uso de estrobilurinas isoladamente, pois existem relatos de isolados com menor sensibilidade.

Tabela 11. Eficácia das práticas de manejo para mancha da gluma em trigo.

Prática de Manejo	Eficácia
Rotação de culturas	+
Resistência genética	+
Sementes sadias	+
Época de semeadura	-
Tratamento de sementes com fungicidas	+/-
População de plantas indicada (não adensada)	si
Manejo químico com fungicidas	+
Controle biológico	si
Adubação nitrogenada	si

(-): ineficaz; (+/-): pouco eficaz; (+): eficaz; (si): sem informação.



Figura 18. Sintomas de mancha da gluma em trigo, causada por *Phaeosphaeria nodorum*. (A) em plantas jovens (B) coalescência de lesões em folha de planta adulta.

Brusone do trigo

Pyricularia oryzae

João Leodato Nunes Maciel

Pyricularia oryzae Cavara é um fungo que causa a doença conhecida como brusone em plantas de culturas agrícolas, como arroz, trigo, cevada, milho e aveia. No Brasil, além do arroz, a cultura do trigo é severamente afetada por surtos epidêmicos da doença, especialmente nos estados do Mato Grosso do Sul e de São Paulo, no norte do Paraná, além de regiões do Cerrado brasileiro onde se cultiva trigo (Maciel et al., 2019).

Os sintomas da brusone podem aparecer em folhas, colmos e espigas, mas o dano mais significativo e conhecido ocorre nas espigas. Ainda que pouco comuns antes do início do espigamento, os sintomas nas folhas caracterizam-se pela presença de lesões elípticas, de cor branca a marrom-clara, com bordas variando de cinza escuro a marrom avermelhado. A infecção das espigas pode deixá-las brancas a partir do ponto de infecção do patógeno na ráquis (Figura 19A). A infecção nas ráquis interrompe a translocação de fotossintatos para as partes superiores da espiga (Figura 19B), o que determina que os grãos sejam pequenos, enrugados, deformados e com baixo peso hectolítrico (PH). De acordo com a cultivar afetada e as condições climáticas, os sintomas da brusone do trigo variam em severidade, tanto nas folhas quanto nas espigas. Infecções em glumas podem causar o clareamento parcial ou total das mesmas. Sob condições favoráveis, pode

haver a esporulação do fungo no sítio de infecção (Figura 19C).



Figura 19. Sintomas de brusone. A) Espigas brancas em lavouras de trigo causadas por brusone. B) Detalhe do ponto de infecção do fungo com obstrução da passagem de seiva e branqueamento das espigas a partir desse ponto. C) Esporulação acinzentada de *Pyricularia oryzae* em espiga de trigo.

Na lavoura, a condição mais comum em que se observa a ocorrência de

brusone acontece quando ocorre combinação das seguintes circunstâncias: temperatura variando de 24 °C a 28 °C e períodos constantes de chuva, com manutenção de umidade relativa (UR) alta (>90%) por mais de 10 horas.

Pyricularia oryzae é conhecido por sobreviver de uma safra para outra em sementes, em plantas vivas, especialmente em hospedeiros alternativos, e em plantas mortas (palha) na condição de micélio saprófita (Pizolotto, 2019). No entanto, o grau de importância que cada uma dessas alternativas de sobrevivência representa para o desenvolvimento da brusone do trigo no Brasil ainda precisa ser mais bem avaliado e dimensionado. Já se verificou que a concentração de esporos (conídios) de *P. oryzae* no ar, no município de Passo Fundo, RS, é bastante alta ao longo de praticamente todo o ano (Danelli et al., 2019). Baseado nos dados obtidos em Passo Fundo, mesmo que este município não esteja localizado em um local com histórico de ocorrência de epidemias de brusone, presume-se que a disponibilidade de conídios de *P. oryzae* no ar não represente uma restrição para a doença desenvolver-se no país.

No Brasil, desde o primeiro relato da doença, ações de pesquisa buscando gerar cultivares de trigo resistentes à brusone têm sido intensas, mas os resultados desejados ainda não foram alcançados. A grande maioria das cultivares disponibilizadas para os produtores de trigo do país é suscetível ou muito suscetível à doença. Porém,

tem sido observado que cultivares de trigo disponibilizadas comercialmente mais recentemente apresentam nível significativo de resistência à brusone (Reunião, 2018). Entretanto, a ausência de imunidade à doença impede que o controle de brusone, baseado em resistência varietal, seja completamente satisfatório (Tabela 12).

Tabela 12. Eficácia das práticas de manejo para brusone em trigo.

Prática de Manejo	Eficácia
Rotação de culturas	-
Resistência genética	+/-
Sementes sadias	+
Época de semeadura	+
Tratamento de sementes com fungicidas	+
Manejo químico com fungicidas	+/-
Controle biológico	si
Adução nitrogenada	*

(-): ineficaz; (+/-): pouco eficaz; (+): eficaz; (si): sem informação; (*): pode favorecer a doença.

A questão da época de semeadura é um tema que, geralmente, provoca muitas discussões sobre a possibilidade da existência de uma relação direta entre semeaduras precoces e desenvolvimento da brusone do trigo. Devido às significativas variações climáticas que ocorrem no Brasil a cada ano, tal relação torna-se difícil de ser aceita ou estabelecida definitivamente. O que se percebe, entretanto, é que o componente epidemiológico que está mais associado ao desenvolvimento da doença, especialmente durante as grandes epidemias que assolam periodicamente as lavouras

de trigo do país, é a ocorrência de chuvas excessivas, especialmente durante o estágio de espigamento da cultura.

O tratamento de sementes com fungicidas previne a infecção de *P. oryzae* nas plântulas e a morte das mesmas. No Brasil, existem poucos fungicidas registrados no Mapa (2020) para tratamento de sementes de trigo para o controle da brusone. Os ingredientes ativos são os seguintes: iprodiona, fluazinam, difenoconazol, carboxina+tiram. A lista destes produtos não sofreu grandes mudanças desde o surgimento da doença, em meados da década de 1980.

O controle químico de brusone na parte aérea das plantas de trigo baseia-se no princípio de que a espiga deve estar protegida preventivamente à infecção do patógeno. No entanto, se não houver condições favoráveis para a infecção, não é preciso fazer a aplicação do fungicida. Normalmente, é a chuva que forma o molhamento necessário para iniciar a infecção. Vários experimentos de campo determinaram que fungicidas comerciais com mancozebe na sua formulação foram os de maior eficiência para controlar a brusone do trigo na espiga (Cruz et al., 2018). A brusone da folha, cuja ocorrência no sul do Brasil é bem menos comum do que no Cerrado brasileiro, tem demonstrado ser de mais fácil controle por meio da aplicação de fungicidas do que a brusone da espiga. Esta circunstância deve estar associada à maior eficiência que as pulverizações realizadas para controlar a doença apresentam para atingirem o alvo, isto é, a

folha. O uso de fungicidas comerciais contendo na sua formulação as misturas de triazóis e estrobilurinas também tem demonstrado uma boa eficiência relativa para controlar a doença na folha.

Giberela

Gibberella zeae (*Fusarium graminearum*)

Maria Imaculada Pontes Moreira Lima

A giberela ou fusariose é a principal doença de origem fúngica que afeta espigas e grãos de trigo na região sul do Brasil. Causada por *Gibberella zeae* (*Fusarium graminearum*), prejudica o rendimento de grãos, a qualidade tecnológica e a segurança do alimento, sendo esta última devido à presença de micotoxinas (Parry, 1995), substâncias tóxicas produzidas por fungos.

Extremamente influenciada pelo ambiente, condições de temperatura de 20 °C a 25 °C com frequente precipitação pluvial são requeridas para epidemia (Reunião..., 2020). Essa condição climática é comum na região sul nos anos de ocorrência do fenômeno climático El Niño, com temperatura e precipitação pluvial acima da média. Em anos do fenômeno La Niña, estação da primavera mais seca e fria, a giberela não compromete a triticultura regional (Lima, 2004). No período de 2005 a 2015, epidemias de giberela foram registradas em seis anos: 2005 (Lima et al., 2006; Zoldan, 2008), 2007 (Lima et al., 2008), 2008 (Nicolau; Fernandes, 2012; Lima, 2012), 2009 (Torres et al., 2009), 2014 (Lima et al., 2018) e 2015 (Lima et al., 2016).

Os sintomas iniciais são observados nas aristas, que desviam do sentido daquelas de espiguetas não afetadas. Quando este sintoma é visualizado, a infecção pelo fungo ocorreu na espiguetas há pelo menos quatro dias. Posteriormente, aristas e espiguetas adquirem coloração esbranquiçada ou cor de palha (Figura 20). Em cultivares muito suscetíveis, os sintomas progredem para o pedúnculo, que adquire coloração marrom. Nas espigas, também podem ocorrer sintomas similares aos da brusone, com descoloração parcial superior da espiga, a partir do local de infecção na ráquis (Lima, 2004; Lima, 2017). A giberela em trigo induz à produção de grãos chochos, enrugados, de coloração branco-rosada (Parry et al., 1995; Reis et al., 1996), sendo a maioria de cor pardo-clara (Lima, 2017) e o tamanho varia em função do estágio de desenvolvimento em que é afetado (Lima, 2004; Lima, 2017) (Figura 21). Sinais do patógeno poderão ocorrer, de cor laranja na fase assexual (*F. graminearum*) (Figura 20) e com pontuações escuras, ásperas ao tato, na fase sexual (*G. zeae*) (Lima, 2004, Lima, 2011).

A doença pode ocorrer a partir do espigamento (Lima, 2003) até a fase final de enchimento de grãos. Quanto mais cedo ocorrer a doença, maiores serão os danos devido ao abortamento de flores, não havendo, tampouco, a formação de grãos. Na fase final de enchimento de grãos, quando a lavoura é afetada por condições climáticas favoráveis à epidemia de giberela, os sintomas são imperceptíveis e, apesar dos grãos serem de boa qualidade

comercial, poderão estar contaminados por teores elevados de micotoxinas.



Fotos: Maria Imaculada Pontes Moreira Lima

Figura 20. Sintomas de giberela e sinais do patógeno em espiga de trigo.



Foto: Maria Imaculada Pontes Moreira Lima

Figura 21. Grãos de trigo chochos, enrugados e de coloração branco-rosada a pardo-clara devido à infecção por *Gibberella zeae*.

Os prejuízos por giberela decorrem da redução do rendimento de grãos, os quais, quando formados, são leves e eliminados em grande parte, juntamente com a palha, na colheita. Além do rendimento, a ocorrência de giberela prejudica a qualidade tecnológica do trigo e de seus derivados.

A legislação brasileira estabelece redução gradativa dos limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas como deoxinivalenol (DON), zearalenona (ZEA) e nivalenol (NIV) desde 2011 (Brasil, 2011), com teores especificados de acordo com a categoria do alimento, como grãos, farinhas integrais e branca, bolachas, entre outros. A Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) n° 138, de 8 de fevereiro de 2017, altera a RDC n° 7, de 18 de fevereiro de 2011, sobre LMT (Brasil, 2017). De acordo com a RDC 138, que começou a vigorar em 1° de janeiro de 2019, o LMT de DON para trigo é de 1.000 microgramas/quilograma ($\mu\text{g}/\text{kg}$) para trigo integral, trigo para quibe, farinha de trigo integral e farelo de trigo, e de 750 $\mu\text{g}/\text{kg}$ o LMT para farinha de trigo, massas, crackers, biscoitos de água e sal e produtos de panificação.

Atualmente, há cultivares de trigo apenas com resistência parcial e as medidas de controle não são 100% eficazes (Reunião..., 2020). Logo, a integração de práticas de manejo (Tabela 13) é necessária para minimizar os prejuízos quantitativos e/ou qualitativos causados por giberela. No campo, a prevenção da contaminação por micotoxinas deve ser com a semeadura de cultivares mais

resistentes, associada com a pulverização de fungicidas mais eficazes e no momento correto. O agricultor também pode associar o escalonamento de semeadura e/ou a semeadura de cultivares com ciclos distintos com relação ao espigamento (Lima et al., 2002). Entretanto, mesmo com a adoção destas estratégias, em anos com condições meteorológicas favoráveis à ocorrência de giberela, nem sempre é possível evitar a contaminação por micotoxinas. Assim, é necessário adotar estratégias complementares para minimizar esta contaminação na fase de pós-colheita (Tibola, 2020).

Tabela 13. Eficácia das práticas de manejo para giberela em lavoura e no beneficiamento de grãos de trigo.

Prática de Manejo	Eficácia
Rotação de culturas	-
Resistência genética	+/-
Época de semeadura	+/-
Tratamento de sementes com fungicidas	-
Manejo químico com fungicidas	+/-
Beneficiamento	+/-

(-): ineficaz; (+/-): pouco eficaz.

Referências

AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos**

Fitossanitários. Disponível em: <http://agrofite.agricultura.gov.br>. Acesso em: 22 jun. 2020.

AKHTAR, M. A.; ASLAM, M. Bacterial stripe of wheat in Pakistan. **Rachis**, v. 4, n.2, p. 49, 1985.

BAMBERG, R.H. Black chaff disease of wheat. **Journal of Agricultural Research**, v. 52, p. 397-417, 1936.

BARBIERI, R. L.; CARVALHO, F. I. F. de; BARBOSA-NETO, J. F.; CAETANO, V. da R.; MARCHIORO, V. S.; AZEVEDO, R. de; LORENCETTI, C. Análise dialéctica para tolerância ao vírus do nanismo-amarelo-da-cevada em cultivares brasileiras de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 1, p. 131-135, 2001. DOI 10.1590/S0100-204X2001000100016.

BRADBURY, J. F. **Guide to plant pathogenic bacteria.** CAB International, Wallingford, UK. p. 332, 1986.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. (Brasil). Resolução nº. 138, de 8 de fevereiro de 2017. Dispõe sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos, para alterar os LMT da micotoxina deoxivalenol (DON) em trigo e produtos de trigo prontos para oferta ao consumidor e os prazos para sua aplicação. **Diário Oficial da União**, seção 1, n. 29, p. 45, 9 fev. 2017. Disponível em: <https://www.diariodasleis.com.br/legislacao/federal/235376-limites-muximos-tolerados-lmt-para-micotoxinas-em-alimentos-altera-a-resoluuuu-da-diretoria-colegiada-rdc-nu-7-de-18-de-fevereiro-de-2011-que-dispue-sobre-limites-muximos.html>. Acesso em: 11 dez. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. (Brasil). Resolução nº. 7, de 18 de fevereiro de 2011. Estabelece os limites máximos para aflatoxinas (AFB1+AFB2+AFG1+AFG2 e AFM1), ocratoxina A (OTA), desoxivalenol (DON), fumonisinas (FB1 + FB2), patulina (PAT) e zearalenona (ZON) admissíveis em alimentos prontos para oferta ao consumidor e em matérias-primas. **Diário Oficial da União**, seção 1, n. 46, p. 66-67, 9 mar. 2011. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2011/res0007_18_02_2011_rep.html. Acesso em: 11 dez. 2020.

CABI databases. **Species fungorum.** 2020. Disponível em: <http://www.indexfungorum.org>. Acesso em: 22 jun. 2020.

CABI, 2020b. *Blumeria graminis* (powdery mildew of grasses and cereals). In: Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International. www.cabi.org/isc. Disponível em: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/22075>. Acesso em: 23 jun. 2020.

CAETANO, V. da R. Mosaico do trigo transmitido pelo solo '*Wheat Soilborne Mosaic Virus*' Tobamovirus. In: OSÓRIO, E.A. **Trigo no Brasil.**

Campinas: Fundação Cargill, 1982. v. 2, p. 563-570.

CAETANO, V. da R. Nota prévia sobre a ocorrência de uma virose em cereais de inverno no Rio Grande do Sul. **Revista da Sociedade Brasileira de Fitopatologia**, v.2, n.2, p.53-66, 1968.

CAETANO, V. da R.; KITAJIMA, E.W.; COSTA, A.S. Ocorrência e estudos electrono-microscópicos do vírus do mosaico do trigo, transmitido pelo solo, no estado do Rio Grande do Sul. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.3, n. 1, p. 39–46, 1978.

CECCON, C. C.; CASASSOLA, A.; BRAMMER, S. P. Aspectos fitopatológicos, genéticos e moleculares na resistência genética à ferrugem-da-folha em trigo. Documentos Online, 188. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2020. 26p. Disponível em: Doc188-online-Sandra-Brammer.pdf (embrapa.br). Acesso em: 17 set. 2020.

CEZARE, D. G.; SCHONS, J.; LAU, D. Análise da resistência e da tolerância da cultivar de trigo BRS Timbaúva ao *Barley yellow dwarf virus* – PAV. **Tropical Plant Pathology**, v. 36, n. 4, p. 249-255, 2011. DOI 10.1590/S1982-56762011000400006.

CHAVES, M. S.; BARCELLOS, A. L. Especialização Fisiológica de *Puccinia triticina* no Brasil em 2002. **Fitopatologia Brasileira**, v.31, n.1, p. 57-62, 2006. DOI 10.1590/S0100-41582006000100010

CHAVES, M. S.; MARTINELLI, J. A.; WESP-GUTERRES, C.; GRAICHEN, F. A. S.; BRAMMER, S. P.; SCAGLIUSI, S. M.; SILVA, P. R.; WIETHÖLTER, P.; TORRES, G. A. M.; LAU, E. Y.; CONSOLI, L.; CHAVES, A. L. S. The importance for food security of maintaining rust resistance in wheat. **Food Security**, v.5, p.157-176, 2013. DOI 10.1007/s12571-013-0248-x.

CHEN, X. M. Epidemiology and control of stripe rust [*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*] on wheat. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 27, n. 3, p. 314-337, 2005. DOI 10.1080/07060660509507230.

COOK, R.J.; THOMASHOW, L.S.; WELLER, D.M.; FUJIMOTO, D.; MAZZOLA, M.; BANGERA, G.; KIM, D. Molecular mechanisms of defense by rhizobacteria against root disease. **Proceedings of the National Academy of Sciences of**

the United States of America, v. 92, n. 10, p. 4197–4201, 1995. DOI 10.1073/pnas.92.10.4197

COSTAMILAN, L. M.; FELÍCIO, J. C.; DALLA NORA, T.; SCHEEREN, P. L.; FEKSA, H. R.; MACIEL, J. L. N. Efetividade de genes *Pm* de trigo a oídio, em 2006. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 40., 2007, Maringá. Resumos... Brasília: Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 2007. p. 145, resumo 0179 - Fitopatologia Brasileira, v. 32 - Suplemento, agosto. (Resumo)

COSTAMILAN, L. M.; LINHARES, W. I. Efetividade de genes de resistência de trigo a oídio. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.27, n.6, p.621-625. 2002. DOI 10.1590/S0100-41582002000600011

COSTAMILAN, L. M.; SCHEEREN, P. L.; CAIERAO, E.; CASTRO, R. L. de. Oídio de trigo: avaliação histórica de linhagens do programa de melhoramento da Embrapa em 2019. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2019. 35 p. (Embrapa Trigo. Circular técnica online, 48). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/215105/1/CirTec48-Leila-Costamilan.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2020.

CRUZ, C.D.; SANTANA, F.M.; TODD, T.C.; MACIEL, J.L.N.; KIYUNA, J.; BALDELOMAR, D.F.; CRUZ, A.P.; LAU, D.; SEIXAS, C.S.; GOULART, A.C.P.; SUSSEL, A.A.; SCHIPANSKI, C.A.; CHAGAS, D.F.; COELHO, M.; MONTECELLI, T.D.N.; UTIAMADA, C.; CUSTÓDIO, A.P.; RIVADENEIRA, M.G.; BOCKUS, W.W.; VALENT, B. Multi-environment assessment of fungicide performance for managing wheat head blast (WHB) in Brazil and Bolivia. **Tropical Plant Pathology**, v. 44, p.183-191, 2019. DOI 10.1007/s40858-018-0262-9.

CUNFER, B. M. Bacterial and fungal blights of foliage and head of wheat. In: HEINES, E. G. Wheat and wheat improvement. 2 ed. Madison: ASA WI, 1987. 528-541.

CUNFER, B. M. Powdery mildew. In: Curtis, B.C., Rajaram, S. & Macpherson, H. G. **Bread wheat** – Improvement and production. Roma, FAO Plant Production and Protection Series No. 30. 2002. Disponível em <http://www.fao.org/3/Y4011E/y4011e0l.htm#bm21>. Acesso em: 29 jun. 2020.

DANELLI, A.L.D.; FERNANDES, J.M.C.; MACIEL, J.L.N.; BOARETTO, C.; FORCELINI, C. A. Monitoring *Pyricularia* sp. airborne inoculum in

- Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brazil. **Summa Phytopathologica**, v. 45, n. 4, p. 361-367, 2019. DOI 10.1590/0100-5405/178086.
- DEBONA, D.; FAVERA, D. D.; CORTE, G. D.; DOMINGUES, L. S.; BALARDIN, R. S. Controle químico da ferrugem da folha em cultivares de trigo submetidas a diferentes níveis de adubação nitrogenada. **Revista da FZVA**. Uruguaiana, v. 16, n.1, p. 52-65, 2009.
- DUVEILLER, E. A pictorial series of disease assessment keys for bacterial leaf streak of cereals. **Plant Disease**, v.78, p.137-141, 1994. DOI 10.1094/PD-78-0137
- DUVEILLER, E.; L. FUCIKOVSKY; K. RUDOLPH, eds. The bacterial diseases of wheat: concepts and methods of disease management. Mexico, D.F.: CIMMYT, 1997.
- DUVEILLER, E.; MARAITE, H. Study on yield loss due to *Xanthomonas campestris* pv. *undulosa* in wheat under high rainfall temperate conditions. **Journal of Plant Diseases and Protection**, Louvain, v.100, n.5, p. 453-459, 1993.
- EMBRAPA. Laboratório de Agrometeorologia Embrapa Trigo. Informações meteorológicas. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/app/principal/agromet.php?ano=2019>. Acesso em: 29 jun. 2020.
- FINGER, G.; HECKLER, L. I.; SILVA, G. B. P.; CHAVES, M. S.; MARTINELLI, J. A. Mecanismos de defesa do trigo contra a ferrugem da folha por genes e proteínas. **Summa Phytopathologica**, v.43, n.4, p.354-358, 2017.
- FREEMAN, J.; WARD, E. *Gaeumannomyces graminis*, the take-all fungus and its relatives. **Molecular Plant Pathology**, v. 5, n. 4, p.235-252, 2004. DOI 10.1111/j.1364-3703.2004.00226.x
- GERMÁN, S.; BARCELLOS, A.; CHAVES, M.; KOHLI, M.; CAMPOS, P.; VIEDMA, L. The situation of common wheat rusts in the Southern Cone of America and perspectives for control. **Australian Journal of Agricultural Research**, 2007, v.58, n. 6, p. 620-630, 2007. DOI 10.1071/AR06149.
- HUERTA-ESPINO, J.; SINGH, R.; CRESPO-HERRERA, L. A.; VILLASEÑOR-MIR, H. E.; RODRIGUEZ-GARCIA, M. F.; DREISIGACKER, S.; BARCENAS-SANTANA, D.; LAGUDAH, E. Adult plant slow rusting genes confer high levels of resistance to rusts in bread wheat cultivars from Mexico. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, n.824, 2020. DOI 10.3389/fpls.2020.00824.
- JIA, M.; XU, H.; LIU, C.; MAO, R.; LI, H.; LIU, J.; DU, W.; WANG, W.; ZHANG, X.; HAN, R.; WANG, X.; WU, L.; LIANG, X.; SONG, J.; HE, H.; MA, P. Characterization of the powdery mildew resistance gene in the elite wheat cultivar Jimai 23 and its application in marker-assisted selection. **Frontiers in Genetics**, v. 11, n. 241, 2020. DOI 10.3389/fgene.2020.00241.
- KOLMER, J. A. Virulence of *Puccinia triticina*, the Wheat Leaf Rust Fungus, in the United States in 2017. **Plant Disease**, v. 103, n. 8, p. 2113-2120, 2019. DOI 10.1094/PDIS-09-18-1638-SR.
- LAU, D.; CASTRO, R. L. de. Reação ao mosaico-comum de cultivares de trigo do ensaio estadual do Rio Grande do Sul, em 2019. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2020. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico online, 373). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/214658/1/ComTec373-Douglas-Lau.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2020
- LAU, D.; PEREIRA, P. R. V. da S.; CASTRO, R. L. de. Reação ao BYDV-PAV de cultivares de trigo do ensaio estadual do Rio Grande do Sul, em 2019. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2020. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico online, 372). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/214657/1/ComTec372-Douglas-Lau.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2020
- LAU, D.; PEREIRA, P. R. V. da S.; CASTRO, R. L. de; PEREIRA, F. S. Ensaio estadual de cultivares de trigo do Rio Grande do Sul 2017 - reação ao mosaico comum. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 12., 2018, Passo Fundo. Ata e Resumos... Passo Fundo: Projeto Passo Fundo, 2019. Melhoramento, Aptidão Industrial e Sementes, p. 502-506. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/200392/1/ID44646-2019RCBPTT2AtasResumos2018p502.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2020
- LAU, D.; PEREIRA, P. R. V. da S.; CASTRO, R. L. de; STEMPKOWSKI, L. A. Ensaio estadual de cultivares de trigo do Rio Grande do Sul 2018 - reação ao mosaico-comum. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 13., 2019, Passo Fundo. Ata e Resumos... Passo Fundo: Projeto Passo Fundo, 2020. p. 302-306. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/>

item/213772/1/Atas-e-resumos-13-RCBTT-Reunia771o-de-Trigo-e-Triticale-2019-p302.pdf. Acesso em: 17 dez. 2020

LAU, D.; SANTANA, F. M.; MACIEL, J. L. N.; FERNANDES, J. M. C.; COSTAMILAN, L. M.; CHAVES, M. S.; LIMA, M. I. P. M. Doenças de trigo no Brasil. In: Pires, J. L. F.; Vargas, L.; Cunha, G. R. da. **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. 488 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/128300/1/2011-LVtrigonobrasil-cap12.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2020

LEE, J. H.; GRAYBOSCH, R. A.; PETERSON, C. J. Quality and biochemical effects of a 1BL/1RS wheat-rye translocation in wheat. **Theoretical and Applied Genetics**, v.90, p. 105–112, 1995. DOI 10.1007/BF00221002.

LELLIOT, R.A; BILLING, E.; HAWARD, A. C. A Determinative scheme for the fluorescent plant pathogenic pseudomonads. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 29, p. 470-489, 1966. DOI: 10.1111/j.1365-2672.1966.tb03499.x

LI, G. Q.; COWGER, C.; WANG, X. W.; CARVER, B. F.; XU, X. Y. Characterization of *Pm65*, a new powdery mildew resistance gene on chromosome 2AL of a facultative wheat cultivar. **Theoretical and Applied Genetics**, v.132, n.9, p.2625–2632, 2019. DOI 10.1007/s00122-019-03377-2.

LIMA, M. I. P. M. Avaliação de cultivares de trigo à giberela. 2012, 113 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, 2012.

LIMA, M. I. P. M. Estádios de suscetibilidade de espigas de trigo à giberela. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. S296-S297, 2003. Suplemento.

LIMA, M. I. P. M. Giberela ou brusone? Orientações para a identificação correta dessas enfermidades em trigo e em cevada. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. 56 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos online, 40). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/849828>. Acesso em: 27 jul. 2020.

LIMA, M. I. P. M.; FERNANDES, J. M. C.; PICININI, E. C. Escalonamento da época de semeadura de trigo e uso de cultivares de ciclos reprodutivos diferentes como medida de controle

de giberela. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. 5 p. html (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico Online, 92). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co92.htm. Acesso em: 27 jul. 2020.

LIMA, M. I. P. M.; SÓ E SILVA, M.; CAIERÃO, E.; SCHEEREN, P. L.; NASCIMENTO JUNIOR, A. do. Avaliação de giberela em genótipos de trigo do ensaio estadual de cultivares, na região do planalto médio do Rio Grande do Sul, em 2007. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 6 p. html. (Embrapa Trigo. Comunicado técnico online, 238). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/co/p_co238.htm. Acesso em: 27 jul. 2020.

LIMA, M. I. P. M.; SÓ E SILVA, M.; CAIERÃO, E.; SCHEREEN, P. L.; DEL DUCA, L. de J. A.; NASCIMENTO JÚNIOR, A. do; PIRES, J. L. Avaliação de giberela em genótipos de trigo do Ensaio Estadual de Cultivares, na região de Passo Fundo, em 2005. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 7 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos online, 66). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do66.htm. Acesso em: 27 jul. 2020.

LIMA, M. I. P. M.; SÓ E SILVA, M.; SCHEEREN, P. L.; M.; CASTRO, R. L. de; CAIERAO, E.; FÁVERO, L. Avaliação de giberela no ensaio estadual de cultivares de trigo, na região do planalto médio do Rio Grande do Sul, em 2014. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2018. 15 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos online, 180). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1117555/1/Doc180ImaculadaCompleto.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2020.

LIMA, M. I. P. M.; TIBOLA, C. S.; SÓ E SILVA, M.; CASTRO, R. L. de; SCHEEREN, P. L.; CAIERAO, E.; STEFANELLO, S.; FÁVERO, L. Comportamento de cultivares de trigo do ensaio estadual, quanto à giberela em 2015. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 10., 2016, Londrina. Anais... Londrina: Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 2016.

LIMA, M. I. P. M.; TIBOLA, C. S.; SILVA, M. P. da. Quantificação de giberela na pré-colheita e em etapas do beneficiamento de sementes de trigo. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 8.; SEMINÁRIO TÉCNICO DO TRIGO, 9., 2014, Canela; REUNIÃO DA COMISSÃO

- BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 9.; SEMINÁRIO TÉCNICO DO TRIGO, 10., 2015, Passo Fundo. Anais... Passo Fundo: Biotrigo Genética: Embrapa Trigo, 2015. 2014-Fitopatologia-Trabalho 67. 1 CD-ROM. Acesso: 27 julho 2020.
- LIMA, M.I.P.M. Identificação prática de giberela em trigo. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2017. 14 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos online, 176). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1087551/identificacao-pratica-de-giberela-em-trigo>. Acesso em: 27 jul. 2020.
- LINDOW, S.E; ARNY, D. C; UPPER, C. D. Distribution of ice-nucleation-active bacteria on plants in nature. **Applied Environmental Microbiology**, v.36, n.6, p. 831-838, 1978. DOI:10.1128/AEM.36.6.831-838.1978
- LUZ, W. C. da. Bacterioses. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Trigo no Brasil**. Campinas, 1982. v. 2. p. 583-587
- LUZ, W. C. da; FERNANDES, J. M. Estria bacteriana do trigo e da cevada. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, [1988]. 1 folder.
- LUZZARDI, G. C.; DOUGLAS, R.A.; PIEROBOM, C.R.; LUZ, W.C. Occurrence of *Xanthomonas campestris* pv. *undulosa* in wheat in Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 8, n. 2, p. 381-386, 1983.
- MACIEL, J.L.N.; KOVALESKI, M.; SILVA, A.N. Dependente de umidade. **Cultivar**, n. 239, p. 10-14, 2019.
- MAR, T. B.; LAU, D.; SCHONS, J.; YAMAZAKI-LAU, E.; NHANI JR., A. Molecular identification based on coat protein sequences of the Barley yellow dwarf virus from Brazil. **Scientia Agricola**, v70, n.6, p.428-434, 2013. DOI doi.org/10.1590/S0103-90162013000600008
- MARAITE, H.; BRAGARD, C.; DUVEILLER, E. The Status of Resistance to Bacterial Diseases of Wheat. In: BUCK, H.T.; NISI J.E.; SALOMÓN N. Wheat Production in Stressed Environments. *Developments in Plant Breeding*, vol 12. Springer, v. 12, p. 37-49, 2007. DOI 10.1007/1-4020-5497-1_4
- MARTINELLI, J. A. Oídio de cereais. In: STADNIK, M. J.; RIVERA, M. C. (Org.). **Oídios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p.195-216. 2001.
- MCINTOSH, R. A.; DUBCOVSKY, J.; ROGERS, W. J.; XIA, X. C.; RAUPP, W. J. V. Catalogue of gene symbols for wheat: 2019 supplement. **Annual Wheat Newsletter**, v.65, 98–113, 2019. Disponível em: <https://wheat.pw.usda.gov/GG3/sites/default/files/Catalogue%20of%20Gene%20Symbols%20for%20Wheat%20-%20supplement2019.pdf>. Acesso em: 02 jul. 2020.
- MEHMOOD, S.; SAJID, M.; ZHAO, J.; HUANG, L.; KANG, Z. Alternate hosts of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* and their role. **Pathogens**, v.9, n.6, p.434, 2020. DOI 10.3390/pathogens9060434
- MEHTA, Y. R. Doenças do trigo e seu controle. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda., 1978; 190p.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Agrofit**. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 10 jul 2020.
- MOHAN, S.K.; MEHTA, Y. R. Estudos sobre *Xanthomonas campestris* pv. *undulosa* em trigo e triticales no estado do Paraná. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.10, p.447-453, 1985.
- NATIONAL BIORESOURCE PROJECT – Komugi Wheat genetic resources database. Disponível em: <https://shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/symbolListSortAction.do?sortBy=symbolName>. Acesso em: 21 abr. 2020.
- NICOLAU, M.; FERNANDES, J. M. C. A predictive model for daily inoculum levels of *Gibberella zeae* in Passo Fundo, Brazil. *International Journal of Agronomy*, v. 2012, 7 p, 2012. DOI 10.1155/2012/795162
- NILSSON, H. E.; SMITH, J.D. Take-all of grasses. In: ASHER M. J. C; SHIPTON, P. J. **Biology and Control of Take-all**. New York: Academic Press, 1981. p 433 – 448.
- OTTA, J.D. *Pseudomonas syringae* incites a leaf necrosis on spring and winter wheats in South Dakota. **Plant Disease Report**, v. 58, p.1061-1064, 1974.
- PARIZOTO, G.; REBONATTO, A.; SCHONS, J.; LAU, D. Barley yellow dwarf virus-PAV in Brazil: seasonal fluctuation and biological characteristics. **Tropical Plant Pathology**, v. 38, n. 1, p. 11-19, 2013. DOI 10.1590/S1982-56762013000100002.
- PARRY, D. W.; JENKINSON, P.; McLEOD, L. Fusarium ear blight (scab) in small grain cereals

- a review. **Plant Pathology**, v. 44, p. 207-238, 1995. DOI 10.1111/j.1365-3059.1995.tb02773.x

PEREIRA, P. R. V. da S.; LAU, D.; MARSARO JÚNIOR, A. L. Considerações sobre o manejo do complexo afídeos / viroses em trigo. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 10., 2016, Londrina. Anais... Londrina: Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 2016. 5 p. 1 CD-ROM.

PIZOLOTTO, C.A. Aspectos epidemiológicos e manejo integrado do brusone do trigo. Tese de doutorado, UPF, Passo Fundo, RS, 2019. 167 f.

REBONATTO, A.; SALVADORI, J. R.; LAU, D. Temporal changes in cereal aphids (Hemiptera: Aphididae) populations in northern Rio Grande do Sul, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 7, n. 1, p. 71-78; 2015. DOI 10.5539/jas.v7n10p71

REIS, E. M.; BASSO, D. F.; ZANATTA, M. Loss of sensitivity of *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* to triadimenol applied as seed treatment. **Tropical Plant Pathology**, v. 38, n. 1, p. 55-57, 2013. DOI 10.1590/S1982-56762013000100008.

REIS, E. M.; BLUM, M. M. C.; CASA, R. T.; MEDEIROS, C. A. Grain losses caused by the infection of wheat heads by *Gibberella zeae* in southern Brazil, from 1984 to 1994. **Summa Phytopathologica**, v. 22, n. 2, p. 134-137, 1996.

REIS, E. M.; CASA, R. T. Doenças do trigo. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de Fitopatologia**. 4a. ed. São Paulo: Ceres, v.2, p.633. 2005.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; HOFFMANN, L. L. Efeito do oídio, causado por *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*, sobre o rendimento de grãos de trigo. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, p.492-495, 1997.

REIS, E. M.; ZANATTA, M.; REIS, A. C. Controle de doenças: Trigo – Safra 2019. 2. ed. – Passo Fundo: Berthier, 2019.

REIS, E.M.; CASA, R.T. Doenças do trigo. In: KIMATI, H. et al. (org.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v.2, p.631-638.

REIS, E.M.; COOK, R.J.; MCNEAL, B.L. Elevated pH and reduced nutrient availability as factors

contributing to take-all of wheat upon soil liming. **Phytopathology**, v. 73, n. 3, p. 411-413, 1983.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE (12.: 2018 : Passo Fundo, RS). Informações técnicas para trigo e triticale - safra 2019 / XII Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale: Brasília, DF: Embrapa, 2018. 240 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/196239/1/ID44570-2018InfTecTrigoTriticale2019.pdf>. Acesso em 25 jun. 2020.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE (13.: 2020: Passo Fundo, RS). Informações técnicas para trigo e triticale – safra 2020/Paulo Kuhnem...[et al.]; Biotrigo Genética – Passo Fundo: Biotrigo Genética, 2020. 255 p. Disponível em: <https://www.conferenabr.com/conteudo/arquivo/informacoestecnicasparatrigoetricalesafra2020-1592946148.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2020.

ROMEIRO, R. S. Bactérias fitopatogênicas. Viçosa: UFV. 2005. 417 p.

ROSA, S. B.; ZANELLA, C. M.; HIEBERT, C. W.; BRÛLÉ-BABEL, A. L.; RANDHAWA, H. S.; SHORTER, S.; BOYD, L. A.; MCCALLUM, B. D. Genetic characterization of leaf and stripe rust resistance in the Brazilian wheat cultivar Toropi. **Phytopathology**, v.109, n.10, p. 1760-1768, 2019. DOI 10.1094/PHYTO-05-19-0159-R.

SALGADO, J. D.; PAUL, P. A. Powdery mildew of wheat. Ohio State University Extension. 2016. Disponível em: <https://ohioline.osu.edu/factsheet/plpath-cer-11>. Acesso em: 15 jul. 2020.

SALVADORI, J.R.; SALLES, L.A.B. de. Controle biológico dos pulgões do trigo. In: PARRA, J.R.P. BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA; B. S.; BENTO, J. M. S. **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p. 427-447.

SCHAAD, N.W.; FORSTER, R.L. A semi-selective agar medium for isolating *Xanthomonas campestris* pv. *translucens* from wheat seeds. **Phytopathology**, v.75, p.260-263, 1985.

SCOTT, P.R. Variation in host susceptibility. In: ASHER M. J. C; SHIPTON, P. J. **Biology and Control of Take-all**. New York: Academic Press, 1981. p. 219-236.

- SHANE, W.W.; BAUMER, J.S. Population dynamics of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* on spring wheat. **Phytopathology**, v.77, p. 1399-1405, 1987. DOI: 10.1094/Phyto-77-1399.
- STEMPKOWSKI, L. A. Práticas culturais no manejo do mosaico-comum do trigo no Brasil. 2019. 122 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias.
- STEMPKOWSKI, L. A.; PEREIRA, F. S.; VALENTE, J. B.; FARIAS, M.; LAU, D.; DALMAGO, G. A.; SANTI, A.; MAR, T. B.; KUHNEM, P.; CASA, R. T.; BOGO, A.; SILVA, F. N. da Management of wheat stripe mosaic virus by crop rotation. **European Journal of Plant Pathology**, v.158, n. 2, p. 349-361, 2020. DOI 10.1007/s10658-020-02077-8.
- SUMMERS, R. W.; BROWN, J. K. M. Constraints on breeding for disease resistance in commercially competitive wheat cultivars. **Plant Pathology**, v. 62, p.115–121, 2013. DOI 10.1111/ppa.12165.
- SUN, F.; HE, L. Studies on determinative techniques for resistance of wheat to black chaff (*Xanthomonas translucens* f. sp. *undulosa*). **Acta Phytophylacica Sinica**, v. 13, p.109-115, 1986.
- THIESEN, B. Modelo Agrometeorológico para previsão da ferrugem da folha do trigo. 2019. Universidade Federal da Fronteira Sul. 2019. 63 f. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/3473/1/THIESEN.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2020.
- TIBOLA, C. S. Métodos físicos de processamento de grãos de trigo e distribuição de micotoxinas em produtos e derivados In: TIBOLA, C. S.; FERNANDES, J. M. C. (Editores). Micotoxinas no trigo: estratégias de manejo para minimizar a contaminação. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2020. cap. 6, p. (no prelo).
- TIMMER, L.W., MAROIS, J.J.; ACHOR, D. Growth and survival of xanthomonads under conditions nonconductive to disease development. **Phytopathology**, v.77, n.9, p.1341-1345, 1987.
- TONIN, R.B.; RANZI, C.; CAMERA, J.N.; FORCELINI, C.A.; REIS, E.M. Amplitude térmica para germinação de conídios de *Drechslera tritici-repentis*. **Summa Phytopathologica**, v.40, n.2, p.174-177, 2014.
- TORRES, G. A. M.; SANTANA, F. M.; FERNANDES, J. M. C.; SÓ E SILVA, M. Doenças da espiga causam perda de rendimento em trigo nos estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul, em 2009. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 10 p. html. (Embrapa Trigo. Comunicado técnico online, 255). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/co/p_co255.htm. Acesso em: 15 jul. 2020.
- VALENCIA-BOTÍN, A. J.; CISNEROS-LÓPEZ, M. E. A review of the studies and interactions of *Pseudomonas syringae* pathovars on wheat. **International Journal of Agronomy**, v. 2012, article ID 692350, 2012. DOI 10.1155/2012/692350.
- VALENTE, J. B.; PEREIRA, F. S.; STEMPKOWSKI, L. A.; FARIAS, M.; KUHNEM, P.; LAU, D.; FAJARDO, T. V. M.; NHANI JUNIOR, A.; CASA, R. T.; BOGO, A.; SILVA, F. N. da. A novel putative member of the family Benyviridae is associated with soilborne wheat mosaic disease in Brazil. **Plant Pathology**, v. 68, n. 3, p. 588-600, 2019. DOI 10.1111/ppa.12970
- WILKIE, J.P. Basal glume rot of wheat in New Zealand. N. Z. **Journal of Agricultural Research**, v.16, p. 155-160, 1973.
- ZADOKS, J. C.; CHANG, T. T.; KONZAK, C. F. A decimal code for the growth stages of cereals. **Weed Research**, Oxford, v. 14, n. 6, p. 415-421, 1974.
- ZOLDAN, S. M. Regiões de risco, caracterização da antese em cereais de inverno e sistema de alerta para a giberela, em trigo. 2008. 196 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo.

Exemplares desta edição
podem ser adquiridos na:

Embrapa Trigo

Rodovia BR 285, km 294
Caixa Postal 3081
99050-970 Passo Fundo, RS
Telefone: (54) 3316-5800
Fax: (54) 3316-5802
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição

Publicação digital - PDF (2020)

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Trigo

Presidente

Gilberto Rocca da Cunha

Vice-Presidente

Luiz Eichelberger

Secretária

Marialba Osorski dos Santos

Membros

*Alberto Luiz Marsaro Júnior, Alfredo do
Nascimento Junior, Ana Lídia Variani Bonato,
Elene Yamazaki Lau, Fabiano Daniel De Bona,
Gisele Abigail Montan Torres, Maria Imaculada
Pontes Moreira Lima*

Normalização bibliográfica

Rochelle Martins Alvorcem (CRB 10/1810)

Tratamento das ilustrações

Márcia Barrocas Moreira Pimentel

Editoração eletrônica

Márcia Barrocas Moreira Pimentel

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Fotos da capa

*Douglas Lau, Leila Maria Costamilan, Sandra
Patussi Brammer, Flávio Martins Santana*



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

