

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**INFLUÊNCIA DE CULTIVARES, DO AMBIENTE E  
FUNGICIDAS NA EXPANSÃO DE LESÃO DA  
MANCHA-AMARELA DO TRIGO**

**CAMILA RANZI**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração em Fitopatologia.

Passo Fundo, março de 2012

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**INFLUÊNCIA DE CULTIVARES, DO AMBIENTE E DE  
FUNGICIDAS NA EXPANSÃO DE LESÃO DA MANCHA-  
AMARELA DO TRIGO**

**CAMILA RANZI**

**Orientador: Prof. Ph.D. Carlos Alberto Forcelini**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração em Fitopatologia.

Passo Fundo, março de 2012

*“Quando amamos e acreditamos do fundo de nossa alma, em algo, nos sentimos mais fortes que o mundo, e somos tomados de uma serenidade que vem da certeza de que nada poderá vencer a nossa fé. Essa força estranha faz com que sempre tomemos a decisão certa, na hora exata e quando atingimos nossos objetivos ficamos tão surpresos com nossa própria capacidade”*

*Paulo Coelho*

Aos meus pais, Luiz e Nelsi, as minhas irmãs Caroline e Bárbara e meu namorado, Altier, para que quando lerem seus nomes nessa obra, sintam o amor e a admiração que lhes tenho.

DEDICO

## **AGRADECIMENTOS**

### **A Deus!**

Obrigada, porque Tu estás sempre comigo e nunca me deixou só. Tu és a força no meu momento de fraqueza, alegria no momento de tristeza, a paz, nas minhas tribulações e nas angústias, Tu és a rocha da minha salvação em que alicerças os meus projetos, és a luz que ilumina o meu caminho, a força que me faz caminhar. Tu, Senhor, envolves toda a minha vida e estás presente na hora certa, no lugar certo com a palavra certa. Quando cai, Tu me levantaste com amor e carinho indeléveis. Obrigado, Senhor por tudo o que tu fizestes comigo, por tudo o que fazes e por tudo que ainda vais fazer comigo.

### **À família!**

Agradeço meu pai Luiz, minha mãe Nelsi, minhas irmãs Caroline que foi meu braço direito sempre que precisei de ajuda na realização de meu projeto e Bárbara, e meu namorado Altier, pelo incentivo, apoio, carinho, paciência e por serem exemplos, pessoas que estão e estarão sempre no meu lado esquerdo do peito. Também em nome deles agradeço toda família que de uma forma ou outra de suas maneiras contribuíram pra essa conquista.

**AMO VOCÊS!**

**Ao professor orientador Carlos Alberto Forcelini!**

Sua orientação e confiança foram capaz de me fazer trilhar por um crescimento profissional que julgava impossível em tão pouco tempo. Toda minha admiração pelo seu brilhantismo acadêmico profissional se tornaram secundários ao contemplar seu lado humanista e sua obstinação em fazer sutilmente um mundo melhor, aprendi acima de tudo que o profissional não é nada sem o pessoal, e que você sabe conciliar perfeitamente os dois, descobri em ti um verdadeiro amigo, um mestre, um exemplo que levarei comigo.

**À CAPES e ao PPGAgro!**

Pela oportunidade de realização desse curso através da concessão da bolsa de estudos.

**Aos meus amigos!**

A Juliane N. Camera, uma irmã de coração que compartilhei tempos bons de graduação e mestrado. É foram muitos anos de convívio, aprendizado, amizade, descontração e muito estudo. Rosane Baldiga Tonin, a Aveline Avozzani, Lilian Cerbaro, Sandra Zoldan Anderson Danelli, Elaine Deunner, Ricardo Brustolin, Roberto Luiz De Rossi, Eduardo Viana, Camila Turra, Antonio Sergio Ferreira, Andréia, Marília pelas conversas amigas, pelo carinhos, pelas orientações e pelo auxílio na condução dos trabalhos.

**Aos professores e a banca!**

Pela disponibilidade em contribuir na realização desta defesa e pelas sugestões valiosas.

**Aos funcionários da UPF!**

Em especial a Cinara, Paulo e Mari pela ajuda, paciência e amizade conquistada.

**Aos estagiários e equipe do laboratório!**

Em especial aos estagiários Júlio, Rafael e Gean pelo auxílio na execução dos experimentos e pela amizade.

**A equipe da Embrapa!**

Em especial a Claudia do laboratório de Fitopatologia, pelo apoio e ensinamentos.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>SUMÁRIO</b> .....	vii
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	x
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xi
<b>RESUMO</b> .....	01
<b>ABSTRACT</b> .....	03
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	05
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	08
2.1 Mancha-amarela do trigo.....	08
2.2 Etiologia.....	09
2.3 Hospedeiros.....	10
2.4 Sintomatologia.....	10
2.5 Danos.....	12
2.6 Fatores que interferem na doença.....	13
2.7 Ciclo biológico de <i>Drechslera tritici-repentis</i> .....	13
2.7.1 Fontes de inóculo e disseminação.....	14
2.7.2 Germinação, penetração e colonização.....	15
2.8 Variabilidade do patógeno.....	16
2.9 Expansão de lesão.....	17
2.10 Medidas de controle.....	20
2.10.1 Manejo cultural.....	20
2.10.2 Resistência genética.....	21
2.10.3 Controle químico.....	23
2.10.3 (a) Tratamento de semente.....	23
2.10.3 (b) Tratamento da parte aérea.....	24
<b>CAPÍTULO I</b> .....	27
Expansão da mancha-amarela em diferentes cultivares de trigo.....	
<b>RESUMO</b> .....	27
<b>ABSTRACT</b> .....	28
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	29
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	30
2.1 Origem e obtenção do inóculo.....	31
2.1.1 Isolamento monospórico.....	32
2.1.2 Esporulação.....	33
2.2 Inoculação.....	33

2.3 Avaliação.....	34
2.4 Análise de dados.....	34
<b>3 RESULTADOS</b> .....	36
<b>4 DISCUSSÃO</b> .....	42
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	43
<b>CAPÍTULO II</b> .....	44
Efeito da temperatura e umidade relativa sobre a expansão de lesão da mancha-amarela do trigo e esporulação de <i>Drecheslera tritici-repentis</i> .....	
<b>RESUMO</b> .....	44
<b>ABSTRACT</b> .....	45
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	46
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	47
2.1 Cultivo e acondicionamento das plantas.....	47
2.2 Monitoramento da umidade relativa e temperatura ambiente.....	48
2.3 Inoculação.....	48
2.4 Incubação pós inoculação.....	49
2.5 Avaliação do tamanho das lesões.....	49
2.6 Avaliação da esporulação.....	50
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	50
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	55
<b>CAPÍTULO III</b> .....	56
Contribuição a expansão de lesão no progresso da epidemia.....	
<b>RESUMO</b> .....	56
<b>ABSTRACT</b> .....	57
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	58
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	59
2.1 Cultivo e acondicionamento de plantas.....	59
2.2 Inoculação.....	60
2.3 Avaliação.....	60
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	61
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	66
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	67
Aplicação curativa de fungicidas e seu efeito sobre a expansão de lesão pela mancha-amarela do	



trigo.....	
<b>RESUMO</b> .....	67
<b>ABSTRACT</b> .....	68
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	70
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	71
2.1 Cultivo e acondicionamento das.....	72
2.2 Inoculação.....	72
2.3 Aplicações.....	73
2.4 Avaliação.....	74
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	75
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	83
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	84

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela</b>		<b>Página</b>
1	Fungicidas indicados para o controle de manchas foliares - <i>Bipolaris sorokiniana</i> , <i>Drechslera</i> spp. e <i>Stagonospora nodorum</i> .....	26
<b>CAPÍTULO I</b>		
1	Reação dos cultivares utilizados à mancha-amarela do trigo.....	31
2	Modelos lineares mistos testados na área de lesões de mancha amarela em intervalos de tempo em diferentes cultivares de trigo. GL = Graus de Liberdade, AIC = Akaike information criterion, BIC = Bayesian information criterion, logLik = log likelihood.....	40
<b>CAPÍTULO II</b>		
1	Taxa de expansão de lesão (mm <sup>2</sup> /dia) da mancha-amarela do trigo em função da temperatura de incubação e de cultivares.....	52
2	Taxa de expansão de lesão (mm <sup>2</sup> /dia) da mancha-amarela do trigo em função da umidade relativa e de cultivares.....	53
<b>CAPÍTULO IV</b>		
1	Fungicidas utilizados e suas respectivas doses.....	74
2	Taxa de expansão da lesão (mm <sup>2</sup> /dia) da mancha-amarela do trigo, sem halo amarelado, sob uma aplicação de fungicida, aos 3, 5 ou 8 dias após a inoculação. UPF, Passo Fundo, 2011.....	79

3	Taxa de expansão da lesão (mm <sup>2</sup> /dia) da mancha-amarela do trigo, com o halo amarelado, sob uma aplicação de fungicida, aos 3, 5 ou 8 dias após a inoculação. UPF, Passo Fundo, 2011.....	80
---	--	----

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>		
1	Ciclo biológico de <i>Drechslera tritici-repentis</i> .....	14
<b>CAPÍTULO I</b>		
1	Aumento da lesão da mancha-amarela, em diferentes cultivares de trigo, no período de 21 dias após a inoculação. Dados consideram apenas a área necrosada. UPF, Passo Fundo, 2011.....	37
2	Diferenças em tamanho de lesão da mancha-amarela nos cultivares de trigo Fundacep Horizonte (a) e Campeiro (b). As setas apontam para a área da folha com lesão de mancha-amarela.....	38
3	Distribuição da frequência do tamanho de lesões da mancha amarela do trigo (barras verticais) e a curva normal de densidade (linha contínua).....	39
4	Valores da área da lesão da mancha amarela do trigo nos experimentos e nos blocos (parte superior). Os pontos representam o tamanho médio da lesão na escala logaritmica e a linha horizontal o intervalo de confiança. No gráfico maior, é apresentado o valor médio e o respectivo intervalo de confiança para a taxa de progresso da expansão da lesão	41

	para diferentes cultivares de trigo (parte inferior).	
<b>CAPÍTULO II</b>		
1	Relação entre a área (mm <sup>2</sup> ) da lesão final e a inicial da mancha-amarela em diferentes cultivares e condições de incubação. Sem (figura superior) ou com o halo amarelado incluso (figura inferior). UPF, Passo Fundo, 2011.....	51
<b>CAPÍTULO III</b>		
1	Severidade (%) da mancha-amarela, em diferentes cultivares de trigo, após uma, duas ou três inoculações. Avaliações realizadas aos 5, 10 e 15 dias após a inoculação. Experimento 1. UPF, Passo Fundo, 2011.....	63
2	Severidade (%) da mancha-amarela, em diferentes cultivares de trigo, após uma, duas ou três inoculações. Avaliações realizadas aos 5, 10 e 15 dias após a inoculação. Experimento 2. UPF, Passo Fundo, 2011.....	64
<b>CAPÍTULO IV</b>		
1	Expansão de lesão da mancha-amarela do trigo, nas cultivares Fundacep Horizonte e Quartzo. Dados de dois experimentos. A (figura superior) e B (figura inferior), respectivamente.....	76
2	Expansão de lesão da mancha-amarela do trigo, em função da aplicação de fungicida triazol (propiconazol), estrobilrina (azoxistrobina) ou suas misturas em diferentes momentos após a inoculação. Dados médios obtidos dos cultivares Cep. Horizonte e Quartzo. Experimento A (figura superior) e B (figura inferior).....	77
3	Área da lesão (mm <sup>2</sup> ) no início das primeiras lesões e após 21 dias de incubação para os diferentes fungicidas	81

utilizados. Dados médios obtidos a partir dos três momentos de aplicação (3,5 e 8 DAI) com o cultivar Fundacep Horizonte.

# INFLUÊNCIA DE CULTIVARES, AMBIENTE E FUNGICIDAS NA EXPANSÃO DE LESÃO DA MANCHA-AMARELA DO TRIGO

CAMILA RANZI<sup>1</sup>

**RESUMO** – A cultura do trigo é de grande importância para o Brasil e especialmente para o Rio Grande do Sul. Com o advento do sistema de plantio direto, a mancha-amarela, causada pelo fungo *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs, forma anamórfica *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoemaker, aumentou de importância e passou a causar mais danos à cultura. Doenças causadas por fungos necrotróficos, geralmente, tem na expansão de lesão um componente importante de suas epidemias. Esse processo é pouco conhecido na mancha-amarela do trigo, por isso a realização deste trabalho, que foi conduzido na UPF, em 2010 e 2011. Num primeiro momento, dez cultivares de trigo (BRS Guamirim, Campeiro, Fundacep Horizonte, Fundacep Raízes, Fundacep 52, Marfim, Mirante, Pampeano, Quartzo e Vaqueano) foram comparados quanto à expansão da lesão. A taxa de expansão diferiu entre os cultivares sendo a maior observada no cultivar Fundacep Horizonte e as menores em Campeiro, Pampeano e Marfim. Posteriormente, estudou-se o efeito de duas temperaturas (18 e 25 °C) e dois regimes de umidade relativa (70 e 93%) sobre o crescimento das lesões nos cultivares Fundacep Horizonte, Fundacep Raízes e Mirante. As temperaturas não diferiram quanto à taxa de

---

<sup>1</sup> Agrônoma, mestranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração Fitopatologia.

expansão de lesão, porém esta foi maior na umidade de 93%. O fungo não esporulou no período de até 10 dias após a inoculação. Também se avaliou a contribuição da expansão da lesão na severidade total da doença, após uma, duas, ou três inoculações seqüenciais, utilizando as cultivares Fundacep Horizonte, Fundacep Raízes, Mirante, Pampeano e Quartzo. A expansão de lesão respondeu por mais de 80% do total da doença, especialmente no início da epidemia. Por último, avaliou-se a ação curativa de fungicidas (triazol, estrobilurina e a mistura de ambos) sobre a expansão, nos cultivares Fundacep Horizonte e Quartzo. A estrobilurina não diferiu da testemunha sem fungicida e o triazol restringiu o aumento da lesão quando aplicado nos primeiros dias após a inoculação. Quando usado 10 dias após seu efeito não diferiu da estrobilurina. Entre os fungicidas comerciais avaliados, propiconazol, trifloxistrobina + proclorazoxolol e fluxapiroxad + epoxiconazol + piraclostrobina resultaram em taxas de expansão de lesão menores que as da testemunha não tratada. Conclui-se que a expansão de lesão varia entre cultivares, podendo ser utilizada para avaliar seu grau de suscetibilidade, é parcialmente influenciada pelo ambiente, contribui significativamente para o aumento da epidemia e é de difícil controle pela aplicação curativa de fungicidas. Ressalta-se, portanto, a necessidade de um manejo mais preventivo, incluindo rotação de culturas, tratamento das sementes e aplicações antecipadas de fungicidas.

**Palavras-chave:** *Pyrenophora tritici-repentis*, *Drechslera tritici-repentis*, *Triticum aestivum*, manchas foliares, componentes da epidemia.

## **INFLUENCE OF CULTIVARS, AMBIENT, AND FUNGICIDE ON LESION EXPANSION BY TAN SPOT OF WHEAT**

**ABSTRACT** - Wheat is a very important grain crop for Brazil and for the state of Rio Grande do Sul. With the introduction of the non-tillage system, tan spot caused by the fungus *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs, anamorphic phase *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoemaker, has increased in importance and caused more losses to the wheat crop. Diseases caused by necrotrophic fungi usually use lesion expansion as a major component to increase their epidemics. Several experiments were performed at UPF in 2010 and 2011 to study the importance of lesion expansion on tan spot epidemics. Initially ten wheat cultivars (BRS Guamirim, Campeiro, Fundacep Horizonte, Fundacep Raízes, Fundacep 52, Marfim, Mirante, Pampeano, Quartzo and Vaqueano) were compared regarding lesion expansion, which differed among cultivars, with the highest values in Fundacep Horizonte and the lowest in Campeiro, Pampeano and Marfim. A second experiment aimed at studying the effect of two ambient temperatures (18 and 25 °C) and two values of relative humidity (70 and 93%) on lesion expansion of cultivars Fundacep Horizonte, Fundacep Raízes and Mirante. The tested temperatures had no effect on lesion size, but it was higher at 93% relative humidity. At the same ambient conditions the fungus did not sporulate within 10 days after inoculation. Lesion expansion was also evaluated regarding its contribution to total disease severity after one, two, or three sequential inoculations on cultivars Fundacep Horizonte, Fundacep



Raíces, Mirante, Pampeano and Quartzo. Lesion expansion accounted for more than 80% of the total disease, especially in early stages of the epidemic. The last trials assessed the curative performance of fungicides (one triazol, one strobilurin, and their mix) on lesion expansion. The strobilurin did not differ from the non-treated control. The triazol limited lesion expansion when sprayed few days after inoculation, but it did not differ from the strobilurin if sprayed 10 days after inoculation. Among the commercial fungicides tested propiconazol, trifloxystrobin + prothioconazol and fluxapiroxad + epoxiconazol + piraclostrobina constantly provided lower rates of lesion expansion. In conclusion, lesion expansion by tan spot vary significantly among wheat cultivars and can be used as a parameter to evaluate new genotypes for disease susceptibility or resistance. Lesion size is only partially influenced by ambient conditions, it is a major epidemic component and it is difficult to control by curative sprays of fungicide. Therefore the management of tan spot shall include preventive disease control methods, such as crop rotation, seed treatment and earlier sprays of fungicides.

**Keywords:** *Pyrenophora tritici-repentis*, *Drechslera tritici-repentis*, *Triticum aestivum*, leaf spots, epidemic components.

## 1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma cultura de grande importância mundial, principalmente pelo seu uso na alimentação humana, sendo a segunda cultura em produção de grãos em nível mundial, ficando atrás apenas do milho (ZYLBERSZTAJN et al., 2004).

Os registros sobre o surgimento dessa cultura datam de antes de Cristo. Com o passar dos anos, a tecnologia de produção deste cereal disseminou-se pelo mundo. No Brasil, o mesmo se desenvolveu com a vinda dos colonizadores europeus para o continente americano. A região sul do Brasil apresentou as melhores condições para o desenvolvimento do cereal em relação às outras regiões brasileiras, sendo o Rio Grande do Sul o pioneiro na produção de trigo em escala comercial e industrial (BRUM, A. L. & HECK, C. R., 2005).

No Brasil, a produção anual de trigo oscila entre 5 e 6 milhões de toneladas. O cereal é cultivado nas regiões Sul (RS, SC e PR), Sudeste (MG e SP) e Centro-Oeste (MS, GO e DF). O consumo anual no país tem se mantido em torno de 10 milhões de toneladas. Cerca de 90% da produção de trigo está no Sul do Brasil. O cereal vem sendo introduzido paulatinamente na região do cerrado, sob irrigação ou sequeiro (EMBRAPA, 2011).

Na safra 2010/11 foram cultivados 2.149,8 mil hectares, sendo esta área 11,5% menor que a obtida na safra 2009/10 (2.428 mil hectares) (CONAB, 2011).

Segundo Reis e Casa (2007), em razão das condições climáticas, das práticas culturais e da suscetibilidade das cultivares, muitas são as

doenças que ocorrem em cereais de inverno no Brasil. Na região sul os maiores danos e perdas causadas pelas doenças estão relacionados com a redução da área foliar sadia, com a infecção de patógenos na espiga que afetam diretamente o grão ou sementes e com alguns casos de morte de plantas.

Entre estas está a mancha-amarela, causada pelo fungo *Drechslera tritici-repentis* (forma teleomórfica *Pyrenophora tritici-repentis*), que é uma das doenças de maior importância econômica no mundo e a mancha mais frequente na cultura do trigo no Rio Grande do Sul. A mesma apresenta alta intensidade em lavouras conduzidas no sistema plantio direto com monocultura, condição que propicia a sobrevivência e multiplicação do patógeno. Recentemente, outra espécie oriunda do azevém, e denominada *Drechslera siccans*, foi encontrada causando mancha foliar no trigo, com sintomas muito semelhantes a ponto de não serem distinguidas a não ser pela morfologia do conídio (REIS et al., 2011), o que explica o aumento destas doenças, inclusive nas áreas de rotação.

As manchas foliares diferem das doenças por fungos biotróficos, como ferrugens e oídios, por apresentarem grande expansão de lesão a partir das infecções estabelecidas na planta. A importância da expansão da lesão como componente importante de epidemias foi bem destacada por Berger (1997), porém este processo ainda é pouco conhecido em alguns patossistemas, como a mancha-amarela do trigo.

A expansão de lesão representa uma via alternativa para o aumento da epidemia, especialmente sob condições ambientais desfavoráveis à esporulação do fungo. Inicialmente ele secreta toxinas, que matam os tecidos adjacentes à infecção, nos quais o

patógeno se alimenta e desenvolve. A expansão de lesão pode ser quantificada através de medições periódicas do tamanho da lesão e expressa como taxa (mm/dia), usualmente representada pela letra *K*.

O conhecimento da expansão da lesão permite avaliar cultivares quanto a sua suscetibilidade ou resistência a manchas foliares, entender melhor como as epidemias desenvolvem e como os fatores ambientais influenciam este processo, além de fornecer subsídios importantes para um uso mais eficaz dos fungicidas. Muitos fungicidas comerciais atuam sobre a formação e germinação de esporos, processos que são menos utilizados pelo patógeno quando ocorre a expansão da lesão. Então é necessário buscar outros mecanismos de ação ou utilizar de forma diferente os produtos atualmente disponíveis.

Neste trabalho em trigo, os experimentos foram organizados para quantificar a taxa de expansão de lesão em diferentes cultivares, avaliar a sua importância para o progresso de epidemias da mancha-amarela, verificar a influência do ambiente na intensidade deste processo e avaliar o potencial de fungicidas na sua redução.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Mancha-amarela do trigo

A mancha-amarela da folha é assim denominada devido ao amarelecimento que ocorre em volta das lesões, também conhecida como mancha-bronzeada em função das lesões apresentarem cor castanho ou marrom e, helmintosporiose porque o agente que causa a doença pertenceu a esse gênero (REIS & CASA 1996). A mancha-amarela do trigo causada pelo fungo *Drechslera tritici-repentis* é uma das doenças de maior importância econômica no mundo. Esta doença está relacionada ao plantio direto em monocultura, uma vez que esse patógeno é um fungo necrotrófico que sobrevive facilmente em restos culturais na sua forma teleomórfica e em hospedeiros secundários (PRESTES et al. 2002).

A doença foi identificada pela primeira vez na Alemanha em 1902, em gramíneas, em 1928 no Japão na cultura do trigo. Posteriormente, ocorreu em outros países como Brasil, Kênia, Zâmbia, Estados Unidos, Canadá, Austrália e Bolívia. Na Bolívia a doença ocorreu de forma severa no ano de 1990. Em 1949, na Austrália, a forma teliomórfica *Pyrenophora tritici-repentis* foi associada pela primeira vez como patógeno em trigo. No Brasil, a mancha-amarela foi relatada em 1968, por Costa Neto, no estado do Rio Grande do Sul, e, em 1973, foi observado em Ponta Grossa, no Paraná (METHA 1993). Segundo autor, a partir do ano de 1979, a doença aumentou a incidência em alguns estados como Paraná e São Paulo e hoje é uma

das doenças foliares mais freqüentes que ocorre reduzindo a produtividade do trigo.

## 2.2 Etiologia

O agente causal da mancha-amarela do trigo é o fungo *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoemaker, sinônimos *Helminthosporium tritici-repentis* Diedicke, *D. tritici-vulgaris* (Nisikado) Ito e *H. tritici-vulgaris* (Nisikado), forma imperfeita, assexual ou anamórfica. A forma perfeita, sexual ou teleomórfica corresponde a *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs. (sinônimo *P. trichostoma* (Fr.) Fckl.) (WIESE, 1987). O fungo apresenta conidióforos simples ou agrupados de 2-3, emergidos através dos estômatos ou entre as células epidérmicas, eretos ou flexuosos, algumas vezes geniculados, cilíndricos ou ligeiramente afilados, freqüentemente dilatados na base, medindo 7-8 x 100-300 µm (WIESE, 1987) ou 6-12 x 250-400 µm (ELLIS, 1971). Conídios solitários, cilíndricos, retos ou ligeiramente curvados, arredondados no ápice e a base caracteriza-se por possuir forma cônica, conhecida como cabeça de cobra, sub-hialinos a ligeira coloração palha, parede delgada, 12-21 x 45-200 µm, 4 a 7 pseudoseptos segundo Wiese (1987) ou 14-20 (17,7) x 80-250 (117) µm e 1-9 pseudoseptos segundo Ellis (1971). Os conídios germinam por um ou ambos os pólos, podendo também germinar por um tubo germinativo produzido no meio do conídio. Os tubos germinativos basais são laterais no conídio, o primeiro septo desenvolve-se na parte basal e o hilo está localizado no seu interior (MUCHOVEJ et al., 1988).

Os pseudotécios em trigo ou restos culturais de gramíneas são pretos, 200-350  $\mu\text{m}$  em diâmetro, algumas vezes com rostro. Os ascosporos, em número de oito, são ovais a globosos, marrons e medem de 18-28 x 45-70  $\mu\text{m}$ , com três septos transversais e leve constrição nos septos. As células medianas podem ter septação longitudinal (WIESE, 1987). Na descrição feita por Mehta (1978), os ascos, desenvolvidos em ascostroma multilocular, são clavados, com 36-53 x 178-267  $\mu\text{m}$  e bitunicados.

### **2.3 Hospedeiros**

Segundo Singh (2001), este fungo é capaz de infectar no mínimo 26 espécies, e Hosford (1982), cita como principais hospedeiros o trigo, o centeio, e o triticales. O trigo é o hospedeiro mais importante, porém existe uma ampla gama de hospedeiros secundários (REIS & CASA 1996).

### **2.4 Sintomatologia**

Os sintomas apresentam-se principalmente nas folhas do trigo, logo após a sua emergência, nos primeiros estádios de desenvolvimento, no perfilhamento e no alongamento do trigo. Conforme Reis & Casa (1996), os primeiros sintomas podem surgir 24 a 48 horas após a inoculação, porém uma diagnose segura deve ser realizada com base nos sinais, formação de conídios, evitando-se confundí-la com a mancha foliar causada por *Septoria* que forma

picnídios. Posteriormente aparecem pequenas manchas cloróticas, que com o passar dos dias expandem-se formando lesões elípticas, com aproximadamente 12 mm de comprimento, circundadas por um halo amarelo e com região central necrosada, de cor parda.

Quando o trigo é muito suscetível ocorrem também lesões marrons sobre as aristas e glumas. A frutificação do fungo pode ser observada através de lentes de aumento quando as manchas apresentarem de 2 a 15 mm. Quando as mesmas coalescem não é mais possível observar a frutificação (LUZ 1982). Os sintomas também podem aparecer nas sementes onde ocorre escurecimento ou grãos rosados, parecidos com a giberela (REIS & CASA 1996, LUZ 1982, REES & PLATZ 1979, MEHTA 1993, SANTOS 2000).

Um sintoma muito importante da mancha-amarela é a clorose que ocorre devido à liberação de uma toxina do fungo. Essa toxina é uma proteína e é denominada Ptr necrose toxina (MEHTA 1993).

Do mesmo modo, afirmam Manning & Ciuffetti (2005) que os sintomas vão depender da cultivar, podendo-se observar maior ou menor clorose e necrose, devido à ação de toxinas específicas do patógeno, como PtrToxA, que causa necrose e PtrToxB ou PtrToxC, que causa clorose.

Geralmente os sintomas de necrose estão associados à clorose extensiva nas folhas, resultando em redução na área fotossintética e senescência prematura.



## 2.5 Danos

A Austrália foi a pioneira em trabalhos para quantificar danos causados pela mancha-amarela, onde Rees & Platz (1983) relataram danos de 13 a 48 %, sendo grande parte da redução da produtividade devido à redução do tamanho dos grãos. Nos EUA, nas décadas de 70 e 80, tem sido relatado perdas variando entre 3 e 50% (Hosford & Busch, 1974; Hosford et al., 1987). Durveiller et al. (2005) registraram uma média de 30% na perda em rendimento no sul da Ásia.

No Brasil, Picinini & Fernandes (1992) avaliando o controle de manchas foliares com fungicidas, verificaram rendimentos de 46 a 59% superiores aos da testemunha, quando a predominância foi de mancha-amarela em folhas de trigo. Em avaliações realizadas no Paraná, foram atribuídas perdas de 36 % no rendimento da cultura do trigo (Linhares et. al., 1995). Balardin (2001) verificou reduções no rendimento de grãos de trigo em até 49% devido à incidência de manchas foliares. Perello et al (2003) descreveram o crescimento rápido e destrutivo de *Drechslera tritici-repentis* nos países da América do Sul, incluindo Argentina, Brasil, Chile, Paraguai e Uruguai. Segundo Reis & Casa (2007), o dano potencial por manchas foliares do trigo pode atingir até 48%, e eles podem ser estimados pela função normalizada  $R = 1.000 - 5,7 I$  (Onde R= rendimento de grãos e I = Incidência de manchas foliares. Já para Zambolim (2005), nas regiões tritícolas do Brasil a mancha amarela pode causar danos de até 80% na produção do trigo.

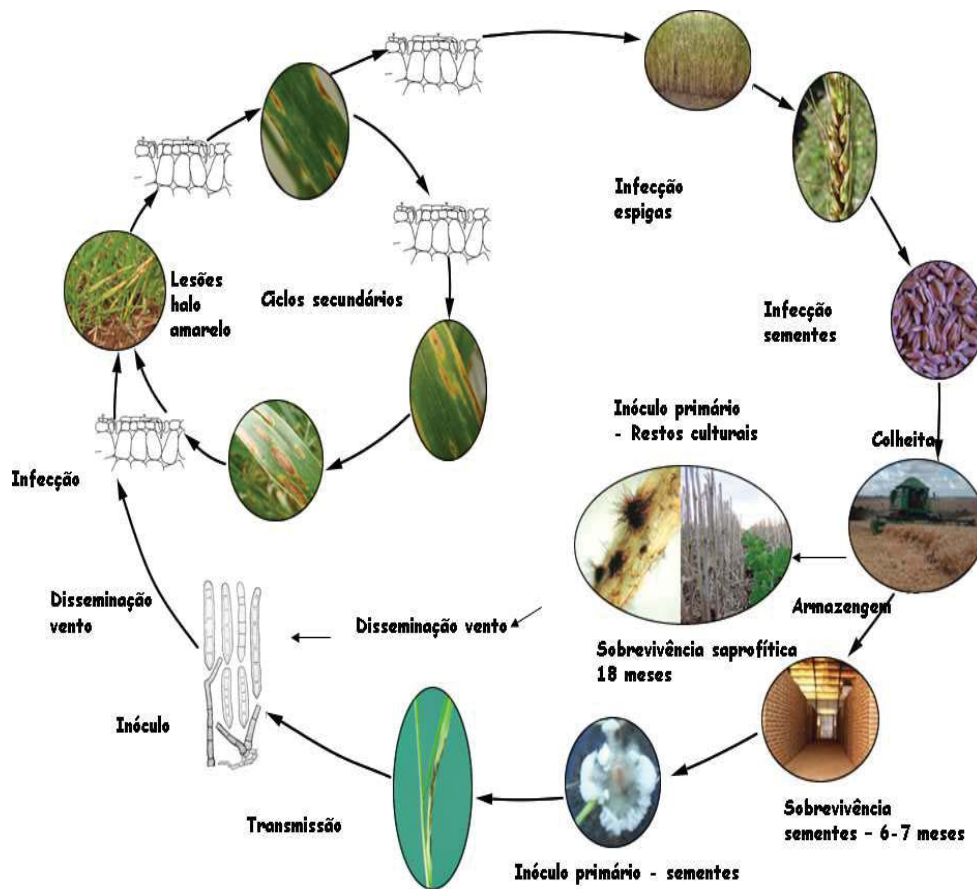
## 2.6 Fatores que interferem no desenvolvimento da doença

Esta é uma doença cujos requerimentos climáticos não são tão específicos como ocorre em outras doenças do trigo. Pode-se dizer que esta doença é tão importante nos países de clima temperado, tradicionalmente produtores de trigo, como nos localizados em regiões quentes não tradicionais (REIS et al., 2011).

Os pseudotécios se desenvolvem em restos culturais que estão próximos do solo. O colmo é colonizado por *Pyrenophora tritici-repentis* pelo crescimento saprofítico inicial das folhas senescentes antes da colheita. Depois da colheita, a produção dos corpos frutíferos nos colmos depende da umidade, principalmente da chuva, não ocorrendo se o potencial hídrico for menor de 98,4%. A produção de pseudotécios é ótima entre 15 e 18°C sendo, que, o número produzido é idêntico em cultivares resistentes e suscetíveis. A formação mais rápida de ascósporos ocorre a noite sob alta umidade e temperatura de 15°C e não se desenvolvem quando o potencial hídrico for inferior de 97,7%. A produção de conídios ocorre entre 83 a 85% de umidade relativa do ar. A germinação inicia após seu contato com a água e cada célula é capaz de germinar. Para formação de conidióforos é necessária a presença de luz, já a produção de conídios é favorecida pelo escuro e temperatura de 10 a 25°C, com ótimo de 21°C (REIS & CASA 1996)

## 2.7 Ciclo biológico de *Drechslera tritici-repentis*

Na Figura 1 observa-se o ciclo da mancha-amarela.



**Figura 1:** Ciclo da mancha-amarela do trigo, causada por *Drechslera tritici-repentis* (Danelli & Reis, 2009).

### 2.7.1 Fontes de inóculo e disseminação

As principais fontes de inóculo são as sementes e os restos culturais. Através das sementes o patógeno é levado a longas distâncias. Afirma Vale et al.(2004) que a associação patógeno-semente representa a maneira mais evoluída e, portanto, segura e eficiente de garantir a sobrevivência do fitopatógenos. Nesta

associação, a continuidade do ciclo vital do fitoparasita é assegurada, pois não se separa do hospedeiro, de quem depende nutricionalmente. Geralmente é baixa a incidência do patógeno nas sementes de trigo, bem como sua transmissão para a plântula (REIS & CASA 1996).

Segundo Loughman et al. (1998), o principal responsável pelas infecções são os restos culturais. Sob condições favoráveis o inóculo presente em restos culturais pode causar até 46% de perdas.

Após a entrada do patógeno em uma área ou região através da semente, o patógeno terá sua fonte de inóculo primária nos restos culturais infectados, predominantemente na forma teliomórfica *P. tritici-repentis*, embora também possam ser encontrados conídios de *D. tritici-repentis* (REIS & CASA 1996). Portanto pode-se dizer que a máxima intensidade da doença corre em plantio direto sob sistema de monocultura.

Os respingos de chuva e o vento fazem a disseminação dos ascosporos e conídios a curtas distâncias. (REIS et al., 2001a)

### **2.7.2 Germinação, penetração e colonização**

Larez et. al (1986), estudando os períodos entre 3 e 72 horas depois da inoculação, observaram que a maior parte das infecções ocorreu entre 6 e 24 horas.

Tanto os conídios quanto os ascosporos são infectivos. Para iniciar o processo de germinação na superfície verde da planta eles precisam de água líquida. Na presença desta eles emitem o tubo germinativo e formam o apressório, penetrando as células epidérmicas. No processo de colonização, o micélio invade as células

e extrai nutrientes, determinando-lhes a morte pela ação parasitária e produção de toxinas. Posteriormente observam-se os sintomas característicos da mancha-amarela (REIS & CASA 1996).

## **2.8 Variabilidade do patógeno**

De acordo com Santana & Friesen (2007), vários grupos de pesquisa na América do Norte vem estudando, por mais de dez anos, raças de *Pyrenophora tritici-repentis*. O método de identificação é baseado no desenvolvimento de sintomas sobre linhas diferenciadoras de trigo. Cada raça pode produzir uma ou mais toxinas, que podem causar sintomas de necrose ou clorose em hospedeiro suscetível. No campo, a doença normalmente é identificada pela presença de lesões necróticas circundadas por halo clorótico. A Embrapa Trigo, localizada em Passo Fundo, RS, está começando a aplicar esta abordagem para identificação de raças no Brasil, juntamente com a caracterização molecular do patógeno, em colaboração com pesquisadores do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA-ARS).

A ocorrência de sintomas de necrose e clorose ocorre devido à presença de toxinas produzidas por *P. tritici-repentis*. Três delas têm sido isoladas, caracterizadas e associadas com o processo de infecção. São denominadas Ptr ToxA e Ptr ToxB, que são proteínas, e Ptr ToxC, que tem mostrado ser um composto polar, não iônico, de baixo peso molecular. Dependendo da raça, uma ou mais toxinas são produzidas, induzindo necrose, clorose ou ambos os sintomas (Ciuffetti & Tuori, 1999; Ciuffetti et al., 1998).

Os isolados de *P. tritici-repentis* são classificados em cinco raças (patotipo), baseados em seu padrão de virulência em genótipos diferenciais. O Patotipo 1 induz necrose bronzeada e clorose (nec+ chl+) em hospedeiros suscetíveis; o 2 induz somente necrose bronzeada (nec+ chl-); o 3 induz clorose (nec- chl+); o 4 não induz nem clorose nem necrose; o 5 resulta em uma indução clorótica, mas difere do 3 em padrão de virulência e produção de toxina clorótica de hospedeiro específico (GAMBA et al., 1998).

Atualmente com o método de identificação de raças é possível separar *P. tritici-repentis* em até oito tipos, uma vez que a combinação de genes é  $2^3$  (LAMARI et al., 2003). Segundo Santana & Friesen (2007), nos Estados Unidos, onde as populações deste patógeno têm sido caracterizadas há quase 20 anos por este sistema, em levantamento realizado em 2003, observou-se que a raça 1 é predominante em trigo cultivado (cerca de 90%) e a raça 4 a mais comum em outras gramíneas (98%). Em *Triticum durum* também predominou a raça 1 (89%), sendo também a única espécie onde a raça 5 foi identificada. Já no Brasil, a ocorrência e distribuição de tais raças não são conhecidas.

## **2.9 Expansão de lesão**

Dentre os fatores que compõem o progresso da doença está a expansão de lesões, mesmo sendo escassos os trabalhos que a reconhecem como um fator importante no desenvolvimento de uma epidemia. Segundo Menegon et al. (2005), o progresso de uma doença

pode ser explicado pelo aparecimento de novas lesões e pelo crescimento daquelas já existentes.

Berger (1973) citado por Bergamin et al., 1996, ao monitorar *Helminthosporium turcicum* na Flórida, foi um dos pioneiros desta área ao constatar que “poucas lesões novas apareceram após o florescimento e a maior parte do aumento da doença se deveu ao crescimento das lesões”. Enge et al. (1975), também citados por Bergamin et al. (1996), trabalhando em região tipicamente temperada (Oregon, EUA), mostraram o papel desempenhado pelo crescimento da lesão no desenvolvimento de *Puccinia striiformis* em trigo, relatando que o crescimento da lesão permite a intensificação da doença na ausência de condições favoráveis à reinfeção, afetando profundamente a epidemiologia da doença.

A expansão de lesão reflete a ação infecciosa do patógeno, enquanto novas infecções somente o fazem após um período de latência. Assim, a taxa de expansão de lesão é um componente importante no processo epidêmico, é o que enfatizam Bergamin & Amorim (1996); Berger et al (1997), dizendo que o processo de expansão de lesão tem sido referido como um importante componente do progresso de epidemias, especialmente quando as condições ambientais são desfavoráveis à esporulação, dispersão do inóculo e indução de novas infecções. Através da expansão das lesões já existentes, o tecido adjacente torna-se imediatamente infeccioso, enquanto novas infecções somente o fazem após um período de latência.

Segundo Bergamin et al. (1996), a quantidade de tecido doente que produz esporos praticamente não exerce influência sobre a severidade, devida à expansão de lesão. Essa severidade apresenta a proporção de sítios ocupados exclusivamente pelo crescimento das lesões, ignorando seu tamanho original. Quanto maior o tamanho inicial da lesão, menor é o número de sítios sadios remanescentes, passíveis de serem ocupados pelo crescimento destas lesões. O efeito da expansão das lesões é mais significativo em sistemas com latência prolongada, pelo maior tempo disponível para a lesão crescer. Nos sistemas que têm lesões iniciais grandes, a epidemia atinge seu máximo mais rapidamente e a contribuição da expansão das lesões na severidade final torna-se menor.

Para Berger et al. (1997), em epidemias naturais a taxa de expansão de lesão varia conforme a temperatura, a posição das folhas, a idade da lesão ou hospedeiro, a densidade das lesões e os períodos longos de umidade (orvalho). O tamanho e a taxa de expansão da lesão têm sido mais utilizados para avaliar a resistência genética de cultivares e a agressividade de estirpes ou raças de bactérias e fungos fitopatogênicos (Johnson & Taylor, 1976; Luo & Zeng, 1995; Berger *et al.*, 1997).

Entretanto, como componente do processo epidêmico, a expansão de lesão deve ser considerada na definição de estratégias de controle para uma doença. As relações ou interações da expansão de lesão com o tratamento químico, por exemplo, são pouco conhecidas.



## **2.10 Medidas de controle**

Conforme Vale et al. (2004), embora um patógeno específico possa, em alguns casos, ser controlado por uma única medida de controle, a complexidade de fatores que o envolve requer o uso de mais de um método para se alcançar resultado satisfatório. Por isso a necessidade de se pensar na concentração de esforços visando combinar várias medidas e métodos de controle, quer sejam físicos, mecânicos, culturais, genéticos, legislativos, químicos ou biológicos, para que se obtenha otimização na redução da incidência e severidade das doenças. E assim alcançar a máxima produtividade, não refletindo negativamente no meio ambiente, aceitável pela sociedade e economicamente viável.

Forcelini (2005) enfatiza que as estratégias de controle integrado, como rotação de culturas, sementes de boa qualidade, tratamento de sementes e aplicação foliar de fungicidas, são medidas preventivas que visam atrasar o estabelecimento das doenças no campo e reduzir sua quantidade inicial.

Reis & Casa (1996) mencionam também que as principais medidas de controle visam reduzir o inóculo, erradicando-o ou diminuindo sua densidade a nível inferior ao limiar numérico de infecção (REIS & CASA, 1996).

### **2.10.1 Manejo Cultural**

A prática da rotação de culturas por um ou dois anos sem trigo

reduz a incidência de manchas foliares em trigo (PRESTES et al. 2002). A prática da rotação de culturas pode erradicar *D. tritici-repentis* de uma área (CARMONA et al. 1999; REIS & CASA 1996) sendo que a aveia e espécies de folha larga como ervilhaca, chícharo, nabo forrageiro, colza, linho, serradela, trevos, etc, não são hospedeiras e, portanto indicadas para a rotação de culturas (SANTOS et al., 1987). Enfatiza ainda Vale et al. (2004), que a rotação de culturas é condição indispensável para o sucesso do sistema de semeadura direta, uma vez prolongando o período de ausência de cada cultura na lavoura, da tempo para o inóculo inicial dos patógenos ser diminuído. Sendo que o número de anos durante os quais as plantas hospedeiras devem ser empregadas na área dependerá da espécie do patógeno a ser controlada.

O período de decomposição da palha de trigo é de até 18 meses, funcionando neste intervalo como fonte de inóculo primário do patógeno (Reis & Casa, 2007).

### **2.10.2 Resistência genética**

Scott et al. (1990), estudando a ativação de genes em trigo e cevada por fungos fitopatogênicos, concluiu que os cereais podem resistir a fungos fitopatogênicos por uma ativação precoce de uma série de defesas genéticas, induzidas por fungos fitopatogênicos não compatíveis presentes no ambiente.

Para mancha-amarela do trigo não há no mercado cultivares com alto nível de resistência. Por ser uma característica governada por vários genes, embora a busca por resistência seja de grande interesse

para os melhoristas, isto requer uma busca constante de boas fontes de resistência e de métodos eficientes de introgressão de genes de interesse, além de ser necessário evitar que estes sejam perdidos por deriva durante o processo de melhoramento para as demais características de interesse (SINGH et al., 2006). Santos et al.(2002) enfatiza, que uma das dificuldades que entram o processo de melhores genótipos é a baixa capacidade de esporulação desse patógeno *in vitro* suficiente a produção de inoculo necessária para pesquisas de resistência vertical. Sendo *D. tritici-repentis* um fungo com grande variabilidade morfológica, genética e patogênica.

Gamba & Lamari (1998), encontraram quatro genes independentes controlando a resistência à mancha amarela em trigos tetraplóides, um deles controlando a clorose induzida pela raça 1 e os outros três genes para resistência à necrose induzida pelas raças 1 e 2, 3, e 5 respectivamente. Observaram três genes independente controlando a resistência à mancha amarela em genótipos de trigo hexaplóides, um gene para resistência da necrose causada pela raça 2 e dois genes para resistência da clorose induzida pelas raças 1 e 3, e um gene para resistência a raça 5.

Lamari et al. (2003), encontraram herança qualitativa, segundo os autores na identificação de duas novas raças deste fungo, sendo então 8 raças, completam o número de máximo teórico de raças que podem ser diferenciadas por três locus no hospedeiro ( $2^3 = 8$ ), assumindo uma relação gene-a-gene entre *Triticum/Drechslera tritici-repentis*.

Existe a necessidade de testes usando isolados de diferentes virulências para assegurar o desenvolvimento de resistência estável à população do patógeno local (LAMARI & BERNIER 1989)

### **2.10.3 Controle químico**

A aplicação de fungicidas para o controle das doenças foliares em trigo evitam perdas no rendimento de grãos (BARROS et al., 2006), que podem variar entre as cultivares (NAVARINI et al., 2005).

O controle químico tem um importante papel na garantia da produtividade da cultura, desde que empregado com critério, dentro de um contexto que considera o ciclo biológico do patógeno, o comportamento das cultivares e as condições ambientais (FERNANDES & PICINNI, 1999). As epidemias de doenças foliares iniciadas antes da emergência da folha-bandeira geralmente têm maior impacto sobre a produção e as recomendações de controle, visando minimizar as perdas, sugerem que sejam realizadas aplicações logo após o aparecimento dos primeiros sintomas (COOK et al., 1999).

#### **2.10.3 (a) Tratamento de sementes**

Conforme Indicações (2011), o tratamento de sementes tem por objetivo, com fungicidas e doses eficientes, eliminar os fungos veiculados a essa fonte de inóculo evitando o seu retorno para os órgãos aéreos, pelo processo de transmissão, na lavoura recém

estabelecida. Tem sido comprovado que as sementes infectadas transportam para a lavoura os fungos agentes causais de manchas foliares e da podridão comum de raízes. Por isso, a eficiência do tratamento deve ser de tal magnitude que leve à erradicação (100% de controle) dos fungos patogênicos associados às sementes. A eficiência está relacionada com a incidência dos fungos em sementes, com a fungitoxicidade, dose e com a qualidade da cobertura da semente pelo fungicida. Ressalta Menten (1996), que o tratamento de sementes é uma das técnicas mais utilizadas na agricultura moderna, e sua eficiência depende basicamente do tipo e localização do patógeno alvo, do vigor da semente e da existência de substâncias ou processos eficazes.

Segundo Indicações (2011), os fungicidas com fungitoxicidade maior para *Bipolaris sorokiniana* e *Drechslera* spp. em ordem decrescente, são triadimenol, difenoconazol, carboxina + tiram e flutriafol. Reis et al. (2011), ressalta ainda ser eficiente no tratamento de sementes contra esses patógenos a utilização de iprodiona + tiram 300g/100Kg de semente, suspensão da mistura fungicida em dois litros de água.

### **2.10.3 (b) Tratamento da parte aérea**

O tratamento dos órgãos aéreos consiste na pulverização periódica de fungicidas protetores e/ou curativo em folhas, ramos e frutos, para prevenir a infecção ou paralisar a colonização (REIS et al 2001b).

Ultimada et al. (2006) observaram que o fungicida cyproconazole + azoxystrobin, adicionado de óleo mineral, reduziu a severidade da mancha-amarela, com controle de 94% em relação a testemunha sem aplicação de fungicida; e promoveu incremento de 50% no rendimento de grãos e de 13% no peso do hectolitro, sobre a testemunha. Maciel et al.(2007) também observaram uma redução na severidade de manchas foliares e incremento no rendimento e qualidade dos grãos com aplicações de fungicidas a partir do final do alongamento. A realização de duas aplicações de fungicidas, uma no início do emborrachamento e outra na floração, sendo que a primeira com azoxystrobin, tebuconazole, ou azoxystrobin + cyproconazole, são eficientes para aumentar o peso do hectolitro dos grãos de trigo.

**Tabela 1.** Fungicidas indicados para o controle de manchas foliares - *Bipolaris sorokiniana*, *Drechslera spp.* e *Stagonospora nodorum*.

Nome Técnico	Nome comercial	Concentração g L <sup>-1</sup>	Formulação	Dose L/ há <sup>-1</sup> )
Azoxistrobina	Priori	250	SC	0,2
Epoxiconazol	Opus	125	CE	0,75 -1,00
Metconazol	Caramba 90	90	SL	0,80 -1,00
Propiconazol	Juno	250	CE	0,5
Propiconazol	Tilt	250	CE	0,50 - 0,75
Tebuconazol	Orius	250	CE	0,6
Tebuconazol	Folicur	200	CE	0,75
Azoxistrobina + Ciproconazol**	Priori Xtra	200 + 80	SC	0,3
Ciproconazol + Propiconazol	Artea 330	80+250	CE	0,20 - 0,30
Cresoxim – Metílico + Epoxiconazol	Guapo	125 + 125	SC	0,60 - 0,80
Piraclostrobina + epoxiconazol**	Opera	133+ 50	SE	0,75 - 1,00
Trifloxistrobina + tebuconazol **	Nativo	100+ 200	SC	0,6

(\*) Produto comercial.

(\*\*) Usar o adjuvante recomendado pelo fabricante.

**Fonte:** Indicações técnicas Embrapa (2011).

Conforme Reis et al. (2010), os critérios indicadores para o momento da primeira aplicação são: emergência da cultura, estádios fenológicos, início da doença, precipitação pluvial acumulada (mm), limiar de dano econômico ( LDE) e sistemas de aviso.

## CAPÍTULO I

### EXPANSÃO DE LESÕES DA MANCHA-AMARELA EM DIFERENTES CULTIVARES DE TRIGO

CAMILA RANZI<sup>1</sup>

**RESUMO** – A mancha-amarela do trigo, causada pelo fungo *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs, forma anamórfica *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoemaker, é uma das principais doenças da cultura. A mancha-amarela tem na expansão da lesão um dos seus componentes da epidemia, porém ainda pouco conhecido e quantificado. Neste trabalho, dez cultivares de trigo (BRS Guamirim, Campeiro, Fundacep Horizonte, Fundacep Raízes, Fundacep 52, Marfim, Mirante, Pampeano, Quartzo e Vaqueano) foram comparados quanto à expansão da lesão pela doença. Os trabalhos foram conduzidos em casa-de-vegetação, com plantas no estágio de folha bandeira, as quais foram inoculadas com 3000 conídios/mL, obtidos a partir de culturas puras em meio V8-Ágar, com sete dias de incubação. A partir do surgimento das lesões 30 folhas de cada cultivar foram marcadas e as lesões avaliadas quanto à área, em intervalos de dois dias. Um modelo linear misto foi ajustado aos dados. A taxa de expansão diferiu entre os cultivares sendo a maior taxa observada no cultivar Fundacep Horizonte e as menores em Campeiro, Pampeano e Marfim.

---

<sup>1</sup> Agrônoma, mestranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração Fitopatologia.



**Palavras-chave:** Manchas foliares, componentes da epidemia, cultivares de trigo.

### **LESION EXPANSION BY TAN SPOT IN WHEAT CULTIVARS**

**ABSTRACT** - Tan spot, caused by the fungus *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs, anamorphic form *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoemaker, is one of the most important diseases of wheat. Lesion expansion is an important component of tan spot epidemics, but little is known about this process. In this research ten commercial wheat cultivars (BRS Guamirim, Campeiro, Fundacep Horizonte, Fundacep Raízes, Fundacep 52, Marfim, Mirante, Pampeano, Quartzo and Vaqueano) were compared regarding the lesion expansion by tan spot. Two trials were performed in the greenhouse where plants at the flag leaf stage were inoculated with 3000 conidia/mL. The spores were obtained from pure cultures of the fungus in V8-Ágar after seven days of incubation. Lesion expansion was measured in 30 lesions of each cultivar at 2-day intervals. A linear mixed model was fitted to the data. The rate of lesion expansion differed among cultivars, with the highest one in Fundacep Horizonte and the lowest in Campeiro, Pampeano and Marfim.

**Key-words:** Leaf spots, epidemic components, wheat cultivars.

## 1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma cultura de grande importância para o Brasil, havendo uma demanda crescente da população brasileira por derivados desse cereal.

A cultura está sujeita ao ataque de vários patógenos causadores de manchas foliares, que dependendo da intensidade podem causar reduções significativas no rendimento de grãos da cultura (PICCININI & FERNANDES, 1992). Entre estes merece destaque o fungo *Drechslera tritici-repentis* (Died), cujas condições climáticas ideais para o desenvolvimento são temperatura entre 18° e 28°C e um período de molhamento foliar superior a 30 horas.

*Drechslera tritici-repentis* é um fungo necrotrófico com formação abundante de pseudotécios em restos culturais, de onde saem os ascósporos responsáveis pelo ciclo primário da doença. Durante o desenvolvimento desta, sob condições favoráveis, conidióforos e conídios são formados sobre as lesões e iniciam o ciclo secundário da doença (BACALTCHUCK et al., 2006).

Dentre as táticas de manejo da doença a rotação de culturas e o tratamento de sementes têm fundamental importância na redução do inóculo inicial. A utilização de cultivares resistentes também é muito importante, porém não existem cultivares com níveis satisfatórios de resistência (SANTOS et al., 2002). Por isso o controle químico com fungicidas é rotineiramente utilizado pelos produtores de trigo.

*Drechslera tritici-repentis* é um fungo com grande variabilidade morfológica, genética e patogênica (SANTOS, et al., 2002), porém com baixa produção de esporos sobre os tecidos do

hospedeiro. Bergamim et al. (1996) enfatizam que a baixa produção de esporos de patógenos em regiões tropicais não constitui uma desvantagem evolutiva, mas uma sábia estratégia, onde a energia é deslocada para o crescimento das lesões. Por isso a expansão da lesão é um componente importante da epidemia de muitos patógenos necrotróficos, entre eles o agente causal da mancha-amarela do trigo.

O surgimento de freqüentes epidemias da mancha-amarela em lavouras de trigo fez com que os programas de melhoramento buscassem genótipos mais resistentes à doença (MOSCHEN 2008). Uma das estratégias, talvez a mais importante, para diferenciar genótipos de trigo quanto a sua suscetibilidade à mancha-amarela é a quantificação do processo de expansão de lesão. Cultivares onde as lesões aumentam pouco de tamanho podem resultar em menor quantidade final de doença no campo, uma vez que este é um dos principais componentes da epidemia da mancha-amarela do trigo.

O presente trabalho teve como objetivo quantificar o processo de expansão de lesão pela mancha-amarela em diferentes cultivares de trigo.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Fitopatologia/Micologia e casa de vegetação da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo durante o período de agosto a dezembro de 2010, sendo que o Experimento 1 foi conduzido de agosto a novembro e Experimento 2 de setembro a dezembro.

As plantas foram cultivadas em casa-de-vegetação, em vasos de 5 Kg, contendo solo, sendo cinco plantas por vaso. Utilizaram-se os seguintes cultivares: Mirante, Vaqueano, Quartzo, Campeiro, Marfim, Pampeano, BRS Guamirim, Fundacep Horizonte, Fundacep 52 e Fundacep Raízes, que possuem diferentes reações a mancha-amarela conforme Tabela1. Para cada cultivar foi utilizado três vasos (repetições), organizados em blocos casualizados.

**Tabela 1.** Reação dos cultivares utilizados à mancha-amarela do trigo

Cultivares	Reação <sup>1</sup>
BRS Guamirim	SI
Campeiro	MR
Fundacep 52	MR
Fundacep Horizonte	S
Fundacep Raízes	MS
Marfim	MS
Mirante	MS/S
Pampeano	MS
Quartzo	MR
Vaqueano	MS/S

<sup>1</sup>MR= Moderadamente resistente; MS= Moderadamente suscetível; S= Suscetível; SI= Sem informação.

Fonte: Indicações Técnicas 2011.

## 2.1 Origem e obtenção do inóculo

Isolou-se o patógeno a partir de folhas de trigo do cultivar BRS Guamirim, procedentes do município de Coxilha-RS. Lesões típicas de mancha-amarela foram cortadas em fragmentos de 5 mm<sup>2</sup> e desinfestadas em solução aquosa de hipoclorito de sódio (1%) por três

minutos, sendo então lavadas três vezes com água destilada para retirar o excesso do desinfestante. Os fragmentos foram distribuídos em caixas de acrílico, tipo gerbox, contendo uma espuma de nylon e duas folhas sobrepostas de papel filtro, umidecidas com água destilada e esterilizada (ADE), formando uma câmara úmida. As caixas foram mantidas em ambiente com temperatura de  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$  e fotoperíodo de 12 horas, proporcionado por lâmpadas fluorescentes (40 W) posicionadas a 50 cm acima. Após cinco dias, com o auxílio de uma agulha histológica flambada, estruturas do patógeno foram transferidas para placas de Petri contendo meio de cultura de Batata-Sacarose-Ágar preparado segundo Fernandez (1995). A escolha do isolado deu-se partindo de estudos preliminares, onde este apresentou maior capacidade de esporulação em laboratório.

### **2.1.1 Isolamento monospórico**

Uma alíquota de 10 mL de água destilada e esterilizada foi adicionada a uma placa contendo colônia pura de *D. tritici-repentis*. Com auxílio de um pincel a colônia foi friccionada para remoção dos esporos da superfície. A suspensão foi então vertida em Becker, com posterior coleta de amostras de 10  $\mu\text{L}$  para contagem do número de conídios em microscópio óptico com magnitude de 100 vezes. Uma amostra de 0,5 mL dessa suspensão foi espalhada sobre a superfície de meio de cultura Ágar-Água e incubada em câmara de crescimento por 8 h, a  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ , na presença de luz. Com auxílio de lupa e estilete, pequenas porções de meios contendo um esporo germinado foram

transferidas para outras placas contendo meio de cultura BDA, sendo incubadas até o crescimento das colônias puras do fungo.

### **2.1.1 Esporulação**

*Drechslera tritici-repentis* é de relativamente difícil esporulação em laboratório, requerendo certas exigências nutricionais e períodos de estresse para formação de conídios. Por este motivo é requerida uma seqüência de eventos que se completam ao sétimo dia com a formação dos conídios. Primeiramente, discos de 5 mm de diâmetro, obtidos de colônias puras do fungo, foram transferidos para placas com meio de cultura V8-Ágar e incubados em BOD, a 25°C e escuro contínuo por cinco dias. As colônias foram cobertas com água destilada e esterilizada e pressionadas suavemente com a base de um tubo de ensaio. O excesso de água foi removido e as placas novamente incubadas a 25°C, porém com presença de luz contínua por 24 horas. A incubação foi então alterada para 15 °C e escuro contínuo por outras 24 horas. Os conídios formados foram removidos com pincel, usando água destilada e espalhante Tween, na proporção de uma gota para 500 mL de água.

### **2.2 Inoculação**

A densidade de conídios na suspensão foi determinada através de contagem em microscópio estereoscópico, a partir de três alíquotas de 10 µL, até a obtenção de uma concentração de 3000 conídios/mL. A inoculação foi realizada com pulverizador manual de 500 mL em

plantas com a folha bandeira totalmente exposta (estádio 9 da escala de Feeks & Large), (LARGE, 1954), até o ponto de escorrimento, sendo realizada no Exp. 1 no dia 27 de outubro de 2010 e no Exp.2 no dia 02 de dezembro de 2010. As plantas foram cobertas com sacos plásticos por 24 horas para formação de câmara úmida. Após este período, as plantas foram incubadas novamente em casa-de-vegetação.

### **2.3 Avaliação**

A partir do surgimento das lesões, cerca de 4 a 5 dias após a inoculação, trinta delas foram identificadas e numeradas aleatoriamente nas folhas, através de marcador permanente. As lesões foram mensuradas quanto ao seu tamanho, com ou sem o halo, com auxílio de um paquímetro digital (precisão de 0,01 mm), em intervalos de dois dias. Ao todo foram realizadas dez avaliações em um período de 21 dias no Exp. 1, e no Exp. 2 foram realizadas seis avaliações em um período de 11 dias. Como as lesões não são retangulares, utilizou-se um fator de correção para lesão sem e com halo (0,39 e 0,37) respectivamente, obtido anteriormente através da comparação da área real da lesão com as medições de largura e comprimento.

O comprimento e a largura da folha bandeira de cada cultivar foram registrados. A área da lesão foi expressa como uma proporção.

### **2.4 Análise dos Dados**

Neste estudo, os dados foram observados numa mesma

unidade experimental ao longo do tempo, o que caracteriza um estudo longitudinal. Nestes casos, a análise de variância clássica leva à violação da independência entre as observações que esta técnica pressupõe. Por outro lado, os modelos lineares de efeitos mistos permitem explorar e modelar adequadamente a variabilidade de dados com erros aleatórios, coletados ao longo do tempo e, possivelmente, com algum nível de correlação entre si. Deste modo, modelos lineares mistos foram usados para avaliar a expansão no tamanho da lesão de mancha amarela no tempo em cada uma das cultivares. O intervalo de tempo foi modelado como efeito aleatório (longitudinal), usando o método RMLE (Restricted Maximum Likelihood Estimation).

Um modelo estatístico é considerado de efeito misto quando relaciona ao preditor linear (resposta) efeitos fixos (observados) e aleatórios (não observados) simultaneamente. Usando notação matricial, os modelos podem ser representados por:

$$y = X\beta + Z\gamma + \varepsilon$$

Onde,  $y$  é um vetor de observações  $n \times 1$ ,  $\beta$  é um vetor  $p \times 1$  de efeitos fixos (observados),  $\gamma$  é um vetor  $q \times 1$  de efeitos aleatórios (não observados),  $\varepsilon$  é um vetor  $n \times 1$  para os erros aleatórios,  $X$  é uma matriz  $n \times p$  do desenho experimental para os efeitos fixos em relação as observações  $y$  em  $\beta$ ,  $Z$  é uma matriz  $n \times q$  do desenho experimental para os efeitos aleatórios em relação as observações  $y$  em  $\gamma$ . Os vetores  $\gamma$  e  $\varepsilon$  são assumidos independentes.

Estatísticas descritivas foram geradas para todas as variáveis do estudo. A precisão do modelo pode ser avaliada por critérios de informações estatísticas. Neste trabalho, foram utilizados três

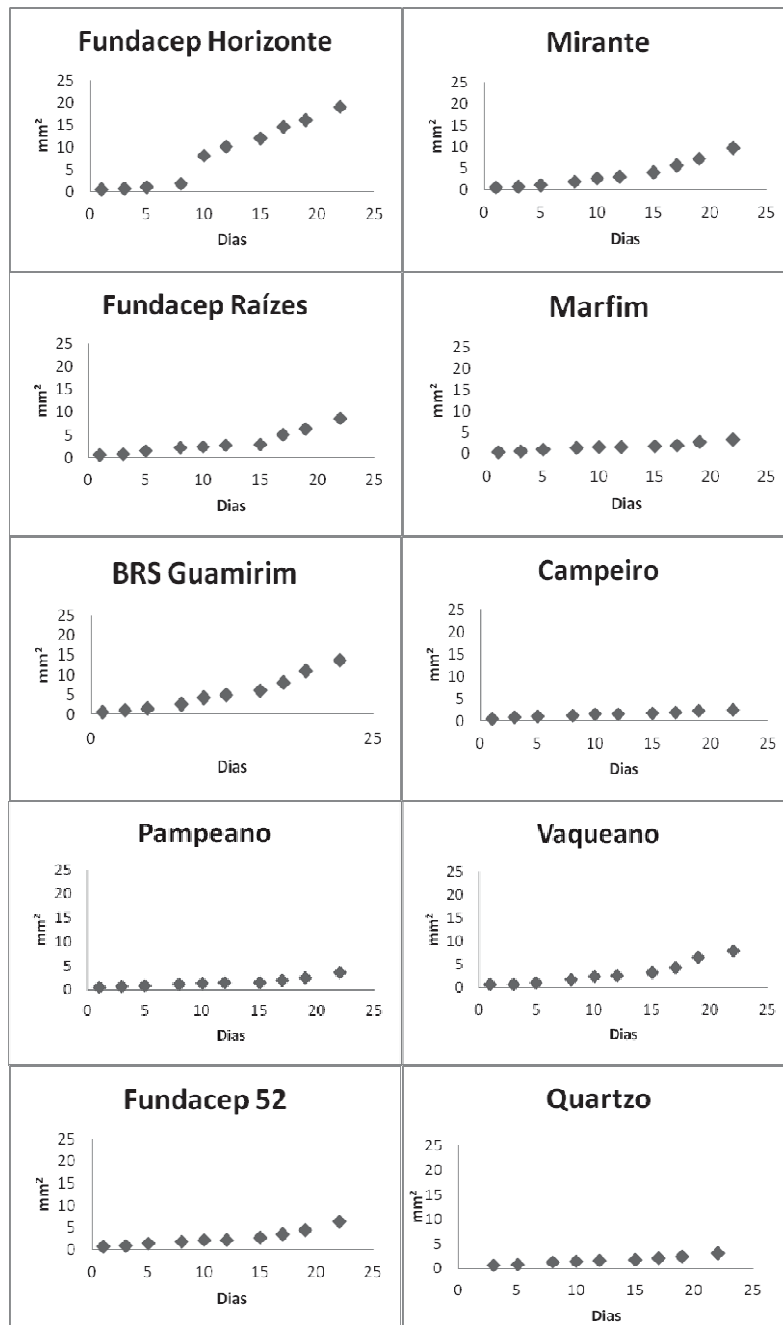


critérios: Critério de Informação de Akaike (AIC) (SAKAMOTO et al., 1986), Critério de Informação Bayesian (BIC) (SCHWARZ, 1978.). As análises foram realizadas com o programa estatístico e gráfico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012). Foram utilizados os pacotes lme4 (BATES et al., 2011), lattice (SARKAR, 2008) e latticeExtra (SARKAR, 2008). Os resíduos do modelo foram examinados para a pressuposição de normalidade.

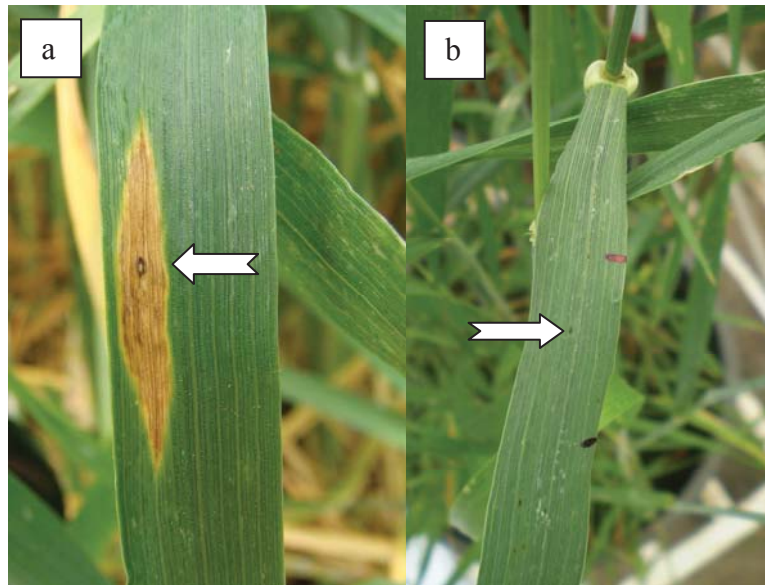
### **3 RESULTADOS**

As lesões da mancha-amarela apareceram 4 a 5 dias após a inoculação. O tamanho inicial das mesmas entre os cultivares variou de 0,0135 a 0,0237 mm<sup>2</sup>, com uma média de 0,0173 mm<sup>2</sup>.

O progresso da expansão das lesões de mancha-amarela variou entre os experimentos e entre as diferentes cultivares de trigo, como pode ser observado na Figuras 1.

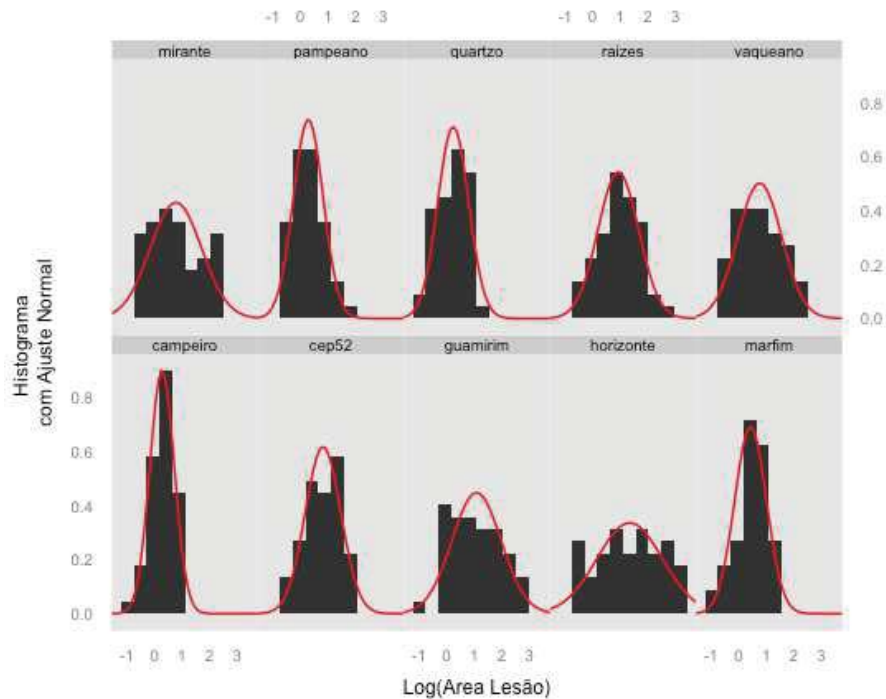


**Figura 1:** Aumento da lesão da mancha-amarela, em diferentes cultivares de trigo, no período de 21 dias após a inoculação. Dados consideram apenas a área necrosada. UPF, Passo Fundo, 2011.



**Figura 2.** Diferenças em tamanho de lesão da mancha-amarela nos cultivares de trigo Fundacep Horizonte (a) e Campeiro (b). As setas apontam para a área da folha com lesão de mancha-amarela.

A figura 3, ilustra a comparação de um conjunto de histogramas sobrepostos pela curva normal de densidade representando a distribuição de freqüências do tamanho de lesão de mancha-amarela para cada uma das cultivares no estudo. A forma dos histogramas e da curva de densidade variou entre os cultivares. No conjunto, destaca-se a comparação da distribuição do tamanho das lesões, na escala logarítmica, entre os cultivares campeiro e horizonte.



**Figura 3:** Distribuição da frequência do tamanho de lesões da mancha amarela do trigo (barras verticais) e a curva normal de densidade (linha contínua).

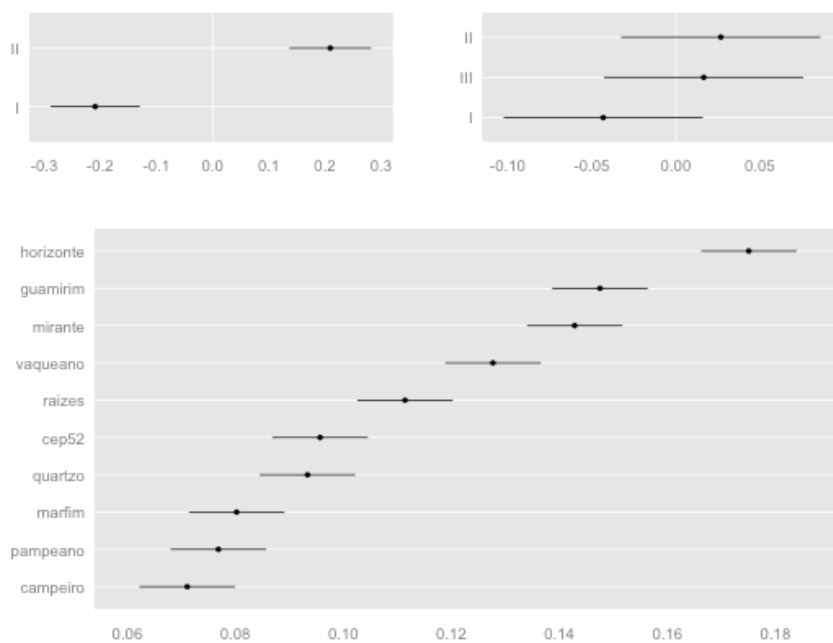
No cultivar campeiro, o tamanho médio das lesões foi de 0,27mm e desvio padrão de 0,44mm. Enquanto que no cultivar Horizonte o tamanho médio das lesões foi de 1,34mm e o desvio padrão de 1,18mm. Entre os diferentes modelos lineares mistos avaliados, o modelo 3 (Tabela 2) foi o que apresentou o melhor ajuste seguindo os critérios de índices estatísticos dados por AIC, BIC e LogLik.

**Tabela 2.** Modelos lineares mistos testados na área de lesões de mancha amarela em intervalos de tempo em diferentes cultivares de trigo. GL = Graus de Liberdade, AIC = Akaike information criterion, BIC = Bayesian information criterion, logLik = log likelihood.

<b>Variável de resposta</b>	<b>DF</b>	<b>AIC</b>	<b>BIC</b>	<b>LogLik</b>
<b>Log (área da lesão)</b>				
Modelo 1: $\log(\text{areaL}) \sim (0 + \text{cultivar}) + \text{offset}(\log(\text{areaF})) + (1   \text{bloco}) + (1   \text{exp}) + (\text{dia}   \text{cultivar})$	16	381,99	448,77	-174,99
Modelo 2: $\log(\text{areaL}) \sim (0 + \text{cultivar}) + \text{offset}(\log(\text{areaF})) + (1   \text{bloco}) + (1   \text{exp}) + (1   \text{cultivar})$	14	1047,66	1106,09	-509,83
Modelo 3: $\log(\text{areaL}) \sim (0 + \text{cultivar}) + \text{offset}(\log(\text{areaF})) + (1   \text{bloco}) + (1   \text{exp}) + (0 + \text{dia}   \text{cultivar})$	14	377,99	436,42	-174,99
Modelo 4: $\log(\text{areaL}) \sim (0 + \text{cultivar}) + \text{offset}(\log(\text{areaF})) + (1   \text{bloco}) + (1   \text{exp}) + (1   \text{cultivar}) + (0 + \text{dia}   \text{cultivar})$	15	379,99	442,60	-174,99

O valor médio e o intervalo de confiança na taxa de progresso de mancha amarela para os efeitos aleatórios de bloco e experimentos obtidos pelo modelo 3 são apresentados na parte superior da figura 4. Enquanto que os valores médios e intervalos de confiança do tamanho da área da lesão de mancha amarela para os efeitos fixos de cada uma das cultivares obtidos pelo modelo 3 são apresentados na parte inferior da figura 4. O valor médio do tamanho da área da lesão de mancha amarela diferiu entre os experimentos. Já valor médio do tamanho da área da lesão de mancha amarela não diferiu entre os blocos.

O maior tamanho da área média das lesões de mancha amarela foi observado na cultivar horizonte. A área média das lesões na cultivar guamirim foi maior que na cultivar vaqueano mas similar a da cultivar mirante. A área média das lesões na cultivar raízes foi maior que nas cultivares marfim, pampeano e campeiro mas, foi similar as cultivares cep 52 e quartzo.



**Figura 4.** Valores da área da lesão da mancha amarela do trigo nos experimentos e nos blocos (parte superior). Os pontos representam o tamanho médio da lesão na escala logarítmica e a linha horizontal o intervalo de confiança. No gráfico maior, é apresentado o valor médio e o respectivo intervalo de confiança para a taxa de progresso da expansão da lesão para diferentes cultivares de trigo (parte inferior).

#### 4 DISCUSSÃO

Nesta pesquisa, o tamanho inicial das lesões foi muito similar entre os cultivares, que depois apresentaram grande variação na área final. Pode-se inferir que as diferenças em resistência/suscetibilidade são menores ou inexistentes no ato da infecção, mas se manifestam após, de forma a restringir o progresso da lesão. Com base nesta constatação, medições do tamanho da lesão poderiam ser incluídas na avaliação de genótipos em programas de melhoramento de trigo, como também já proposto por Johnson & Taylor (1976).

Segundo Bergamin et al. (1996), quando a expansão da lesão apresenta taxas elevadas, como observado neste trabalho, a taxa básica de infecção representada pelas lesões novas, originadas via esporos, mostra pouco efeito no progresso da doença e na severidade. Reitera-se assim a importância que a expansão de lesão representa para patossistemas que envolvem patógenos necrotróficos, como é o caso da mancha-amarela.

Conforme Luz (1982), os sintomas da mancha-amarela dependem da cultivar de trigo e do patótipo, que se baseia na possibilidade de produzir necrose ou clorose. Neste trabalho, houve maior variação entre cultivares quando avaliou-se somente a área necrosada. Quando o halo foi incluído, as diferenças diminuíram. Como a clorose e a necrose podem ser causadas pela ação de diferentes toxinas, infere-se que as diferenças entre os cultivares está mais relacionada às enzimas responsáveis pela necrose.

Os resultados obtidos a partir da avaliação da expansão da lesão neste experimento se correlacionam com observações de campo,

onde os cultivares com lesões maiores são aqueles que impõem mais dificuldade ao manejo. Enquanto aqueles onde a lesão expande menos são os que apresentam menor intensidade da mancha-amarela nas lavouras. Assim, comprova-se a importância deste processo na epidemiologia da doença.

## **5 CONCLUSÕES**

Cultivares de trigo podem diferir pouco em relação ao tamanho inicial das lesões da mancha-amarela do trigo, mas muito no progresso subsequente que as mesmas apresentam. A taxa de progresso na escala logarítmica foi de mais ou menos 0,07 a 0,175 nos cultivares Campeiro e Fundacep Horizonte, respectivamente. Este comportamento se correlaciona com observações de campo com os mesmos cultivares e comprova a importância da expansão da lesão na epidemiologia da mancha-amarela. Monitorar o progresso das lesões mostra-se, também, ferramenta útil à diferenciação de genótipos em programas de melhoramento de trigo visando resistência à manchas foliares.



## CAPÍTULO II

### **EFEITO DA TEMPERATURA E DA UMIDADE RELATIVA SOBRE A EXPANSÃO DE LESÃO DA MANCHA-AMARELA DO TRIGO E A ESPORULAÇÃO DE *Drechslera tritici-repentis***

**CAMILA RANZI<sup>1</sup>**

**RESUMO** – O fungo *Drechslera tritici-repentis* é o agente causal da mancha-amarela do trigo, doença limitante à cultura em várias regiões produtoras no mundo. A expansão das lesões existentes é um dos componentes da epidemia. O objetivo do trabalho foi estudar a relação da temperatura e umidade relativa com este processo e, também, a esporulação do patógeno. Os ensaios foram conduzidos em câmaras climatizadas, sob duas temperaturas (18 e 25 °C) e dois regimes de umidade relativa (70 e 93%). Utilizaram-se plantas dos cultivares Mirante, Fundacep Horizonte e Fundacep Raízes, as quais foram inoculadas no estágio de três folhas expandidas, com uma suspensão de 3000 conídios/mL. As lesões foram medidas em intervalos de três dias, a partir do aparecimento dos sintomas. Não houve efeito das temperaturas sobre a taxa de expansão de lesão, porém esta foi maior na umidade relativa de 93%. Apesar da condição favorável de incubação, o fungo não esporulou sobre as lesões no período de 10 dias após a inoculação. Os cultivares Fundacep Horizonte e Fundacep Raízes apresentaram maior expansão de lesão que o Mirante. Neste

---

<sup>1</sup>Agrônoma, mestranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração Fitopatologia.

trabalho, a expansão de lesão da mancha-amarela foi influenciada pela umidade relativa e não pela temperatura.

**Palavras-chave:** Manchas foliares, epidemias.

**EFFECT OF TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY  
ON LESION EXPANSION OF TAN SPOT OF WHEAT AND  
THE SPORULATION BY *DRECHSLERA TRITICI-REPENTIS***

**ABSTRACT** - The fungus *Drechslera tritici repentis* is the causal agent of tan spot, a major disease of wheat in many production regions of the world. The lesion expansion is an important component of tan spot epidemics, and its relationships with temperature and relative humidity were studied in two trials developed in grow chambers. Wheat plants of the cultivars Mirante, Fundacep Horizonte and Fundace Raízes were incubated at 18 and 25 °C, at both 70 and 93% relative humidity, and inoculated at V3 (plants with three leaves) with a spore suspension of 3000 conidia/mL. Lesion measurements started at the first disease symptom and were repeated at 3-day intervals. The rate of lesion expansion was similar for 18 and 25 °C but higher at 93% relative humidity. Although the conducive incubation conditions the fungus did not sporulate within 10 days after inoculation. The cultivars Fundacep Horizonte and Fundacep Raízes showed higher rate of lesion increase than Mirante. In this research trial lesion expansion was more influenced by relative humidity than temperature.

**Key-words:** Leaf blights, epidemics.

## 1 INTRODUÇÃO

O cultivo de trigo no Brasil é limitado por uma série de fatores, entre eles, as condições de clima e solo, pragas e doenças, os quais formam um complexo que, muitas vezes, impossibilita o rendimento econômico em determinadas regiões (PRATES & FERNANDES, 2001). Entre as doenças da cultura, a mancha-amarela, causada pelo fungo *Drechslera tritici-repentis*, está entre as principais, pelas perdas econômicas que causa e pela dificuldade de controle, uma vez que não há cultivares resistentes a ela.

Segundo Santana (2009), a ocorrência da doença requer temperatura entre 18 e 28°C e molhamento de 30 horas. O autor ressalta que, na safra 2008/2009, ocorreram grandes perdas devido a manchas foliares, em função do excesso de chuvas ocorrido na primavera. Somente em outubro a precipitação pluvial acumulada atingiu 351,7 mm, quando o normal seria 167,1 mm.

A temperatura age como catalisador dos processos biológicos, razão pela qual tanto as plantas como os patógenos requerem uma temperatura mínima para crescer e desenvolver normalmente suas atividades (REIS, 2004). A água influencia no estabelecimento e no desenvolvimento das doenças parasitárias de muitas maneiras. Seu efeito mais importante é estimular a germinação dos esporos dos fungos e a penetração do tubo germinativo (REIS et al., 2001).

A maioria dos estudos relacionando clima à ocorrência da mancha-amarela é direcionada às condições necessárias à infecção da planta pelo patógeno. Contudo, por ser este um fungo necrotrófico com ativa produção de toxinas, as lesões crescem significativamente

no período subsequente à infecção, processo conhecido como expansão de lesão. A influência do ambiente sobre o mesmo ainda é pouco conhecida.

Este trabalho teve como objetivo verificar o efeito da temperatura e umidade relativa sobre o processo de expansão de lesão da mancha-amarela do trigo, assim como sobre a esporulação do patógeno.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fitopatologia/Micologia e câmaras climatizadas da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo durante o período dezembro de 2010 a março 2011.

### **2.1 Cultivo e acondicionamento das plantas**

As plantas foram cultivadas em copos plásticos de 500 mL, com uma mistura de solo e vermiculita, em proporção 3:1, respectivamente. Utilizaram-se os cultivares: Mirante, Fundacep Horizonte e Raízes. Mantiveram-se em média cinco plantas por copo. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições, sendo cada vaso uma repetição. As plantas foram mantidas em câmaras climatizadas com temperatura ajustada para 18 °C até ser realizada a inoculação, quando então foram separadas em grupos, como descrita posteriormente.

## **2.2 Monitoramento da umidade relativa e temperatura ambiente**

Utilizou-se o aparelho UTReg S1615 Squitter, que é um registrador de temperatura e umidade. Ele é um equipamento compacto, acondicionado em uma única caixa de poliestireno vedada, ideal para operação em ambientes coberto, têm capacidade de armazenar até dez mil registros de umidade e temperatura, com tempo de retenção de 10 anos. Estes dados podem ser transmitidos para um computador via porta serial RS-232C, o aparelho opera com pilhas alcalinas. No experimento fez-se uma abertura na caixa plástica para que a extremidade do aparelho acoplasse e vedou-se para que o sensor do aparelho permanecesse dentro da câmara úmida, registrando assim a UR e temperatura dentro da caixa onde estavam plantas submetidas a este regime de UR. Já para o grupo de plantas que permaneceu sem câmara úmida, utilizou-se o termohigrógrafo que também registra UR e temperatura através de um sistema de relógio movido a corda que faz os registros em carta gráfica, podendo variar de -30 a 50°C com precisão de +/- 2% e UR de 0 a 100% de UR com precisão e +/- 3%.

## **2.3 Inoculação**

A obtenção dos esporos e a calibração do inóculo foi realizada como descrito no capítulo anterior. A densidade de esporos na suspensão foi ajustada para  $3 \times 10^3$  conídios/mL. A inoculação foi realizada com pulverizador manual de 500 mL, até o ponto de escorrimento, em plantas no estádio de três folhas expandidas. As mesmas foram cobertas com capas plásticas para manutenção de

câmara úmida por 24 horas. Todas as plantas foram mantidas na câmara de 18°C até completar às 24h em câmara úmida favorecendo a germinação e penetração do fungo.

#### **2.4 Incubação após inoculação**

Após a inoculação as plantas foram divididas em grupos para avaliar o efeito da temperatura (Experimento A) e da umidade relativa (Experimento B). No primeiro caso duas câmaras climatizadas foram usadas, uma com temperatura de 18 °C e outra a 25 °C, ambas com fotoperíodo de 12 h. Dentro de cada câmara, as plantas foram separadas em dois grupos, um mantido com capa plástica para maior umidade relativa (93%) e outro sem (UR = 70%). O trabalho foi realizado duas vezes.

#### **2.5 Avaliação do tamanho das lesões**

A partir do surgimento das lesões, cerca de 3 dias após a inoculação, escolheram-se aleatoriamente 48 lesões/tratamento, a maioria na terceira folha expandida, as quais foram identificadas com marcadores permanentes para avaliações seqüenciais do seu tamanho. As lesões foram mensuradas quatro vezes, em intervalos de três dias, com um paquímetro digital, considerando o comprimento e largura da lesão, com ou sem o halo. Como as lesões não são retangulares, utilizou-se um fator de correção para lesão sem e com halo (0,69 e 0,66) obtido anteriormente através da comparação da área real da lesão com as medições de largura e comprimento. Os resultados foram

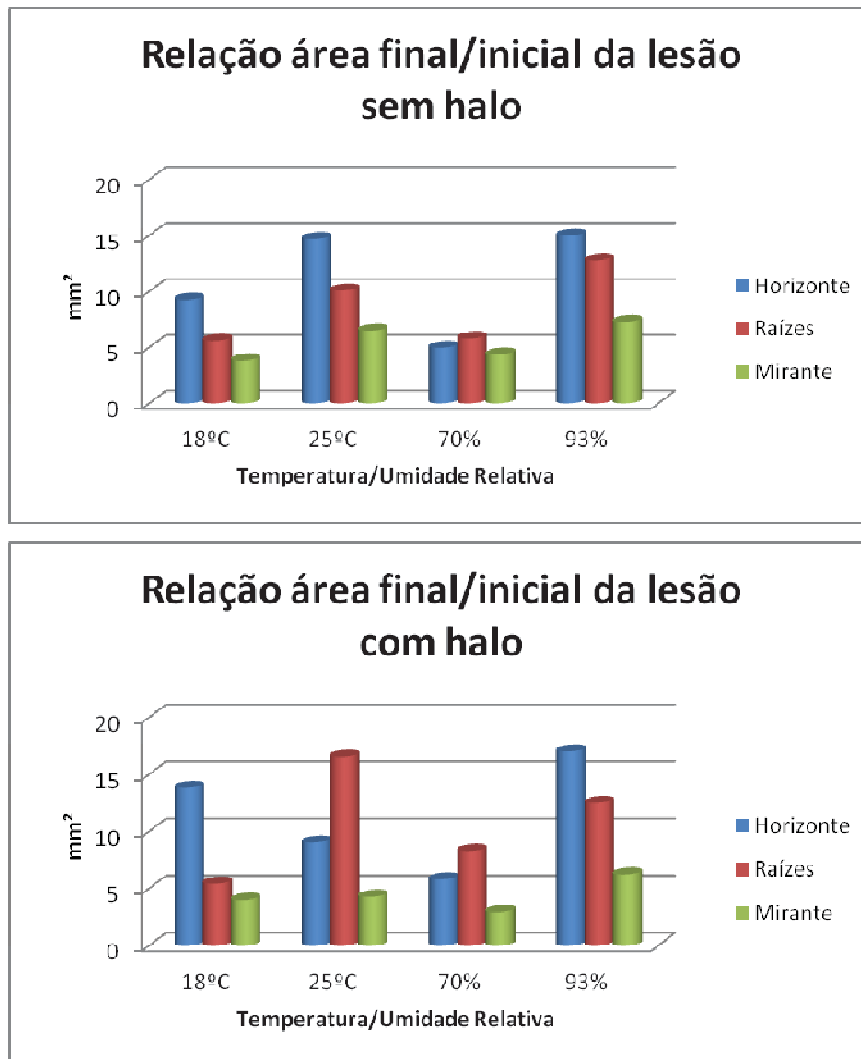
submetidos à análise de variância e regressão não linear pelo modelo  $y = ae^{bx}$ , onde  $y$  = área da lesão,  $a$  = parâmetro da equação,  $x$  = tempo em dias e  $b$  = taxa de expansão de lesão. Posteriormente, os cultivares foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## **2.6 Avaliações da esporulação**

Uma vez concluídas as avaliações da área das lesões, as folhas contendo lesões com número e tamanho conhecidos foram cortadas em pequenos pedaços, colocadas em tubos de ensaio com 3 mL de água destilada + espalhante Tween e agitadas por dois minutos. Alíquotas de 10  $\mu$ L foram retiradas e colocadas sobre lâminas de vidro para contagem de esporos ao microscópio.

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A temperatura de incubação não exerceu efeito significativo sobre a taxa de progresso da lesão (Figura 1 e Tabela 1). As médias observadas em cada cultivar ou no conjunto delas não chegaram a diferir estatisticamente entre as temperaturas de 18 °C e 25 °C, embora, esta última tenha proporcionado valores numericamente maiores, exceto para o cultivar Fundacep Raízes. Esse comportamento foi observado para medições da lesão com ou sem o halo amarelado. Entre os cultivares utilizados, Fundacep Horizonte e Fundacep Raízes apresentaram taxas maiores que Mirante.



**Figura 1:** Relação entre a área ( $\text{mm}^2$ ) da lesão final e a inicial da mancha-amarela em diferentes cultivares e condições de incubação. Sem (figura superior) ou com o halo amarelado incluso (figura inferior). UPF, Passo Fundo, 2011.



**Tabela 1:** Taxa de expansão de lesão (mm<sup>2</sup>/dia) da mancha-amarela do trigo em função da temperatura de incubação e de cultivares

Temperatura (°C)	Cultivar			Média
	Horizonte	Raízes	Mirante	
<u>Sem halo</u>				
18	0,12	0,09	0,05	0,08 ns <sup>2</sup>
25	0,11	0,14	0,06	0,10
Média	A <sup>1</sup> 0,12	A 0,11	B 0,06	
C.V. (%)	24,26			
<u>Com halo</u>				
18	0,15	0,08	0,05	0,10 ns
25	0,14	0,19	0,10	0,14
Média	A 0,15	A 0,14	B 0,08	
C.V. (%)	35,06			

<sup>1</sup>Médias seguidas por mesmas letras maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade do erro. Análise com dados transformados segundo  $x = \sqrt{x}$

<sup>2</sup>Não significativo pela análise de variância.

Analisando o efeito da umidade relativa (Tabela 2), também baseado na média de dois experimentos, verificou-se a maior taxa de expansão de lesão em plantas submetidas à UR de 93% com média de 0,20 mm<sup>2</sup>/dia, variando de 0,25 (Horizonte) a 0,14 (Mirante). Na UR de 70% a média ficou em 0,11 mm<sup>2</sup>/dia, com variação de 0,12 (Horizonte) e 0,10 (Mirante). Os cultivares Horizonte e Raízes foram semelhantes entre si, com uma taxa média de 0,18 mm<sup>2</sup>/dia, a qual foi superior a do Mirante (0,11).

**Tabela 2:** Taxa de expansão de lesão (mm<sup>2</sup>/dia) da mancha-amarela do trigo em função da umidade relativa e de cultivares

Umidade relativa (%)	Cultivar			Média
	Horizonte	Raízes	Mirante	
<u>Sem halo</u>				
70	0,12	0,13	0,10	0,11 b <sup>1</sup>
93	0,25	0,23	0,14	0,20 a
Média	A 0,18	A 0,18	B 0,11	
C.V. (%)	15,50			
<u>Com halo</u>				
70	0,14	0,25	0,07	0,15 b
93	0,30	0,28	0,14	0,24 a
Média	A 0,22	A 0,27	B 0,11	
C.V. (%)	19,35			

<sup>1</sup>Médias seguidas por mesmas letras, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade do erro. Dados transformados para análise de acordo com  $x = \sqrt{x}$

Em trabalho realizado por Prates & Fernandes (2001), com a mancha-marrom do trigo, causada pelo fungo *Bipolaris sorokiniana*, a temperatura exerceu influência na expansão das lesões. As taxas foram mais elevadas na faixa de 23 a 30 °C. Conseqüentemente, a mancha-marrom predomina em primaveras mais quentes ou regiões tritícolas com temperaturas médias mais elevadas. A faixa de temperatura favorável ao desenvolvimento da doença à campo é ampla, desde 5 °C a 28 °C (REIS et al., 2011), é inferior à requerida por *B. sorokiniana*, o que poderia explicar a predominância da mancha-amarela no Rio Grande do Sul.

Nesse trabalho procurou-se trabalhar com temperaturas de três graus acima do limite inferior e três abaixo do superior para ficar

dentro de um ótimo para o fungo (18 a 25 °C). Talvez por isso, as diferenças não tenham sido significativas estatisticamente.

Em epidemias naturais a taxa de expansão de lesão, em diferentes patossistemas, além da temperatura, pode variar em função de outros fatores como a posição da folha (Eckhardt *et al.*, 1984), idade da lesão ou do hospedeiro (Hood *et al.*, 1996; Koch *et al.*, 1991; Shaner, 1983; Subbarao *et al.*, 1995) e a densidade de lesões. Neste trabalho, as variáveis acima foram uniformizadas, de modo a não influenciar nos resultados.

Bergamin Filho & Amorim (1996) argumentam que a expansão da lesão pode ser uma alternativa que os patógenos utilizam quando as condições ambientais não são as mais favoráveis à esporulação e infecção. Os resultados obtidos nesta pesquisa, em parte, contrariam o que afirmam os autores, uma vez que a maior umidade relativa do ar proporcionou maior expansão da lesão. Resultados semelhantes a estes foram também obtidos por Shoemaker *et al.* (1977), Vitti *et al.* (1995) e Everts *et al.* (1996) que associaram maior expansão de lesão com períodos prolongados de orvalho.

Não foi observada esporulação de *D. tritici-repentis* sobre as lesões na folha de trigo. Assim como afirma Morrall & Howard (1975), o patógeno demonstrou não esporular sobre lesões nas folhas, afirma que a maioria dos conídios e ascósporos são originados de gramíneas mortas infectadas. Reis *et al.* (2011), porém, enfatiza que a produção de conídios ocorre de -22,0 a -26,0 Mpa, ou seja ficando entre 83 a 85% de umidade relativa do ar, e que a luz é necessária a formação de conidióforos, no entanto, os conídios são produzidos somente no escuro e sob temperatura de 10 a 25°C, com um ótimo de

21°C. No campo os conídios são encontrados em folhas mortas próximas ao solo. Hosford; Hosford & Busch (1972; 1974), também afirmam a idéia de que o fungo passa a esporular quando as folhas atingem um estado avançado de senescência, isso explicaria então o porquê não se observou no estudo esporulação do patógeno sob as folhas.

#### **4 CONCLUSÕES**

A expansão de lesão pela mancha-amarela tende a ser mais influenciada pela umidade relativa e menos pela temperatura.

A expansão lesão é maior com o aumento da umidade relativa.

O fungo *D. tritici-repentis* apresenta baixa esporulação sobre as lesões em folha, o que suporta a importância da expansão de lesão como componente importante da epidemia pela mancha-amarela do trigo.

### CAPÍTULO III

## CONTRIBUIÇÃO DA EXPANSÃO DE LESÃO NO PROGRESSO DA EPIDEMIA DA MANCHA-AMARELA DO TRIGO

CAMILA RANZI<sup>1</sup>

**RESUMO** – A mancha-amarela do trigo, causada pelo fungo necrotrófico *Drechslera tritici-repentis*, é uma das principais doenças da cultura. Esse patossistema se caracteriza por apresentar o processo de expansão de lesão, cuja contribuição ao progresso da epidemia ainda é pouco conhecida. Por este motivo, dois experimentos foram conduzidos na UPF, em 2011, com os cultivares de trigo Fundacep Horizonte, Fundacep Raízes, Mirante, Pampeano e Quartzo, a fim de avaliar a contribuição da expansão da lesão na severidade da doença.. Plantas cultivadas em vaso, até o estágio de três folhas expandidas, foram divididas em três grupos e inoculadas uma, duas ou três vezes, respectivamente. Utilizou-se uma suspensão de 3000 conídios/mL, produzidos em meio de cultura V8 - Ágar. Aos cinco, 10 e 15 dias após as inoculações (DAI), as plantas foram avaliadas quanto à porcentagem de severidade. Embora tenham ocorrido variações entre as cultivares em sua suscetibilidade à mancha-amarela, a expansão de lesão se mostrou um importante componente da epidemia,

---

<sup>1</sup> Agrônoma, mestranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração Fitopatologia.

respondendo por mais de 80% do total da doença, especialmente nos seus estágios iniciais.

**Palavras-chave:** *Pyrenophora tritici-repentis*, *Drechslera tritici-repentis*, severidade

### **CONTRIBUTION OF LESION EXPANSION ON EPIDEMICS OF TAN SPOT OF WHEAT**

**ABSTRACT** - Tan spot, caused by the necrotrophic fungus *Drechslera tritici-repentis*, is one of the most important disease of wheat. Lesion expansion is one of the components of than spot epidemics, but its contribution to the total disease is unknown. In two trials performed in grow chamber at UPF in 2011, with the cultivars Fundacep Horizonte, Fundacep Raízes, Mirante, Pampeano and Quartzo, the contribution of lesion expansion to disease severity was examined. Potted plants with three expanded leaves were split in three groups and inoculated once, twice or three times with a spore suspension containing 3000 conidia/mL. At five, 10, and 15 days after inoculation (IAD) the same plants were assessed for percent disease severity. Although there were variations in disease susceptibility among cultivars, lesion expansion accounted for more than 80% of the total disease, especially in early stages of the epidemic.

**Key-words:** *Pyrenophora tritici-repentis*, *Drechslera tritici-repentis*, severity

## 1 INTRODUÇÃO

A mancha-amarela é uma das principais doenças do trigo. Seu agente causal, o fungo *Drechslera tritici-repentis* sobrevive, principalmente, em sementes e restos culturais, a partir dos quais ele infecta as folhas causando lesões primárias. Nestas, o fungo produz novos esporos, os quais são disseminados pelo vento até as folhas ou plantas vizinhas, originando ciclos secundários da doença (REIS & CASA, 2005).

Bergamin Filho & Amorim (1996) afirmam que via clássica ou horária de uma epidemia é aquela medida pela produção de esporos e estabelecimentos de novas infecções. Contudo, os autores ilustram mecanismos alternativos para o aumento da epidemia por determinados patógenos, especialmente os necrotróficos e em regiões de clima tropical. Uma via alternativa ou anti-horária é aquela mediada pela expansão das lesões já existentes nos tecidos, o que ocorreria principalmente sob condições desfavoráveis à esporulação, como ausência de umidade ou temperaturas extremas.

Berger et al. (1997) reúnem vários exemplos de patossistemas onde a expansão desempenha papel importante no progresso da epidemia. Estudos com outros fungos causadores de manchas foliares em cereais de inverno mostraram a importância da expansão de lesão em cevada (MENEGON et al., 2005) e trigo (PRATES & FERNANDES, 2001). Em relação à mancha-amarela do trigo, é

comum observar sintomas de diferentes tamanhos em uma mesma folha, indicando a ocorrência da expansão das lesões.

A expansão de lesão pode desempenhar papel importante no progresso da doença e na severidade final. Estudos com a ferrugem amarela do trigo, causada pelo fungo *Puccinia striiformis* mostraram que uma redução de 50% na velocidade de crescimento da lesão tem efeito maior no desenvolvimento da epidemia que uma redução da mesma magnitude na quantidade de esporos produzidos (SHRUM, 1975).

Patossistemas que apresentam expansão de lesão impõem mais dificuldades ao seu manejo, visto que os fungicidas apresentam limitada ação sobre este processo. Muitos ingredientes ativos atuam mais fortemente sobre a germinação do esporo e a penetração do fungo na planta, portanto, antes do estabelecimento das lesões.

Em relação à mancha-amarela do trigo, há poucas informações sobre o processo de expansão de lesão, especialmente sobre sua contribuição no progresso da epidemia, assunto o que corresponde ao objetivo deste trabalho.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fitopatologia/Micologia e câmaras climatizadas da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo durante o período maio a julho de 2011.

### **2.1 Cultivo e acondicionamento das plantas**



As plantas foram cultivadas em copos plásticos de 500 mL, com uma mistura de solo e vermiculita, em proporção 3:1, respectivamente. Utilizaram-se os cultivares: Mirante, Fundacep Horizonte, Raízes, Quartzo e Pampeano. Mantiveram-se em média cinco plantas por copo. As mesmas foram mantidas em câmara climatizada de 18°C e fotoperíodo de 12h. O delineamento experimental foi em blocos casualizados onde cada vaso constituiu uma unidade experimental, repetidos quatro vezes. O trabalho foi realizado duas vezes.

## **2.2 Inoculação**

As plantas foram divididas em três grupos. O primeiro recebeu apenas uma inoculação, o segundo duas, e o terceiro recebeu três, com intervalos de cinco dias entre elas. Os esporos, obtidos conforme procedimentos descritos nos capítulos anteriores foram removidos com auxílio de pincel, água destilada e esterilizada com uma gota de espalhante Tween/500 mL. A densidade de esporos na suspensão foi também mantida de  $3 \times 10^3$  conídios/mL em cada inoculação, a qual se deu com pulverizador manual de 500 mL nas plantas quando atingiram três folhas completamente expandidas até ponto de escorrimento, em seguida cobriram-se as plantas com sacos plásticos por 24 horas, de modo a formar uma câmara úmida, esse procedimento repetiu-se em cada inoculação.

## **2.2 Avaliação**

As avaliações basearam-se em notas de severidade, realizadas no mesmo dia das inoculações e aos cinco, 10 e 15 dias após, realizadas pelo mesmo avaliador.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As plantas de trigo foram inoculadas uma, duas ou três vezes para simular a ocorrência de ciclos secundários da mancha-amarela. As lesões foram analisadas quanto à formação de esporos do patógeno, o que não ocorreu. Portanto, descarta-se a possibilidade de ciclos secundários aleatórios. Assume-se que o progresso da doença foi devido a dois fatores, às novas infecções produzidas pelas inoculações e à expansão da lesões.

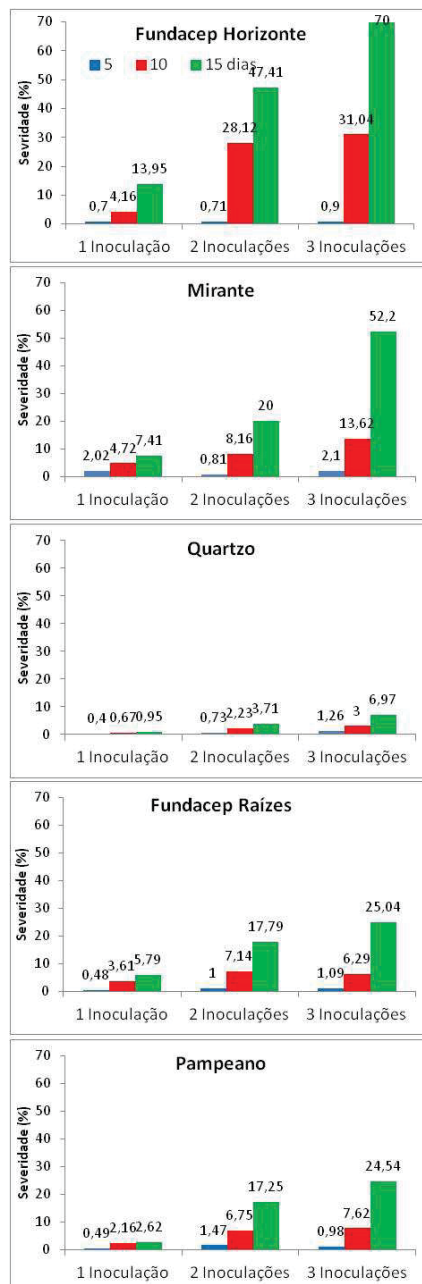
Houve grande diferença entre os cultivares de trigo com relação ao progresso da doença. No experimento 1 (Figura 1), Fundacep Horizonte apresentou os maiores valores de severidade (até 70%) e Quartzo os menores (6,97%). No experimento 2 (Figura 2), a severidade final variou de 6,58% para o Quartzo até 39,79% para o Fundacep Horizonte.

A severidade da mancha-amarela foi proporcional ao número de inoculações realizadas. Utilizando-se a média dos cultivares como parâmetro, a severidade variou de 6,14% (uma inoculação) a 21,23% (duas inoculações) e 35,75% (três inoculações) no experimento 1. No experimento 2 estes valores foram 3,93%, 7,99% e 23,92%, respectivamente.

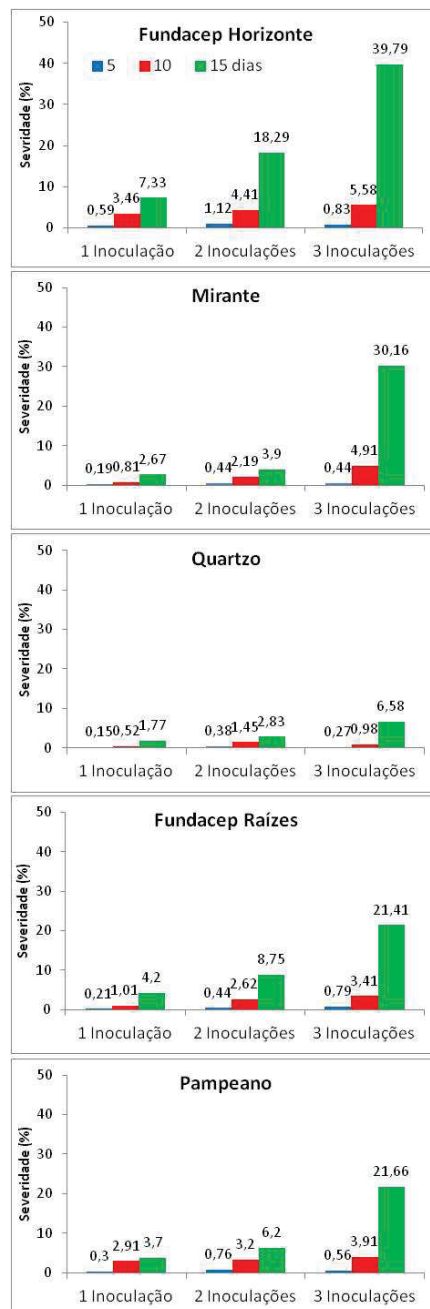
A expansão das lesões contribuiu significativamente para o aumento da severidade. Utilizando-se como exemplo o cultivar Fundacep Horizonte, experimento 1, uma inoculação, a severidade

inicial foi 0,7%, enquanto a final atingiu 13,95%. Como a primeira avaliação de severidade ocorreu logo após a exteriorização dos sintomas, pode-se assumir que esta representa o produto das infecções oriundas da inoculação. A diferença ( $13,95 - 0,7 = 13,25\%$ ) foi devida à expansão das lesões, o que corresponde a, aproximadamente, 95% do total. Nas situações com duas ou três inoculações, não é possível determinar quanto da severidade total correspondeu ao processo de expansão. É muito provável que ele seja menor que o anterior (95%) devido ao menor espaço disponível entre as lesões, mas ainda assim bastante representativo.

Utilizando-se a fórmula de cálculo acima, a expansão da lesão, contribuiu com 95% (Fundacep Horizonte), 91,7% (Fundacep Raízes), 81,2% (Pampeano), 72,7% (Mirante) e 57,8% (Quartzo) da severidade no experimento 1. No experimento 2, ela ficou em 95,1% (Fundacep Raízes), 92,8% (Mirante), 91,9% (Fundacep Horizonte), 91,8% (Pampeano) e 90,9% (Quartzo).



**Figura 1:** Severidade (%) da mancha-amarela, em diferentes cultivares de trigo, após uma, duas ou três inoculações. Avaliações realizadas aos 5, 10 e 15 dias após a inoculação. Experimento 1. UPF, Passo Fundo, 2011.



**Figura 2:** Severidade (%) da mancha-amarela, em diferentes cultivares de trigo, após uma, duas ou três inoculações. Avaliações realizadas aos 5, 10 e 15 dias após a inoculação. Experimento 2. UPF, Passo Fundo, 2011.

Conforme discutido por Berger et al. (1997), a porcentagem de doença derivada da expansão de lesão pode ser >95% da área total doente. Neste experimento, na média dos dois experimentos e cinco cultivares utilizados, a contribuição da expansão da lesão na severidade total da mancha-amarela ficou em 86,08%, sendo bastante representativa.

Bergamin Filho & Amorim (1996) afirmam que o progresso de uma doença pode ser explicado tanto pelo aumento do número de novas lesões (via horária de infecção) como pelo crescimento das lesões existentes (via anti-horária). Pelos dados obtidos neste trabalho ambas as vias são importantes para a mancha-amarela, pois a severidade da doença foi proporcional ao número de inoculações e teve contribuição expressiva do aumento da lesão.

Bergamin Filho & Amorim (1996) também afirmam que onde a lesão inicial é maior, a contribuição da expansão das lesões na severidade final da doença é menor. Este não é o caso da mancha-amarela do trigo, onde as lesões iniciais são pequenas e a expansão desempenha papel significativo.

Conforme Berger *et al.* (1997), nos patossistemas onde a expansão de lesão desempenha papel significativo no aumento da doença, atenção especial deve ser dada a este componente epidemiológico nas estratégias de manejo da epidemia.

#### **4 CONCLUSÕES**

O aumento de severidade da mancha-amarela ocorre pela formação de novas lesões (ciclos secundários) e pela expansão das mesmas. Especialmente no início da epidemia, o aumento das lesões responde por mais de 80% do total da doença. Esse fato deve ser considerado na definição ou no uso das estratégias de controle.

A contribuição da expansão de lesão no total da epidemia é elevada entre os cultivares de trigo, embora estes tenham grande variação em sua suscetibilidade à mancha-amarela.

## CAPÍTULO IV

### APLICAÇÃO CURATIVA DE FUNGICIDAS E SEU EFEITO SOBRE A EXPANSÃO DE LESÃO PELA MANCHA- AMARELA EM TRIGO

CAMILA RANZI<sup>1</sup>

**RESUMO** - O controle químico é uma das medidas mais utilizadas, principalmente, quando se objetiva o controle rápido de uma doença. Contudo, há diferenças entre os patossistemas e entre os fungicidas, o que influencia muito o resultado da aplicação. Este estudo objetivou verificar como diferentes fungicidas agem sobre a expansão da lesão, visto que este é um componente importante da epidemia pela mancha-amarela do trigo. Inicialmente, um fungicida triazol (propiconazol) e um do grupo químico estrobilurina (azoxistrobina), assim como sua mistura, foram aplicados em diferentes intervalos após a inoculação de plantas dos cultivares Fundacep Horizonte e Quartzo. Com base nas medições do tamanho da lesão, verificou-se que a estrobilurina não diferiu da testemunha sem fungicida. O triazol reduziu a taxa de expansão da lesão se aplicado nos primeiros dias após a infecção. Aos 10 dias, seu resultado foi similar ao da estrobilurina. Em um segundo trabalho, os principais fungicidas comerciais indicados para a cultura do trigo foram submetidos ao mesmo tipo de avaliação. Apenas os ingredientes ativos propiconazol, trifloxistrobina + protioconazol e

---

<sup>1</sup>Agrônoma, mestranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração Fitopatologia.



fluxapiroxad+ epoxiconazol+practolobina diferiram da testemunha em todas as avaliações realizadas. A dificuldade em restringir a expansão da lesão da mancha-amarela através de aplicações curativas enfatiza a adoção de medidas preventivas, como a escolha de cultivares menos suscetíveis, o uso da rotação de culturas e do tratamento de sementes, assim como a aplicação de fungicidas apropriados, no máximo até o aparecimento dos primeiros sintomas da doença.

**Palavras-chave:** *Pyrenophora tritici-repentis*, triazóis, estrobilurinas.

## **CURATIVE SPRAYS OF FUNGICIDA AND THEIR EFFECT ON LESION EXPANSION OF TAN SPOT ON WHEAT**

**CAMILA RANZI**

**ABSTRACT** - The application of fungicides is a very efficient disease control strategy, especially when a rapid response in control is needed. However, differences among pathosystems and fungicides do affect the results from the application. This research aimed at studying how different fungicides deal with the lesion expansion process in the wheat-tan spot pathosystem. Initially one triazol fungicide (propiconazol), one strobilurin (azoxystrobin), and their mix were sprayed on plants of cultivars Fundacep Horizonte and Quartzo at different time intervals after inoculation. Based upon measurements of lesion expansion the strobilurin fungicide did not differ from the non-sprayed control. The triazol fungicide limited lesion expansion when applied few days after inoculation. After 10 days, its performance was

similar to the strobilurin. A second trial was performed to evaluate commercial fungicides used to control diseases on wheat. Only propiconazol, trifloxystrobin + prothioconazol and fluxapiroxad + epoxiconazol + praclorobina differed from the non-sprayed control in all assessments. Because it is difficult to limit lesion expansion with fungicides, tan spot management requires preventive control strategies such as less susceptible cultivars, crop rotation and seed treatment. The sprays of fungicide should also initiate prior to disease establishment or at very first disease symptoms.

**Key-words:** *Pyrenophora tritici-repentis*, triazols, strobilurins.

## 1 INTRODUÇÃO

As doenças têm grande relevância para a cultura do trigo no Sul do Brasil, sendo causadoras de extensos danos e perdas à produção de grãos. Picinini & Fernandes (1995), em 12 anos de experimentação com a cultura do trigo registraram uma perda anual média de 44,6%, equivalendo a 1.152 Kg de grãos por hectare.

Afirma Mundstock (1999) que para combater as doenças eficazmente após a cultura estar estabelecida, muitas pesquisas foram realizadas no sentido de se observar a viabilidade da aplicação de fungicidas em trigo. Uma vez, afirmada sua viabilidade, essa prática começou a ser utilizada com resultados satisfatórios no controle. Fernandes & Picinini (1999), ressaltam que, embora os testes com fungicidas na cultura de trigo tivessem início na década de 70, a recomendação oficial de produtos para a cultura somente ocorreu no ano de 1976. As bases para monitoramento de doenças da cultura do trigo no Brasil foram lançadas em 1986, com o advento da publicação "Doenças do trigo: como determinar a melhor época de controle". Passada essas fases de desenvolvimento e aprimoramento os fungicidas hoje se constituem uma importante ferramenta para estabilizar a produtividade de trigo na região Sul do Brasil, onde as doenças, destacando-se a mancha-amarela do trigo, são de elevada importância.

Os fungicidas recomendados para o controle de manchas foliares em trigo pertencem ao grupo dos triazóis (epoxiconazol, metconazol, propiconazol, tebuconazol), e estrobilurinas (azoxistrobina), e suas misturas (azoxistrobina + ciproconazol,

piraclostrobina + epoxiconazol, trifloxistrobina + tebuconazol). (INDICAÇÕES, 2011). O mecanismo de ação dos fungicidas triazóis é inibir a síntese de esteróis, e o grupo das estrobilurinas agem pela inibição da respiração mitocondrial, indisponibilizando o oxigênio para a célula (REIS et al., 2001).

Há vários critérios indicadores para o início das aplicações de fungicida. Um deles é o do limiar de ação (LA), com base na incidência da doença, o qual é variável em função do custo do tratamento, da expectativa de produtividade e de preço de venda para o trigo. Outro critério baseia-se também na incidência das manchas em folhas, quanto esta atingir 75% (INDICAÇÕES, 2011).

Como componente do processo epidêmico, a expansão de lesão deve ser considerada na definição de estratégias de controle para uma doença. As relações ou interações da expansão de lesão com o tratamento químico, por exemplo, são pouco conhecidas (BERGER et al. 1997 e LUO & ZENG, 1995). Por esse motivo desenvolveu-se o trabalho com objetivo avaliar a ação curativa de fungicidas sobre a expansão de lesão em função do tempo e fazer um comparativo de fungicidas quanto à expansão de lesão da mancha amarela *D.tritici-repentis*. Com os resultados deste trabalho espera-se fornecer mais subsídios para um manejo melhor da mancha-amarela na cultura do trigo.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fitopatologia/Micologia e câmaras climatizadas da Faculdade de

Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo durante o período agosto a novembro de 2011.

### **2.1 Cultivo e acondicionamento das plantas**

As plantas foram cultivadas em copos plásticos de 500 mL, com uma mistura de solo e substrato. Utilizaram-se os cultivares Fundacep Horizonte e Quartzo. Mantiveram-se em média cinco plantas por copo. As mesmas foram mantidas em câmara climatizada de 21°C e fotoperíodo de 12h. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, onde cada vaso constituiu uma unidade experimental. O trabalho foi realizado duas vezes.

### **2.2 Inoculação**

Em ambos os experimentos os procedimentos utilizados foram os mesmos, com inoculação de todas as plantas num mesmo momento com esporos obtidos conforme descrito nos capítulos anteriores. A densidade de esporos na suspensão foi também mantida de  $3 \times 10^3$  conídios/mL. As inoculações foram realizadas com pulverizador manual de 500 mL quando as plantas atingiram o estágio de três folhas completamente expandidas e aplicou-se até o ponto de escorrimento, em seguida cobriram-se as plantas com sacos plásticos por 24 horas, para formar uma câmara úmida.

### 2.3 Aplicações

As aplicações foram realizadas de acordo com o propósito de cada experimento. No primeiro, voltado à comparação de grupos químicos quanto a sua capacidade de restringir o progresso da lesão, utilizaram-se os fungicidas propiconazol (Tilt), do grupo químico dos triazóis, na dose de  $0,5 \text{ L.ha}^{-1}$ , azoxistrobina (Priori), do grupo químico das estrobilurinas, a  $0,3 \text{ L.ha}^{-1}$  e a mistura dos dois, sendo  $0,3 \text{ L}$  de azoxistrobina e  $0,2 \text{ L.ha}^{-1}$  de propiconazol. Adicionou-se ao fungicida Priori e à mistura o óleo mineral Nimbus, a  $0,5\%$  do volume de água. As aplicações foram feitas com pulverizador manual de  $500 \text{ mL}$ , em cinco momentos 1, 2, 4, 8 e 12 dias após a inoculação (DAI) e em dois cultivares (Fundacep Horizonte e Quartzo). Na repetição do experimento optou-se por diminuir os intervalos de aplicação devido às folhas senescerem rapidamente, então os momentos de aplicação ficaram 1,2,5,7 e 10 DAI.

No segundo trabalho, realizado com objetivo de comparar diferentes fungicidas comerciais em relação ao progresso das lesões, foram utilizados os produtos que constam na Tabela 1. Em todas as pulverizações utilizou-se um volume de calda de  $150 \text{ L/ha}^{-1}$ , com pulverizador costal, pressurizado com  $\text{CO}_2$ , barra com largura de  $3 \text{ m}$  e pontas de pulverização de jato plano TT 110015. As aplicações foram realizadas aos 1, 3 e 5 DAI, sendo utilizada o cultivar Fundacep Horizonte.

**Tabela 1:** Fungicidas utilizados e respectivas doses.

<b>Nome comercial</b>	<b>Ingrediente ativo</b>	<b>Dose L.ha<sup>-1</sup></b>	<b>Formulação</b>
Tilt	Propiconazol	0,4	250 EC
Folicur	Tebuconazol	0,6	200 EC
Opus	Epoxiconazol	0,75	125 SC
Priori*	Azoxistrobina	0,3	250 SC
Comet**	Piraclostrobina	0,7	250 EC
Priori Xtra *	Ciproconazol+azoxistrobina	0,3	200 SC
Opera**	Epoxiconazol+piraclostrobina	0,75	50+133 SE
Nativo***	Tebuconazol+trifloxistrobina	0,6	200+100 SC
Fox***	Protioconazol+trifloxistrobina	0,45	175+150 SC
Xemium****	Fluxapiraxad+epoxiconazol +piraclostrobina	1,0	

\* Adicionado adjuvante Nimbus 0,5% do volume de calda.

\*\*Adicionado adjuvante Assist 0,5 L.ha<sup>-1</sup>

\*\*\* Adicionado adjuvante Aureo 0,4L.ha<sup>-1</sup>

\*\*\*\*Adicionado adjuvante Dash 0,3% do volume de calda.

## 2.2 Avaliação

Em ambos os experimentos as avaliações iniciaram três dias após a inoculação. Deu-se preferência para terceira folha expandida, cujas lesões foram identificadas com marcadores permanentes para avaliações seqüenciais da mesma lesão. Essas foram mensuradas com auxílio de um paquímetro digital, em intervalo de dois dias, considerando o comprimento e largura da lesão, com e sem halo. Totalizaram-se quatro avaliações. Para obtenção da área da lesão foram usados os fatores de correção descritos no Capítulo 2. Os resultados foram submetidos à análise de variância e regressão linear pelo modelo  $y = a + bx$ , onde  $y$  = área da lesão,  $a$  e  $b$  = parâmetros da

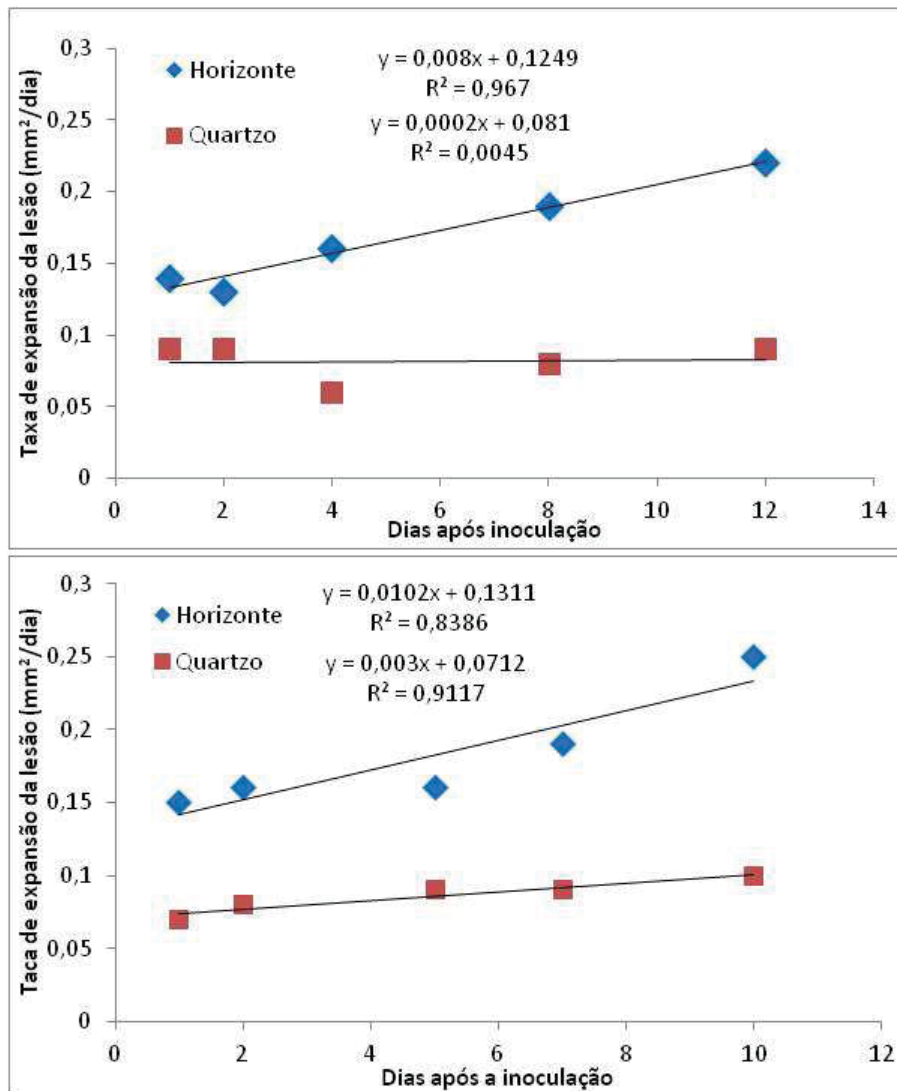
equação e  $x$  = o tempo em dias. No estudo comparativo de fungicidas utilizou-se o teste de Skott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade de erro, para agrupamento dos tratamentos semelhantes.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

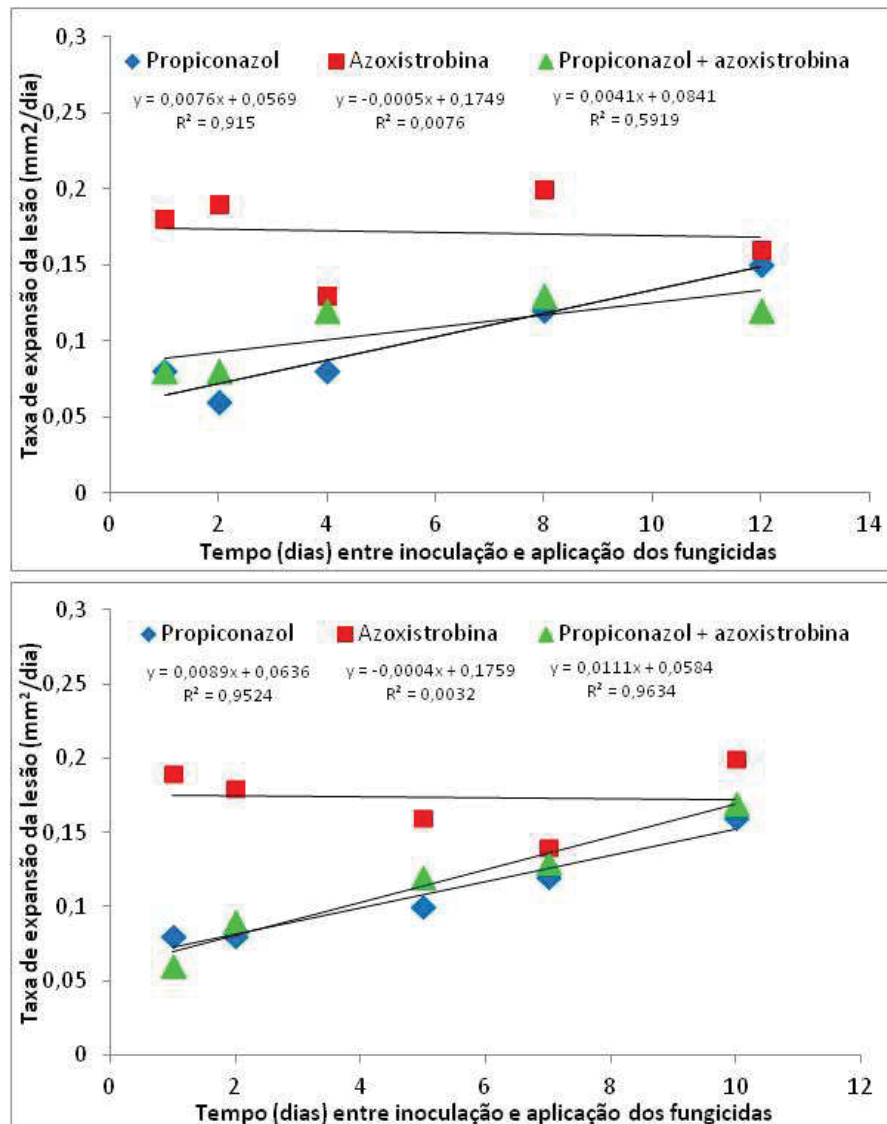
Os dois cultivares de trigo utilizados nestes experimentos se mostram diferentes quanto ao processo de expansão de lesão pela mancha-amarela (Figura 1). Fundacep Horizonte foi mais suscetível, apresentando lesão inicial entre 0,14 e 0,15 mm<sup>2</sup>, enquanto a final ficou entre 0,22 e 0,27 mm<sup>2</sup>. A taxa de expansão de lesão, de acordo com modelo linear de primeiro grau, variou de 0,008 a 0,0102 mm<sup>2</sup>/dia. O cultivar Quartzo apresentou lesões com tamanho inicial entre 0,07 e 0,09 mm<sup>2</sup>, enquanto o final variou de 0,09 a 0,1 mm<sup>2</sup>. Essa pequena variação resultou em crescimento não significativo no experimento A ( $p > 0,05$ ), onde o coeficiente de determinação da regressão foi de apenas 0,0045. No experimento B a equação foi significativa ( $p < 0,05$ ), porém a taxa de expansão da lesão foi de apenas 0,003 mm<sup>2</sup>/dia. Portanto, Quartzo é menos suscetível à mancha-amarela que Fundacep Horizonte.

Os dois cultivares foram submetidos a aplicações de fungicidas em diferentes momentos após a inoculação. Em ambos os trabalhos (Figura 2), o fungicida propiconazol (grupo químico triazol) apresentou melhor desempenho que azoxistrobina (grupo químico estrobilurina). Este não diferiu da testemunha não tratada quanto ao tamanho das lesões.





**Figura 1:** Expansão da lesão da mancha-amarela do trigo, nos cultivares Fundacep Horizonte e Quartzo. Dados de dois experimentos, A (figura superior) e B (figura inferior), respectivamente.



**Figura 2:** Expansão da lesão da mancha-amarela do trigo em função da aplicação de fungicida triazol (propiconazol), estrobilurina (azoxistrobina) ou sua mistura, em diferentes momentos após a inoculação. Dados médios obtidos com os cultivares Fundacep Horizonte e Quartz. Experimento A (figura superior) e B (figura inferior).

Os dados também mostram que o atraso na aplicação dos fungicidas após a inoculação, gradativamente resulta em menor controle da expansão da lesão pelo triazol. Quando este foi aplicado aos 10 (Experimento B) ou 12 dias (Experimento A), o seu desempenho foi similar o da estrobilurina, que não apresentou controle significativo da mancha-amarela. O desempenho da mistura propiconazol + estrobilurina foi semelhante ao do triazol sozinho. Os dados obtidos com este trabalho mostram a dificuldade em controlar o processo de expansão da lesão após a sua presença nas folhas.

Vários fungicidas comerciais foram aplicados às plantas de trigo para verificar seus efeitos sobre o crescimento da lesão da mancha-amarela, representado pelo incremento diário ( $\text{mm}^2/\text{dia}$ ). Nas Tabelas 2 e 3 constam os resultados desse experimento, onde a primeira considera apenas a área necrosada e a segunda inclui o halo na medida. Houve interação significativa entre os fatores fungicida e época de aplicação (3, 5 ou 8 dias após a inoculação), por isso os tratamentos são comparados entre si dentro de cada época de aplicação. Na primeira (3 dias), o teste de Skott-Knott separou os tratamentos em dois grupos, um com a testemunha e a mistura de azoxistrobina + ciproconazol, e outro com os demais fungicidas. Na aplicação realizada aos cinco dias, apenas os tratamentos com epoxiconazol, propiconazol, fluxapiraxad + epoxiconazol + praclostrobin e trifloxistrobina + protioconazol diferiram da testemunha. Na aplicação aos oito dias, nenhum fungicida diferiu significativamente da testemunha não tratada.

**Tabela 2.** Taxa de expansão da lesão (mm<sup>2</sup>/dia) da mancha-amarela do trigo, sem halo amarelado, sob uma aplicação de fungicida, aos 3, 5 ou 8 dias após a inoculação. UPF, Passo Fundo, 2011

Fungicida	Intervalo entre inoculação e aplicação			Média
	3	5	8 dias	
Testemunha	0,29 a	0,29 a	0,30 ns	0,29
Azoxistrobina + ciproconazol	0,38 a	0,23 a	0,20	0,27
Piraclostrobina	0,20 b	0,17 a	0,29	0,22
Azoxistrobina	0,20 b	0,21 a	0,21	0,21
Piraclostrobina + epoxiconazol	0,14 b	0,22 a	0,23	0,20
Epoxiconazol	0,20 b	0,14 b	0,19	0,18
Tebuconazol	0,16 b	0,17 a	0,17	0,17
Propiconazol	0,18 b	0,12 b	0,18	0,16
Trifloxistrobina + tebuconazol	0,14 b	0,16 a	0,16	0,15
Fluxapirxad + epoxiconazol + piraclostrobina	0,14 b	0,10 b	0,15	0,13
Trifloxistrobina + protioconazol	0,12 b	0,07 b	0,17	0,12
<b>Média</b>	0,19	0,17	0,44	
<b>C.V. (%)</b>	13,21	18,15	18,64	

<sup>1</sup>Médias seguidas por mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade do erro. Análise com dados transformados segundo  $x = 1/\sqrt{x}$ .

Nas avaliações onde o halo foi incluído no tamanho da lesão (Tabela 3), não houve interação significativa entre fungicidas e épocas de aplicação, então utilizou-se a média destas para comparação dos tratamentos. Os fungicidas azoxistrobina + ciproconazol, piraclostrobina, piraclostrobina + epoxiconazol e epoxiconazol não diferiram da testemunha.

**Tabela 3.** Taxa de expansão da lesão ( $\text{mm}^2/\text{dia}$ ) da mancha-amarela do trigo, com o halo amarelado, sob uma aplicação de fungicida, aos 3, 5 ou 8 dias após a inoculação. UPF, Passo Fundo, 2011

Fungicida	Intervalo entre inoculação e aplicação			Média
	3	5	8 dias	
Testemunha	0,20	0,20	0,21	0,20 a
Azoxistrobina + ciproconazol	0,26	0,17	0,16	0,20 a
Piraclostrobina	0,16	0,20	0,20	0,19 a
Epoxiconazol	0,20	0,16	0,20	0,18 a
Piraclostrobina + epoxiconazol	0,13	0,22	0,17	0,17 a
Trifloxistrobina + protioconazol	0,15	0,18	0,14	0,16 b
Azoxistrobina	0,14	0,15	0,14	0,14 b
Tebuconazol	0,17	0,12	0,14	0,14 b
Propiconazol	0,14	0,16	0,13	0,14 b
Trifloxistrobina + tebuconazol	0,18	0,12	0,13	0,15 b
Fluxapiraxad + epoxiconazol + piraclostrobina	0,05	0,09	0,15	0,10 b
<b>Média</b>	0,16	0,16	0,16	
<b>C.V. (%)</b>	21,15			

<sup>1</sup>Médias seguidas por mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade do erro. Análise com dados transformados segundo  $x = 1/\sqrt{x}$ .

A eficácia do controle químico depende de vários fatores, entre eles a tecnologia de aplicação e o momento ou critério para iniciar a aplicação do fungicida (REIS e CASA, 2007). Com base nos resultados obtidos nesta pesquisa, assim como já relatado em cevada, para a mancha-marrom (MENEGON et al., 2002), pode-se afirmar que as características da epidemia exercem grande influência sobre o desempenho dos fungicidas. Verificou-se que a expansão da lesão é pouco afetada pela aplicação de fungicidas, especialmente as estrobilurinas. Controle parcial deste processo se mostrou possível com a utilização de triazóis, nos primeiros dias após a inoculação. Em

cultivares de trigo suscetíveis à mancha-amarela, como é o caso do Fundacep Horizonte e outros utilizados pelos tricultores, o manejo deve ser mais preventivo, uma vez que após o estabelecimento da infecção e o aparecimento dos primeiros sintomas, o seu controle é muito difícil. A figura 3 evidencia os resultados anteriores mostrando que os grupo mais eficazes incluem os fungicidas propiconazol , fluxapiraxad + epoxiconazol + piraclostrobina, piraclostrobina + epoxiconazol , tebuconazol, trifloxistrobina + protioconazol e trifloxistrobina + tebuconazol.

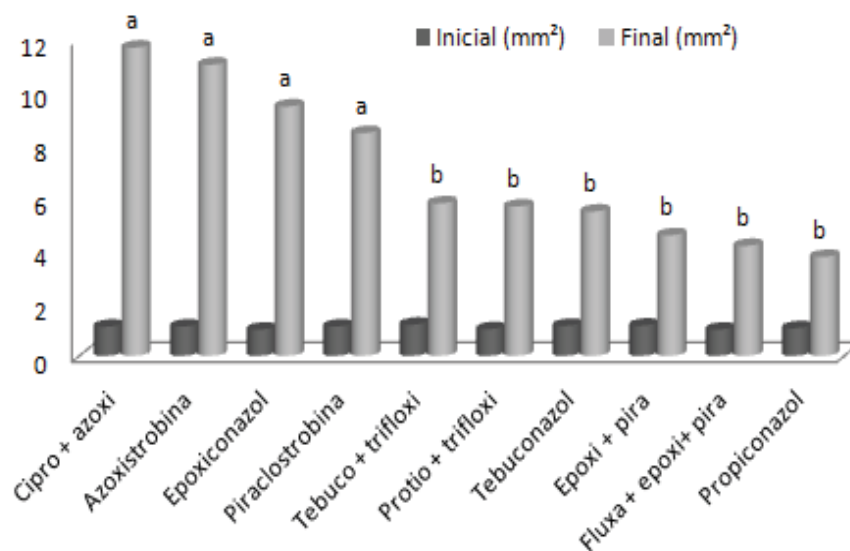


Figura 3: Área da lesão (mm<sup>2</sup>) no início das primeiras lesões e após 12 dias de incubação para os diferentes fungicidas utilizados. Dados médios obtidos a partir dos três momentos de aplicação (3,5 e 8 DAI) com o cultivar Fundacep Horizonte.

As indicações para cultivo do trigo (INDICAÇÕES, 2009) apresentam critérios para a aplicação de fungicidas visando ao controle de manchas foliares. Entre eles consta o da incidência em

folhas, indicando-se a aplicação quando a doença atingir 75% delas. Considerando-se que a incidência é mensurada com base nos sintomas visíveis, e que estes são expressos pela planta alguns dias após a infecção ter iniciado, torna-se muito difícil frear ou diminuir o processo de expansão de lesão. Em cultivares de trigo suscetíveis à mancha-amarela, como é o caso do Fundacep Horizonte e outros utilizados pelos tricultores, a primeira aplicação de fungicida deve ser realizada antes.

A expansão da lesão é um processo comum entre doenças causadas por fungos necrotróficos (BERGER et al., 1997). Por analogia, pode-se inferir que outras doenças imponham dificuldades ao controle químico, semelhantemente ao que foi observado nestes estudos com a mancha-amarela do trigo.

#### **4. CONCLUSÕES**

A aplicação curativa de fungicidas tem ação limitada sobre a expansão da lesão. Fungicidas do grupo químico estrobilurina não controlam este processo enquanto os triazóis o fazem se aplicados nos primeiros dias após a entrada do fungo na planta.

Tais resultados evidenciam a necessidade de um manejo mais preventivo para as manchas foliares, o qual pode incluir cultivares menos suscetíveis, a rotação de culturas e o tratamento de sementes. A aplicação de fungicida, para melhor desempenho, sugere-se que sejam iniciadas, no máximo, até os primeiros sintomas da doença. Para isso, o monitoramento freqüente da lavoura é indispensável.



## REFERÊNCIAS

BACALTCHUCK, B.; CHAVES, M. S.; LIMA, M. I. P. M.; COSTAMILAN, L. M.; MACIEL, J. L. N.; SALVADORI, J. R.; GAMBATTO, A. *Características e cuidados com algumas doenças de trigo*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. (Embrapa Trigo. Documentos online, 64). Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do64.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do64.htm)>. Acesso em: 10 de agosto 2011.

BALARDIN, R. S. Eficiência de Metconazole, Stratego, PE 11200, Artea, Foliur 200 CE, Propiconazole + Tebuconazole 250 CE, Horizon, JAU 6476 250 CE no controle de mancha na folha na cultivar BR 16 de trigo (*Triticum aestivum*). XXXIII REUNIAO DA COMISSAO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DO TRIGO. *Atas e Resumos*. Passo Fundo, 2001. pág,118.

BARROS, B. de C.; CASTRO, J.L. de ; PATRICÍO, F.R.A. Resposta de cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) ao controle químico das principais doenças fungicas da cultura. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v. 32, n. 3, p. 239-246, 2006.

BERGAMIN FILHO, A. & AMORIM, L. *Doenças de plantas tropicais e controle econômico*. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1996. 289p.

BERGER, R.D., BERGAMIM FILHO, A.; AMORIM, L. Lesion expansion as an epidemic component. *Phytopatology*, v.87, p.1005-1013, 1997.

BRUM, A.L & HECK, C.R. *A economia do trigo no Rio Grande do Sul: Breve histórico do cereal na economia do estado*. Porto Alegre, 2005. Disponível em:<http://revistaseletronicas.pucrs.br/fass/ojs/index.php/face/article/viewFile/263/212> Acesso em: 06 de julho 2011.

CARMONA, M.; REIS, E. M.; CORTESE, P. *Manchas Foliaves Del Trigo - Mancha Amarilla, Septorios De La Hoja - Diagnóstico, Epidemiología Y Nuevos Critérios Para El Manejo*. Basf Argentina S. A. Buenos Aires: 1999, 32 p.

CIUFFETTI, L. M.; FRANCL, L. J.; BALLANCE, G. M.; BOCKUS, W. W.; LAMARI, L.; MEINHARDT, S. W.; RASMUSSEN, J. B. Standardization of toxin nomenclature in the *Pyrenophora tritici-repentis*/wheat interaction. *Canadian Journal of Plant Pathology*, v. 20, p.421-424, 1998.

CIUFFETTI, L. M. & TUORI, R. P. Advances in the characterization of the *Pyrenophora tritici-repentis*-wheat interaction. *Phytopathology*, n.89:v9. 1999.

CONAB 2011 – Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2010/2011 – Quinto levantamento – fevereiro de 2011. Disponível em: [http://www.cnpt.embrapa.br/obs\\_trigo/conab/levantamento%20Conab-FEV-2011.pdf](http://www.cnpt.embrapa.br/obs_trigo/conab/levantamento%20Conab-FEV-2011.pdf). Acesso em: 25 de setembro de 2011.

COOK, R.J.; HIMS, M.J.; VAUGHAN, T.B. Effects of fungicide spray timing on winter disease control. *Plant Pathology*, Cambridge, v.48, p. 33-50, 1999.

DURVEILLER, E.; KANDEL, Y.R.; SHARMA, R.C.; and SHRESTHA, S.M. Epidemiology of foliar blights (spot blotch and tan spot) of wheat in the plains bordering the Himalayas. *Phytopathology* 95:248–256. 2005.

Embrapa Trigo. *Trigo*. Passo Fundo. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/trigo/index.htm> Acesso em: 13 dezembro, 2011.

ECKHARDT, H., STEUBING, L. & KRANZ, J. Das Koloniewachstum von *Erysiphe graminis* D.C. f.sp. *hordei* Marchal in Abhängigkeit von Temperatur and Insertionshole der Blatter. *Angewandte Botanik* 58:433-443. 1984.

ELLIS, M. B. *Dematiaceous Hyphomycetes*. Kew: Commonwealth Mycological Institute, 1971, 608 p.

EVERTS, K.L. & LACY, M.L. Factors influencing infection of union leaves by *Alternaria porri* and subsequent lesion expansion. *Plant Disease* 80:276-280. 1996.

FERNANDEZ, M. R. *Manual para laboratório de fitopatologia*. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1995. 126 p.

FERNANDES, J.M.C.; PICININI, E.C. Sistema de suporte à tomada de decisão para otimização do uso de fungicidas na cultura do trigo. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 24, n. 1, p. 9-17, 1999

FORCELINI, C. A. *Doenças Fúngicas do Trigo: resgatando os princípios do controle*. In: Tecnologia de Produção Para a Cultura do Trigo - Atualidades Técnicas 1. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2005, p.

GAMBA, F.M., and LAMARI, L. Medelian inheritance of resistance to tan spot (*Pyrenophora tritici-repentis*) in selected genotypes of durum wheat (*Triticum turgidum*). *Can. J. Plant Pathology*. 20:408-414, 1998.

GAMBA, F.M., LAMARI, L. and BRULE-BABEL, A.O. Inheritance of race-specific necrotic and chlorotic reactions induced by *Pyrenophora tritici-repentis* in hexaploid wheats. *Can. J. Plant Pathology*. 20:401-407, 1998.

HOOD, M.E. & SHEW, H.D. Pathogenesis of *Thielaviopsis basicola* on a susceptible and a resistant cultivar of burley tobacco. *Phytopathology* 86:38-44. 1996.

HOSFORD, R. M. Jr. Propagules of *Pyrenophora trichostoma*. *Phytopathology* 62:627-629, 1972.

HOSFORD, R. M. Jr.; BUSC, R. H. Losses in wheat caused by *Pyrenophora trichostoma* and *leptosphaeria avenaria* f. sp. *tritici*. *Phytopathology*, v. 64, p. 184-187, 1974.

HOSFORD, R.M. Jr. *Tan spot of Wheat and Related Diseases*

Workshop. North Dakota Agric. Exp. Station. Fargo. USA. 1982.

HOSFORD, R. M. Jr.; LAREZ, C. R.; HAMMOND, J. J. Interaction of wet period and temperature on *Pyrenophora tritici-repentis* infection and development in wheats of differing resistance. *Phytopathology*, v. 77, p. 1021-1027, 1987.

JOHNSON, R.; TAYLOR, A.J. Spore yield of pathogens in investigations of the race-specificity of host resistance. *Annual Review of Phytopathology*, v.14, p.97-119, 1976.

KOCH, M.F. & MEW, T.W. Rate of lesion expansion in leaves as a parameter of resistance to *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae* in rice. *Plant Disease* 75:897-900. 1991.

LAMARI, L.; STRELKOV, S. E.; YAHYAOUI, A.; ORABI, J.; SMITH, R. B. The identification of two new races of *Pyrenophora tritici-repentis* from the host center of diversity confirms a one-to-one relationship in tan spot of wheat. *Phytopathology*, v. 93, p. 391-396, 2003.

LAMARI, L., and BERNIER, C.C. Evaluation of wheat lines and cultivars to tan spot (*Pyrenophora tritici-repentis*) based on lesion type. *Can. J. Plant Pathology*. 11:49-56, 1989.

LAREZ, C.R., HOSFORD Jr., R.M. and FREEMAN, T.P. Infection of wheat and oat by *Pyrenophora tritici-repentis* and initial characterization of resistance. *Phytopathology*. 76:931-938, 1986.

LARGE, E. C. Growth stages in cereals. Illustration of the Feekes scale. *Plant Pathology* London, v.3., n.4, p.128-129, 1954.

LINHARES, A.I., MATSUMURA, A.T.S., e LUZ, V.C. Avaliação da amplitude de ação antagonística de microrganismos epífitas do trigo sobre o crescimento radial de *Drechslera tritici-repentis*. *Ver. Bras. De Agrociência*, v. 1, n. 3, p. 119-126, 1995.

LOUGHMAN, R.; WILSON, R. E.; ROAKE, J. E.; PLATZ, G. J.; REES, R. G.; ELLISON, F. W. Crop Management and Breeding for Control of *Pyrenophora tritici-repentis* Causing Yellow Spot of

Wheatin Australia. In: E. Duveiller, H.J. Dubin, J. Reeves & A. McNab(Eds.), *Helminthosporium Blights of Wheat: Spot Blotch and Tan Spot*, pp. 259–263. CIMMYT, Mexico, D.F. 1998

LUO, Y. & ZENG, S.M. Simulation studies on epidemics of wheat stripe rust (*Puccinia striiformis*) on slow-rusting cultivars and analysis of effects of resistance components. *Plant Pathology* 44:340-349. 1995.

LUZ, W. C. da. *Mancha bronzeada*. In: Osório, E. A. Trigo no Brasil. Campinas, Fundação Cargil, p. 531-533. 1982.

MACIEL, J. L. N.; ROESE, A. D.; SCHEEREN, P. L.; SÓ E SILVA, M.; CAIERÃO, E.; NASCIMENTO JÚNIOR, A. do. *Controle químico das doenças da parte aérea da cultivar BRS Guabiju, safra 2006*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 17 p.(Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, 42). Disponível em: [www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p\\_bp42.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp42.htm). Acesso em: 20 agosto 2011

MANNING, V. A.; CIUFFETTI, L. M. Localization of Ptr ToxA produced by *Pyrenophora tritici-repentis* reveals protein import into wheat mesophyll cells. *Plant Cell*, v. 17, p. 3203-3212, 2005.

MENEGON, A.P.; WESP, C.; FORCELINI, C.A.; FERNANDES, J.M.C. Expansão de lesão por manchas foliares em cevada. Anais e Ata, *XXII Reunião Aual de Pesquisa de Cevada*. Passo Fundo. Embrapa – Trigo. 2002. pp. 541-548.

MENEGON, A.P.; FORCELINI, C.A.; FERNANDES, J.M.C. Expansão de lesão por manchas foliares em cevada e sua interação com a aplicação foliar de fungicidas. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 30, p. 134-138, 2005.

MENTEM, J.O.M. *Tratamento de sementes*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DE SEMENTES. Gramado, RS, Anais: ABRATES/COPASEM, p.3-23. 1996.

METHA, Y.R. *Manejo integrado de enfermidades del trigo*. Bolívia: Ed. Imprenta Landivar. S.R.L 314p. 1993.

MORRAL, R. A. A.; HOWARD, R. J. The epidemiology of leaf spot disease in a native prairie. II. Airborne spore populations of *Pyrenophora tritici-repentis*. *Canadian Journal of Botany*, 1975. Disponível em <<http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/b75260>>. Acessado em: 10 dez. 2011.

MOSCHEN, F. Produção de esporos, densidade de inóculo e caracterização de genótipos de trigo para resistência à mancha amarela, causada por *Pyrenophora tritici-repentis*. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo/UPF. Passo Fundo/ RS, 2008.

MUCHOVEJ, J. J.; MUCHOVEJ, R. M. C. & RIBEIRO-NESIO, M. L. Taxonomia de *Drechslera*, *Bipolaris* e *Exserohilum*. *Fitopatologia Brasileira*, v. 13, n. 3, p. 211-223, 1988.

MUNDSTOCK, C. M. *Planejamento e Manejo Integrado da Lavoura de Trigo*. Porto Alegre: Evangraf, 1999, 228 p.

NAVARINI, L.; DALLAGNOL, L.J.; BALARDIN, R.S.; DIDONE, H.T.; RUBIN, G. Controle químico das doenças foliares em cultivares de trigo. *Revista da FZVA, Uruguaiana*, v. 12, n. 1, p. 34-43, 2005.

PERELLO, A., MORENO, V.; SIMON, M.R.; e SISTERNA, M. Tan spot of wheat infection at different stages of crop development and inoculum type. *Crop Prot.* 22:157–169.2003.

PICININI, E. C.; FERNANDES, J. M. C. *Ensaio Preliminares e Cooperativos de Fungicidas - Resultados Obtidos no Centro Nacional de Pesquisa de Trigo no Período 1988 - 1991*. Passo fundo: Embrapa- Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, 1992, 28 p.

PICININI, E.C.; FERNANDES, J.M.C., Efeito de diferentes fungicidas sobre o rendimento de grãos, sobre o peso hectolitro e sobre o controle

da Ferrugem da folha ( *Puccinia recôndita* f.sp. *tritici*) em trigo, cultivar BR 34. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 20, p. 319, 1995.

PRATES, G.L & FERNANDES, C.J.M. Avaliando a taxa de expansão de lesões de *Bipolaris sorokiniana* em trigo. *Fitopatologia Brasileira*. vol.26 no.2 Brasília Junho 2001. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-41582001000200012](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-41582001000200012)>. Acesso em: 23 set. 2011.

PRESTES, A. M.; SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Práticas culturais e incidência de manchas foliares em trigo. *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília: v. 37, n. 6, p. 791-797, 2002.

REES, R. G.; PLATZ, G. J. The occurrence and control of yellow spot of wheat in North-Eastern Australia. *Australian Journal Exp. Agricultural Anim. Husb.* n.19, p. 369-372, 1979.

REES, R. G.; PLATZ, G. J. Effects of Yellow Spot on Wheat: Comparison of Epidemics at Different Stages of Crop Development. *Australian Journal of Agricultural Research*, n. 34, p. 39-46, 1983.

REIS, E. M.; CASA, R. T. *Doenças do Trigo VI - Mancha-amarela da Folha*. Passo Fundo: Bayer S. A., 1996, 16 p.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; MEDEIROS, C. A. *Diagnose, Patometria e Controle de Doenças de Cereais de Inverno*. Londrina: E. S. Comunicação S/C Ltda, 2001a, 94 p.

REIS, E. M.; FORCELINI, C. A.; REIS, A. C. *Manual de Fungicidas – Guia para o Controle Químico de Doenças de Plantas*. Florianópolis: Editora Insular, 2001b, 176 p.

REIS, E. M. & CASA, R. T. *Doenças dos cereais de inverno: diagnose, epidemiologia e controle*. 2.ed. rev. atual. Lages: Ed. Graphel, 176 p. 2007.

REIS, E. M.; CASA, R.T; DANELLI, A.L.D. *Mancha amarela da folha*. 2ª edição Passo Fundo- RS: Bayer S. A., 2011, 18 p.

II REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE DA REGIÃO SUL (2.: 2008: Passo Fundo, RS). *Informações técnicas para Trigo e Triticale Safra 2009*. Passo Fundo - RS 1 a 3 julho de 2008: Embrapa Trigo 2009. 172p.

IV REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE DA REGIÃO SUL (38.: 2010: Cruz Alta, RS). *Informações técnicas para Trigo e Triticale Safra 2011*. Cascavel PR 26 a 29 julho de 2010: COODETEC 2010. 171p.

SANTANA, F. M.; FRIESEN, T. L. *Mancha-amarela do trigo: caracterização de raças*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 14 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 83). Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do83.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do83.htm)> Acesso em: 25 setembro 2011

SANTANA, F. M. *Atenção as manchas foliares do trigo*. Embrapa Trigo, 2009. Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/obs\\_trigo/inf\\_tecnicas/manchas\\_foliares\\_do\\_trigo.pdf](http://www.cnpt.embrapa.br/obs_trigo/inf_tecnicas/manchas_foliares_do_trigo.pdf)> Acesso em: 25 novembro 2011.

SANTOS, P. H.; REIS, E. M.; VIEIRA, S. A.; PEREIRA, L. R. *Rotação de Culturas e Produtividade de Trigo no RS*. Passo Fundo: Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, 1987, 32 p.

SANTOS, H. P. *Análise econômica e de risco de sistemas de rotação de culturas para trigo*. In: Cunha, G. R., Bacaltchuk, B. Séries Culturas- Trigo. Porto Alegre. p. 58-73, 2000.

SANTOS, A. M. P. V. dos; MATSUMURA, A. T. S.; VAN DER SAND, S. T. Intraespecific Genetic Diversity of *Drechslera tritici-repentis* as Detected by Random Amplified Polymorphic DNA Analysis. *Genetic and Molecular Biology*, v. 25, n. 2, p. 243-250, 2002.

SCOTT, K.J.; DAVIDSON, A.D.; JUTIDAMRONGPHAN, W.; MACKINNON, G.; MANNERS, J.M. The activation of genes of wheat and barley by fungal phytopathogens. *Aust. J. Plant. Physiol.*, v.17, p.229-238, 1990.



SHANER, G. Growth of uredinia of *Puccinia recondita* in leaves of slow- and fast- rusting wheat cultivars. *Phytopathology* 73:931-935. 1983.

SHOEMAKER, P.B. & LORBEER, J.M. The role of dew and temperature in the epidemiology of *Botrytis* leaf blight of onion. *Phytopathology* 67:1267-1272. 1977.

SHRUM, R.D. Simulation of wheat stripe rust (*Puccinia striiformis* West) using EPIDEMIC, a flexible plant disease simulator. Penn. State Univer. Agric. Exp. Stn. Prog. Rep. 347. 1975.

SINGH, P.K. *Genetic studies on the resistance to tan spot of wheat and genetic similarity among isolates of Pyrenophora tritici-repentis*. 2001. A Thesis Submitted to the College of Graduate Studies and Research in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in the Department of Plant Sciences. University of Saskatchewan. Saskatoon. Canadá, 2001.

SINGH, P. K.; & HUGHES, G. R. Inheritance of Insensitivity to Culture Filtrate of *Pyrenophora tritici-repentis*, Race 2, in Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Breeding* 125: 206-210, 2006.

SUBBARAO, K.V. & MICHAILIDES, T.J. Effects of temperature on isolates of *Fusarium moniliforme* causing fig endosepsis and *Aspergillus niger* causing smut. *Phytopathology* 85:662-668. 1995.

ULTIMADA, C.M.; SATO, L.N.; KLINGELFUSS-BAPTISTA, L.H. *Eficiência de fungicidas no controle de mancha-amarela (Drechslera tritici-repentis) na cultura do trigo- ensaio*. Cooperativo 2005. In: REUNIÃO DA COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 38 e REUNIÃO DA COMISSÃO CENTRO-SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 21.2006. Passo Fundo: Resumos e Atas. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006.p. 137-138.

VALE, F. X. R.; JUNIOR, W. C. J & ZAMBOLIM, L. *Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas*. Belo Horizonte: Editora Perfíl, 531p. 2004.

VITTI, A.J., BERGAMIN FILHO, A., AMORIM, L. & FEGIES, N.C. Comparative epidemiology of common maize rust and northern corn leaf blight. I. Effect of environment on monocyclic parameters. *Summa Phytopathologica* 21:127-130. 1995.

WIESE, M. V. Compendium of Wheat Diseases. St. Paul: *The American Phytopathological Society*, 1987, 112 p.

ZYLBERSZTAJN, D.; NEVES (Coord.), M. F.; ROSSI, R. M. (Coord.); FERRAZ, R. M. M.; CASTRO, L. T. ; MARINO, M. K.; MIZUMOTO, F. M.; CONEJERO, M. A.; FERREIRA, T. F.; ORATI, R. A. *Estratégias Para o Trigo no Brasil*. São Paulo: Atlas, 2004, 224 p.

ZAMBOLIN, L. *Sementes: qualidade fitossantária*. Viçosa, UFV, DFP, 2005. p. 218-334