

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

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AVISO PARA A
BRUSONE DO TRIGO CAUSADA POR *Pyricularia grisea***

CINARA ARAUJO DE ANDRADE CARDOSO

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

Passo Fundo, março de 2006.

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

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AVISO PARA A
BRUSONE DO TRIGO CAUSADA POR *Pyricularia grisea***

**CINARA ARAUJO DE ANDRADE CARDOSO
Bióloga**

ORIENTADOR: PROF. DR. ERLEI MELO REIS

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

Passo Fundo, março de 2006.

CIP – Catalogação na Publicação

C268d Cardoso, Cinara Araujo de Andrade
Desenvolvimento de um sistema de aviso para brusone do
trigo causada por *Pyricularia grisea* / Cinara Araujo de Andrade
Cardoso. – 2006.
84 f. ; 29 cm.

Orientação: Prof. Dr. Erlei Melo Reis.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo
Fundo, 2006.

1. Trigo – Doenças e pragas. 2. Brusone. I. Reis, Erlei Melo,
orientador. II. Título.

CDU : 633.11

Catalogação: bibliotecária Jucelei Rodrigues Domingues - CRB
10/1569

AOS MEUS PAIS:

Horafino e Helena

DEDICO

A meu esposo Celso e minha amada filha: Franciely

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, pela oportunidade de ter realizado o curso e pelo aprimoramento profissional alcançado;

Ao professor orientador, Dr. Erlei Melo Reis, pela sua orientação segura e atenciosa em todos os momentos, pelo incentivo e sobretudo pela amizade;

A toda minha família que não poupou esforços em me estimular para a realização do curso;

Ao funcionário Paulo Gilson Tironi, pelo auxílio prestado na realização dos experimentos;

Aos colegas de Mestrado e aos Acadêmicos do Curso de Agronomia: Tiago Zanata e Ricardo Brustolin pelo companherismo e colaboração na execução dos experimentos;

Ao amigo Éder Novaes Moreira pela orientação oportuna nas análises estatísticas;

A Deus pela saúde, força e coragem.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE QUADROS	x
RESUMO	1
ABSTRACT	4

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO	7
2. REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1 Ocorrência.....	9
2.2 Distribuição geográfica.....	11
2.3 Danos.....	11
2.4 Etiologia.....	13
2.5 Sintomatologia.....	15
2.5.1 Sintomas nas espigas.....	15
2.5.2 Sintomas na ráquis.....	16
2.5.3 Sintomas em glumas.....	16
2.5.4 Sintomas em folhas.....	16
2.5.5 Sintomas em sementes.....	17
2.6 Epidemiologia.....	17
2.7 Ciclo da relações patógeno-hospedeiro.....	18
2.7.1 Fontes de inóculo.....	18
2.7.2 Disseminação.....	20
2.7.3 Penetração.....	20
2.7.4 Colonização.....	20
2.8 Controle.....	21
2.8.1 Uso de cultivares resistentes.....	21
2.8.2 Época de semeadura.....	22
2.8.3 Uso de sementes saudas.....	22
2.8.4 Eliminação de hospedeiros secundários e plantas voluntárias.....	23
2.8.5 Incorporação dos restos culturais.....	23
2.8.6 Densidade de semeadura adequada.....	24
2.8.7 Controle químico.....	24
2.8.8 Sistemas de previsão.....	26

CAPÍTULO II	
IDENTIFICAÇÃO DO AGENTE CAUSAL DA BRUSONE DO TRIGO.....	30
Resumo.....	30
Abstract.....	31
1. INTRODUÇÃO.....	31
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4. CONCLUSÕES.....	39
CAPÍTULO III	
EFEITO DE CONCENTRAÇÕES DE CONÍDIOS DE <i>Pyricularia grisea</i> NA INTENSIDADE DA BRUSONE EM ESPIGAS DE TRIGO.....	40
Resumo.....	40
Abstract.....	41
1. INTRODUÇÃO.....	42
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	43
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
4. CONCLUSÕES.....	51
CAPÍTULO IV	
INTERAÇÕES ENTRE A TEMPERATURA E A DURAÇÃO DO MOLHAMENTO DAS ESPIGAS SOBRE A INTENSIDADE DA BRUSONE DO TRIGO.....	52
Resumo.....	52
Abstract.....	53
1. INTRODUÇÃO.....	54
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	57
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	63
4. CONCLUSÕES.....	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
	CAPÍTULO II	
1	Dimensões (μm) dos conídios de <i>Pyricularia</i> , obtidos em meios de cultura.....	38
2	Dimensões (μm) dos conídios de <i>Pyricularia</i> , obtidos em vários hospedeiros.....	38
	CAPÍTULO IV	
1	Efeito de temperaturas e da duração do período de molhamento das espigas na intensidade da brusone em trigo, cultivar BR 23.....	64
2	Interações entre temperatura (em intervalos de 2 °C) e duração do período de molhamento das espigas (hm) para causar diferentes valores diários de probabilidade de infecção (VDPI) de <i>Pyricularia grisea</i> , em espigas de trigo.....	71
3	Interações entre temperatura (em intervalos de 3 °C) e duração do período de molhamento das espigas (hm) para causar diferentes valores diários de probabilidade de infecção (VDPI) de <i>Pyricularia grisea</i> , em espigas de trigo.....	72
4	Interações entre temperatura (em intervalos de 4 °C) e duração do período de molhamento das espigas (hm) para causar diferentes valores diários de probabilidade de infecção (VDPI) de <i>Pyricularia grisea</i> , em espigas de trigo.....	73
5	Interações entre temperatura (em intervalos de 5 °C) e duração do período de molhamento das espigas (hm) para causar diferentes valores diários de probabilidade de infecção (VDPI) de <i>Pyricularia grisea</i> , em espigas de trigo.....	74

LISTA DE FIGURAS

Figura		PÁGINA
CAPÍTULO III		
1	Efeito de concentrações de conídios de <i>Pyricularia grisea</i> na intensidade da brusone em espigas de trigo, 15 dias após a incubação. Cultivar Trigo BR 23. UPF, 2004.....	49
2	Efeito de concentrações de conídios de <i>Pyricularia grisea</i> na intensidade da brusone em espigas de trigo, 30 dias após a incubação. Cultivar Trigo BR 23. UPF, 2004.....	49
3	Efeito de concentrações de conídios de <i>Pyricularia grisea</i> na intensidade da brusone em espigas de trigo, 15 dias após a incubação. Cultivar Trigo BR 23. UPF, 2005.....	50
4	Efeito de concentrações de conídios de <i>Pyricularia grisea</i> na intensidade da brusone em espigas de trigo, 30 dias após a incubação. Cultivar Trigo BR 23. UPF, 2005.....	50
CAPÍTULO IV		
1	Intensidade da brusone em espigas de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) causada por <i>Pyricularia grisea</i> em diferentes temperaturas no cultivar BR 23.....	65
2	Intensidade da brusone em espigas de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) causada por <i>Pyricularia grisea</i> em diferentes períodos de molhamento no cultivar BR 23.....	66
3	Efeito da duração do molhamento das espigas (HM) e da temperatura (T) sobre a intensidade (Z) da brusone do trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) causada por <i>Pyricularia grisea</i> . Trigo cultivar BR 23.....	67

LISTA DE QUADROS

Quadro		PÁGINA
CAPÍTULO III		
1	Escala para avaliação da intensidade da brusone em espigas de trigo.....	47
CAPÍTULO IV		
2	Escala para avaliação da intensidade da brusone em espigas de trigo.....	61

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AVISO PARA A
BRUSONE DO TRIGO CAUSADA POR *Pyricularia grisea***

**CINARA ARAUJO DE ANDRADE CARDOSO¹ & ERLEI
MELO REIS²**

RESUMO - A brusone é uma das doenças mais importantes na cultura do arroz a nível mundial. Sua ocorrência em trigo, em caráter epidêmico, pode ser considerado um fato recente no mundo. Ao lado da giberela podem ser consideradas as doenças de controle mais difícil. O agente causal da brusone do trigo é o fungo *Pyricularia grisea* Sacc, fase assexual ou anamórfica de *Magnaporthe grisea* (Hebert) Barr. Os principais sintomas da doença são evidenciados pelas espigas, que se tornam brancas principalmente em sua metade superior. Os objetivos do presente trabalho foram: identificar o agente causal da brusone do trigo; quantificar o efeito de diferentes concentrações de inóculo sobre a intensidade da doença. Justifica-se o presente trabalho considerando-se os danos elevados, a inexistência de cultivares tolerantes/resistentes e baixa eficiência do controle químico. Por isso, procurou-se desenvolver um sistema de aviso da doença, através do modelo climático, de modo a contribuir para o melhor entendimento do patossistema abrindo a possibilidade de desenvolvimento de métodos alternativos de controle.

¹ Bióloga., mestranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Fitopatologia. cinaraac@terra.com.br

² Orientador, Eng.-Agr., Dr., professor da FAMV/PPGAgro/UPF – erleireis@tpo.com.br

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fitopatologia-Micologia e câmaras climatizadas da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo – RS. Para a realização dos experimentos foi utilizado o cultivar de trigo BR 23 (*Triticum aestivum* L.) suscetível à doença. O fungo foi isolado de ráquis de espigas de trigo naturalmente infectadas. Os conídios ao microscópio ótico apresentavam morfologia idêntica à do gênero *Pyricularia*. Na mensuração de 100 conídios obteve-se as seguintes medidas 20 – 32,5 x 7,5 µm, média de 24,83 x 7,5 µm. Foram realizados os postulados de Koch para comprovar a patogenicidade. Pela comparação dos sintomas com as descrições da literatura e pelo reisolamento do patógeno, seguido de sua caracterização morfológica, confirma-se à identificação e patogenicidade de *Pyricularia grisea* oriundas de espigas de trigo naturalmente infectadas. Procurou-se, em condições controladas, obter intensidades da doença semelhantes às que ocorrem naturalmente no campo. Num experimento utilizaram-se as seguintes concentrações de conídios 0, 10.000, 20.000, 30.000, 40.000, 50.000 e 60.000 conídios.mL⁻¹. No segundo experimento utilizaram-se as concentração de 0, 5.000, 10.000, 15.000, 20.000, 25.000, 30.000 e 35.000 conídios.mL⁻¹. Em cada tratamento foram inoculadas 25 espigas de trigo cultivar BR 23 suscetível à brusone. Após a inoculação por aspersão do inóculo sobre as espigas em fase de antese, manteve-se um molhamento contínuo de 24 horas e temperatura de 25 ± 2°C com fotoperíodo de 12 horas. As avaliações de intensidade da doença foram feitas aos 15 e 30 dias após a inoculação. Demonstrou-se que a concentração de 30.000 conídios.mL⁻¹ causa uma intensidade adequada da doença para ser

utilizada em trabalhos futuros. Posteriormente foram avaliadas as interações entre temperaturas e durações do período de molhamento das espigas sobre a intensidade da brusone. As temperaturas testadas foram de 10, 15, 20, 25, 30 e 35 °C e os períodos de duração do molhamento das espigas de 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 horas. Cada temperatura constituiu um experimento e as horas de molhamento os tratamentos. A menor intensidade da doença foi observada a 25 °C com 10 horas de molhamento das espigas. Com molhamentos inferiores a 10 horas de duração não se observaram sintomas da doença em nenhuma das temperaturas. Intensidade de doença superior a 85% foi detectada a 25 °C com 40 horas de molhamento. As variações de intensidade da brusone do trigo pela temperatura foram explicadas pelo modelo Beta generalizado e o de duração de molhamento das espigas pelo modelo de Gompertz. A intensidade da doença foi modelada em função da temperatura e da duração do molhamento das espigas. A equação resultante fornece uma descrição precisa da resposta da intensidade da brusone aos efeitos combinados de temperatura e de duração do molhamento. O modelo foi usado para elaborar tabelas de períodos críticos que podem ser utilizadas na validação de um modelo de previsão da brusone em espigas de trigo segundo o modelo climático.

Palavras-chave: *Triticum aestivum*, *Pyricularia grisea*, densidade de inóculo, intensidade da doença, sistema de aviso.

**DEVELOPMENT OF A WARNING SYSTEM FOR WHEAT
BLAST CAUSED BY *Pyricularia grisea*.**

**CINARA ARAUJO DE ANDRADE CARDOSO¹ & ERLEI
MELO REIS²**

ABSTRACT – Blast is a common disease on rice but the occurrence of epidemics in wheat may be considered a new fact in the world. The causal agent of wheat blast is the mitotic fungus *Pyricularia grisea* Sacc. and *Magnaporthe grisea* (Hebert) Barr. in its teleomorphic phase. The main disease symptoms are shown by wheat heads, which become white especially in its apical half. The objectives of the present work were to identify the wheat blast fungus, to quantify the effects of different inoculum concentrations on disease intensity in such a way to get similar disease intensity found under field conditions and, to study the effects of temperatures and wetness duration on disease intensity. Wheat blast is one of diseases of difficult control considering the high damage caused, the absence of resistant/tolerant cultivars and the low efficiency of chemical control. The development of a warning system for wheat blast based on climatic model may help to improve our knowledge of this pathosystem opening the opportunity to develop alternative methods for disease control.

¹ Bióloga., mestranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Fitopatologia. cinaraac@terra.com.br

² Orientador, Eng.-Agr., Dr., professor da FAMV/PPGAgro/UPF – erleireis@tpo.com.br

In experiments conducted in growth chambers in the Plant Pathology Laboratory of Agronomy and Veterinary Medicine Faculty of Passo Fundo University, the identification of the wheat blast causal agent was made. Fungus was isolated from rachis of naturally infected. Conidia under the light microscope showed identical to the genus *Pyricularia*. Conidia measurements of 100 spores presented the following size 20 – 32.5 x 7.5 μm , with a mean of 24.83 x 7.5 μm . Koch's postulates were performed to prove the fungus pathogenicity on wheat spikes. By taking into consideration the symptoms on inoculated plants, spores morphology and size compared to literature of disease description and by the re-isolation of the pathogen it may be confirmed that the fungus used in the work is *Pyricularia grisea*. The goal was to get under controlled conditions a similar disease intensity as found under natural field conditions. In one trial the following conidia concentrations were tested 0, 10,000, 20,000, 30,000, 40,000, 50,000 and 60,000 spores.mL⁻¹. In a second experiment the concentrations of 0, 5,000, 10,000, 15,000, 20,000, 25,000, 30,000 and 35,000 conidia.mL⁻¹ were tested. In each treatment 25 heads of wheat cultivar BR 23, blast susceptible, were inoculated with a hand sprayer up to run-off. After inoculation on wheat spikes at anthesis, plants were kept under continuous wetness for 48 hours and at the temperature of 25 \pm 2°C and photoperiod of 12 hours. Disease intensity was evaluated on 15 and 30 days after inoculation. It was demonstrated that the concentration of 30,000 conidia.mL⁻¹ is able to cause a disease intensity similar found under natural field infection and which may be used in future work. The combinations between temperature and head wetting period were assessed. Temperature

range of 10, 15, 20, 25, 30 e 35 °C and wetting periods of 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 hours were evaluated. Each temperature formed an experiment and the hours of wetness duration the treatments. The lower disease intensity was observed at 25 °C with 10 hours of head wetness. Under wetting periods less than 10 hours of duration disease symptoms were not noticed regardless of the temperature. At the temperature of 30 °C the higher disease intensity was observed and with its increase as the wetting period increased too. Disease intensity higher than 85% was detected at 25 °C with 40 hours of wetness. Variations in blast intensity by temperature were explained by the generalized Beta model and the heads wetness duration by the Gompertz model. Disease intensity was modeled as a function of both temperature and wetness duration. The resulting equation provided a precise description of the response of *Pyricularia grisea* to temperature and wetness duration. The model was used to construct tables that can be used to forecast the infection based on field recorded wetness duration and temperature during this period.

Key words: *Triticum aestivum*, *Pyricularia grisea*, inoculum density, disease intensity, blast forecasting system.

CAPÍTULO I

A BRUSONE DO TRIGO

1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é a segunda espécie vegetal a nível mundial em produção sendo superada apenas pelo milho. A produção mundial (593,43 milhões de t) está distribuída nos dois hemisférios, com grande concentração no norte (USDA, 2006).

As áreas de maior produção de trigo estão na Europa, na Ásia e na América do Norte.

O Brasil, em relação ao mundo, tem uma área pequena cultivada com este cereal se comparada às grandes regiões produtoras.

A área cultivada no Brasil, na safra 2004/05, foi de 2,75 milhões de hectares, com produção de 5,8 milhões de toneladas. O estado do Rio Grande do Sul produziu 2,3 milhões de toneladas de trigo, com uma produtividade de 940 kg.ha⁻¹ (CONAB, 2006). O rendimento baixo foi função do clima e de doenças causadas principalmente por fungos.

As principais doenças do trigo são o oídio causado por *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* E. Marchal, a ferrugem da folha causada por *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Eriks. & Henn, as manchas foliares causadas por *Bipolaris sorokiniana* Sacc. in Sorok *Drechslera tritici-repentis* Died Schoem e *Septoria nodorum* Berk in Berk. & Br. , a giberela causada por *Gibberella zeae* (Schwabe) Petch. e a brusone causada por *Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc.

As reduções no rendimento de grãos causadas por estas doenças são de até 62% para o oídio (REIS et al., 1988), de até 63% para a ferrugem da folha (BARCELLOS et al., 1982), de até 50% para as manchas foliares (REIS et al., 1998), de até 25 % para a giberela (PANISSON et al., 2001) e de até 50% para a brusone (GOULART et al., 1992).

A brusone é considerada a principal doença da cultura do arroz, pela sua ampla disseminação e destrutividade. Além do arroz, esse fungo infecta mais de 50 outras espécies de gramíneas, entre elas o trigo (OU, 1972).

A ocorrência da brusone em trigo, em caráter epidêmico, pode ser considerado um fato recente no mundo.

A brusone em trigo ocorre principalmente nos estados do Paraná (Norte e Oeste), sul de São Paulo, Mato Grosso do Sul e região dos cerrados onde o cereal é cultivado com irrigação por aspersão.

Apesar da severidade variar grandemente em função da região e das condições climáticas, a brusone do trigo é considerada uma das principais doenças que atacam o cereal no Mato Grosso do Sul, ocasionando danos de 862 kg/ha em quatro anos de avaliação (GOULART & PAIVA, 1993).

Pela retomada do cultivo do trigo no Brasil Central, sob irrigação por aspersão, a doença tem se manifestado em caráter epidêmico, praticamente, em todas as safras, causando danos elevados.

São poucas as instituições brasileiras que no momento conduzem pesquisas com esta doença sendo por conseguinte poucas

as informações geradas em relação à epidemiologia e táticas de controle que não seja o melhoramento genético.

A estratégia mais viável de controle seria o desenvolvimento de cultivares resistentes. Por outro lado, o controle químico não tem se mostrado eficiente sob condições de campo, provavelmente pela dificuldade de deposição dos fungicidas nos sítios de infecção, as ráquis (REIS et al., 1997).

Pelos danos elevados, inexistência de cultivares tolerantes/resistentes e como o controle químico não apresenta alta eficiência procurou-se desenvolver um sistema de aviso da doença, através do modelo climático, de modo a contribuir para o melhor entendimento do patossistema abrindo a possibilidade de desenvolvimento métodos alternativos de controle.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Ocorrência

A ocorrência da brusone do arroz em trigo, causando epidemias em lavouras, foi relatado pela primeira vez no Brasil. A doença, causada pelo fungo *Pyricularia grisea* foi detectada pela primeira vez no Norte do Paraná, especificamente nos municípios de Sertaneja, Sertanópolis e Primeiro de Maio, em 1985.

O agente causal foi denominado inicialmente de *Pyricularia* sp. por Igarashi et al. (1986). Posteriormente em 1987, o mesmo autor

caracterizou o agente causal como sendo *P. oryzae* baseando-se nas características culturais e morfológicas do fungo.

A doença ocorreu em sete municípios na safra de 1985 e em 27 municípios na de 1986, na região tritícola caracterizada como Centro-Sul (Mato Grosso do Sul, Paraná e São Paulo). Nessa região, causou epidemias nos anos de 1986 a 1990. Depois cessou e ressurgiu novamente em caráter epidêmico na safra 2001. Através de levantamentos realizados em 1988 nas regiões tritícolas de Mato Grosso do Sul, registrou-se a ocorrência da brusone do trigo naquele estado (GOULART et al., 1990).

No Rio Grande do Sul o primeiro relato de *P. grisea* em trigo foi em uma área comercial de trigo com o cultivar BR 23, no município de Lagoa Vermelha em 1989. Foram observadas, por ocasião do enchimento de grãos, plantas apresentando espigas total ou parcialmente aclorofiladas. A ráquis destas espigas apresentavam lesões com uma coloração azul-violeta de aparência brilhante, sintomas estes muito similares aos descritos por Igarashi (1988b), como os da brusone do trigo (PICININI et al., 1990). Posteriormente foi constatada em triticales e azevém no Rio Grande do Sul (MEDEIROS et al., 1996).

Em maio de 1993, no Experimento Internacional de Genótipos de Trigo, no campo Experimental do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Planaltina, DF, foram observados sintomas de branqueamento nas espigas do cv. Kancham semelhantes àqueles descritos para a brusone. A presença do patógeno (*P. grisea*) foi confirmada pela observação das características morfológicas do fungo. A ocorrência da brusone foi constatada também em um ensaio de

competição de 20 cultivares de centeio (*Secale cereale* L.), no CPAC oriundas de uma coleção do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo/EMBRAPA (ANJOS et al., 1996).

2.2 Distribuição geográfica

A doença foi primeiramente identificada em 1985 no estado do Paraná. Nos anos subsequentes o patógeno disseminou-se para novas áreas sendo que, atualmente sua presença foi registrada nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul, Brasília (DF) e Goiás, estando portanto presente nas principais regiões tritícolas do Brasil. Nos cultivos de trigo irrigado no Centro-Oeste do Brasil, a doença também tem sido detectada, causando danos no rendimento de grãos.

2.3 Danos

Neste texto, o termo dano é usado com o significado de qualquer redução na quantidade e, ou, qualidade da produção (ZADOKS, 1985). Perda é definida como a redução em retorno financeiro por unidade de área devido a ação de organismos nocivos. O dano geralmente acarreta perda, mas não necessariamente, já que mecanismos de preço podem interferir. A demanda por produtos agrícolas é usualmente inelástica, ou seja, os preços caem caso o mercado tenha excesso de oferta e sobem em caso de escassez (BERGAMIM FILHO & AMORIM, 1996).

Segundo Goulart et al. (1992) por ser uma doença de constatação recente na cultura do trigo, não estavam disponíveis informações precisas quanto aos danos ocasionados pela brusone nesse cereal. Em função da importância econômica que essa moléstia vem adquirindo nas regiões onde tem ocorrido, principalmente no Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul e devido à intensidade de sintomas que produz nas folhas e principalmente nas espigas surgiu a necessidade de quantificação de seus danos por metodologia confiável.

Essa doença, com o passar do tempo, vem se firmando como uma realidade no contexto das doenças do trigo em Mato Grosso do Sul, ocasionando dano de 618 kg/ha, em média de três anos de avaliação (GOULART et al., 1991).

Em 1987 ocorreu o agravamento da situação, com a doença atingindo proporções epidêmicas em mais de 70 municípios do Paraná, com danos estimados de 10 a 12% (IGARASHI, 1988a). Em 1988 a doença manifestou-se mais cedo (oito a dez dias após a emergência do trigo), notadamente naquelas lavouras semeadas até o final da primeira quinzena de abril (IGARASHI, 1988b).

Trabalhos conduzidos considerando-se a época de infecção das espigas, mostraram que, nos três anos de avaliação, nas regiões de Dourados, Itaporã e Rio Brilhante quando a infecção ocorreu mais cedo os danos foram maiores. Os resultados mostram dano médio em Rio Brilhante, nos anos de 1988 e 1989, de 27 a 47% quando a infecção foi precoce e de 14 a 18% quando a infecção foi tardia, respectivamente, em comparação às espigas sadias. Esse mesmo fato ocorreu no ano de 1990, em ambas regiões onde as avaliações foram

realizadas. Em Indápolis, os resultados revelaram um dano médio, em peso por espiga, em relação às espigas sadias, de 59% quando a infecção foi precoce e de 27% quando a infecção foi tardia. Em Montese, registrou-se um dano médio de 60% quando a infecção foi precoce, enquanto que a tardia proporcionou dano de 39% em relação às espigas sadias (GOULART et al., 1992).

2.4 Etiologia

O agente causal da brusone do trigo é o fungo *Pyricularia grisea* Sacc, fase assexual ou anamórfica de *Magnaporthe grisea* (Hebert) Barr fase sexual ou teleomórfica.

A espécie original, *P. grisea* Saccardo (Saccardo, 1980), foi isolada de *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. Uma década mais tarde, Cavara (1981) descreveu uma espécie muito semelhante isolada de arroz, que foi denominada *P. oryzae* Cavara. A principal distinção entre os dois fungos foi a planta hospedeira.

O fungo *P. grisea* pertence à divisão Amastigomycota, classe dos Deuteromycetes, subclasse Hyphomycetidae, ordem Moniliales, e família Moniliaceae (MENEZES & OLIVEIRA, 1993).

Rossmann et al. (1990) relacionam os seguintes sinônimos para o agente causal da brusone:

Fase assexual, anamórfica ou imperfeita:

Trichothecium griseum Cooke, 1879;

Pyricularia grisea Saccardo, 1880;

Pyricularia oryzae Cavara, 1882 e

Dactylaria oryzae (Cav.) Sawada, 1916.

Fase sexual, teleomórfica ou perfeita:

Ceratosphaeria grisea Hebert, 1971;

Magnaporthe grisea (Hebert) Barr, 1977 e

Phragmoportha grisea (Hebert) Monod, 1983.

Na década de 1980, a nomenclatura do agente causal da brusone do trigo se mostrou indefinida e confusa. No Brasil, estudos iniciais identificaram como *Pyricularia* sp. (IGARASHI et al., 1986), posteriormente o mesmo autor identificou como *P. oryzae*, baseado em características morfológicas e culturais do fungo.

Na tentativa de esclarecer essas dúvidas, Rossman et al. (1980) estudaram as espécies-tipo de *P. grisea* e *P. oryzae* e confirmaram suas similaridades morfológicas. Com certa relutância, consideraram as duas espécies como sinônimas, dando prioridade ao nome mais antigo, *P. grisea*. Trabalhos posteriores demonstraram que o nome correto do agente causal da brusone do trigo é *P. grisea* (ROSSMAN et al., 1990; URASHIMA et al., 1993).

Microscopicamente, o fungo *P. grisea* apresenta conidióforos individuais ou agrupados, delgados, com paredes finas, geralmente emergindo isolados ou em pequenos grupos através dos estômatos, a maioria não ramificados, retos ou sinuosos, geniculados próximo ao ápice, cor pardo claro, lisos. Células conidiogênicas poliblasticas, integradas, terminais, simpodiais, cilíndricas, geniculadas, denticuladas; os denticulos são cilíndricos e de parede fina, geralmente com um septo que separa as células conidiogênicas das demais células do conidióforo. Os conídios são solitários, secos, terminais ou laterais, simples, hialinos ou subhialinos (cor marrom-oliváceo claro), lisos, septados, com presença de hilo frequentemente

protuberante. Estes são inicialmente aderidos ao conidióforo por meio de uma pequena célula e, quando maduros, a célula se divide em duas, liberando o conídio. Esse processo produz um pequeno dentículo na base do conídio e na lateral do conidióforo (ELLIS, 1971).

As colônias em meio de cultura são muito variadas quanto à massa miceliana e cor do micélio, podendo encontrar desde colônias ralas como algodinosas e desde colônias de cor branca a escuras dependendo do meio de cultivo (ELLIS, 1971).

2.5 Sintomatologia

Igarashi (1988b) inicialmente caracterizou a brusone do trigo como sendo uma doença específica das espigas. No entanto já no segundo ano de ocorrência (1986), havia sido constatada a manifestação da brusone em todos os órgãos aéreos da planta (folhas, colmos, bainhas, nós, pedúnculo e glumas), bem como a transmissão do fungo pelas sementes.

2.5.1 Sintomas nas espigas

Os principais sintomas da doença são evidenciados pelas espigas, que se tornam brancas principalmente em sua metade superior. O tipo de infecção que provoca maior índice de dano econômico na cultura do trigo é aquela que a incide nas espigas, especificamente na porção da ráquis (IGARASHI & BALAN, 2004).

A brusone é uma doença principalmente de espigas, por isso, o branqueamento da sua metade superior é o sintoma mais comum.

2.5.2 Sintomas na ráquis

Sobre a ráquis, observa-se uma lesão preta brilhante no ponto de penetração do fungo. Como consequência ocorre a morte da espiga na região localizada acima do ponto de penetração. A colonização localizada num ponto da ráquis impede a translocação de água e nutrientes, causando o branqueamento parcial ou total das espigas e limitando o desenvolvimento normal dos grãos. A doença pode manifestar-se desde o início do espigamento até a maturação fisiológica. Os maiores danos ocorrem no espigamento, evitando a formação de grãos e reduzindo drasticamente o rendimento. Infecções tardias da espiga no estágio de maturação determinam danos menores (IGARASHI & BALAN, 2004).

2.5.3 Sintomas em glumas

Os sintomas nas glumas são lesões de forma elípticas-ovaladas e de coloração branco acinzentada com bordos castanho claro a escuro (TOLEDO & ESCOBAR, 2002).

2.5.4 Sintomas em folhas

Os sintomas nas folhas são os menos freqüentes, variam de tamanho, forma e coloração dependendo do estágio de desenvolvimento da planta e da reação genética da variedade. Em geral manifesta-se como manchas elípticas, com o centro variando de castanho claro a branco, margens levemente escurecidas e

extremidades com prolongamento castanho-avermelhado com dimensões que variam de 2 a 20 x 1 a 4 mm. Quando as condições climáticas são favoráveis pode ocorrer esporulação do fungo, tanto na face superior quanto na inferior, conferindo ao centro da lesão uma coloração acinzentada (TOLEDO & ESCOBAR, 2002).

2.5.5 Sintomas em sementes

O ataque do fungo nas sementes provoca a sua má formação quando ainda leitosos tornando-os chochos. As sementes infectadas depois do grão formado, aparentemente apresentam-se sadias, porém contém o fungo no endosperma sendo assim responsáveis pela transmissão do patógeno (TOLEDO & ESCOBAR, 2002).

2.6 Epidemiologia

Dentre os fatores ambientais que podem afetar as relações patógeno-hospedeiro, a água e a temperatura são os mais importantes (REIS et al., 1988). A umidade (água no estado líquido ou gasoso) é o fator determinante e essencial à ocorrência das doenças, ao passo que a temperatura age como catalisador, retardando ou acelerando o processo infeccioso e de reprodução do patógeno (REIS et al., 1988)

Em arroz as condições ambientais requeridas à infecção são temperaturas de 21-27 °C e 10-14 horas de molhamento (OU, 1972).

A temperatura ótima para a esporulação do fungo está em torno de 28 °C.

A liberação de conídios é influenciada pela temperatura e normalmente ocorre na faixa de 15-35 °C.

Em relação à germinação dos conídios a temperatura deve ser entre 22-28 °C (TOLEDO & ESCOBAR, 2002).

A luz também pode ter influência sobre o crescimento do micélio e dos conídios. A germinação e o tamanho do tubo germinativo são processos inibidos pela luz. A alternância de luz tem um papel importante sobre a esporulação.

2.7 Ciclo das Relações Patógeno-hospedeiro

2.7.1 Fontes de inóculo

Os patógenos necrotróficos de culturas anuais, incluindo *P. grisea*, para garantir sua sobrevivência na ausência de tecido suscetível do hospedeiro, desenvolvem várias estratégias de sobrevivência.

As fontes de inóculo mais importantes para a brusone são os hospedeiros secundários (“planta sem importância econômica, como plantas daninhas e nativas e que não é explorada pelo homem”) e os restos culturais de plantas cultivadas. O agente causal também pode sobreviver em sementes infectadas.

O inóculo, constituído por conídios, é liberado dos substratos na fase saprofítica e transportado pelo vento a longas distâncias. Os hospedeiros secundários constituem uma das fontes de inóculo mais importante para a brusone. O hospedeiro secundário mais conhecido de *P. grisea* é *Digitaria sanguinalis* L. Scop. Estudos realizados por

Urashima & Kato (1998), demonstraram que *Setaria geniculata* (Lam.) Beauv. e *Brachiaria plantaginea* (Link.) Hitchc. são também hospedeiros de *P. grisea*, no Brasil.

Outra fonte de inóculo são os restos culturais de plantas cultivadas, sobre os quais o fungo pode sobreviver de um ano para o outro em sua fase saprofítica (GOULART, 1988).

Do ponto de vista epidemiológico, as sementes de trigo são consideradas a principal fonte de inóculo primário (REIS et al., 1998). A presença do patógeno nas sementes após a constatação de sua transmissão demonstra potencial de transmissão para novas áreas. O fungo *P. grisea* pode ser transportado internamente ou externamente pela semente, sendo a maior parte do inóculo (65-75 %) localizada internamente (TOLEDO & ESCOBAR, 2002).

Utilizando sementes de trigo com 12% de incidência de *P. oryzae*, verificou-se a transmissão do patógeno das sementes para o coleóptilo e folhas de trigo através do teste do tubo de ensaio com ágar-água (MENTEM & MORAES, 1987). Posteriormente, esses resultados foram confirmados por Goulart et al. (1989), registrando a eficiência da passagem do fungo das sementes ao coleóptilo, com uma taxa de transmissão de 4:1, em laboratório e confirmados sob condições de campo.

Segundo Goulart & Paiva (1990), a transmissão de *P. oryzae* pelas sementes não tratadas pode constituir-se numa importante fonte de inóculo, pois, considerando-se um lote que apresente uma incidência do patógeno de 21% e taxa de transmissão de 2,1:1, pode-se estimar o estabelecimento de 400.000 pontos de infecção/ha.

A abundância de hospedeiros secundários pode anular a importância das sementes como fonte de inóculo Reis et al. (2001).

2.7.2 Disseminação

A disseminação de *P. grisea* ocorre principalmente através do vento. O vento é o agente responsável pela remoção dos conídios e pelo transporte do inóculo. Se a superfície do tecido esporulante estiver molhada, dificulta ou impede a remoção do inóculo, o qual permanece aderido à superfície da planta. Para esse grupo, a remoção, o transporte para outras plantas ou lavouras e a deposição são favorecidos pelo tempo seco. Maude (1996) denomina esses propágulos de esporos secos. Uma vez depositado na superfície da planta e na presença de água livre, o conídio germina, produzindo tubo germinativo e apressório.

2.7.3 Penetração

A penetração é feita diretamente através da cutícula, raramente pelos estômatos (BEBENDO, 1997).

2.7.4 Colonização

A colonização dos tecidos é facilitada por toxinas, que provocam a morte de células, e por hifas, que se desenvolvem no tecido morto (BEBENDO, 1997).

2.8 Controle

O controle da brusone depende da adoção de um conjunto de medidas. Dentre essas, o emprego de cultivares resistentes seria o mais econômico, seguro e eficaz. Porém ainda não disponível em nível suficiente (REIS et al., 1988).

2.8.1 Uso de cultivares resistentes

A utilização de recursos genéticos torna-se mais importante ainda, pois o controle químico dessa doença, pela aplicação de fungicidas, não tem sido satisfatório, em função da baixa eficiência dos produtos atualmente disponíveis no mercado.

Trabalhos realizados por Igarashi & Utiamada (1986) e Igarashi (1988) no estado do Paraná, através de inoculações artificiais em casa-de-vegetação, demonstraram haver cultivares com diferentes graus de resistência, não existindo cultivar ou linhagem imune a esta doença. Entretanto o nível de resistência não é suficiente para impedir ou reduzir os danos.

Experimentos realizados por Arruda et al. (2002) com o objetivo de testar a resistência de trigo no estágio vegetativo e reprodutivo demonstrou que todas as variedades testadas (BR18, BR21, BR31, CNT8 e Iapar3), que foram resistentes no estágio vegetativo, apresentaram alta incidência da doença em espigas. Esses resultados demonstram que não houve correlação entre resistência do trigo nos estádios vegetativo e reprodutivo. Além disso, não se detectou variedade resistente nessa última fase.

2.8.2 Época de semeadura

A época de semeadura é um fator que tem influência sobre a incidência da doença. Segundo Goulart et al. (1992) a semeadura deve ser feita após 10 de abril. O clima favorece a doença, por isso, o objetivo da época de semeadura é evitar com que o período de espigamento ou grão leitoso coincida com condições de temperaturas superiores a 22°C e umidade relativa superior a 90%.

O desenvolvimento de um sistema de previsão baseado no modelo climático pode trazer informações detalhadas e precisas sobre o efeito do clima, ou época de semeadura, na ocorrência da brusone em trigo.

2.8.3 Uso de sementes sadias

O uso de sementes sadias é uma medida recomendada principalmente para zonas livres da doença. O objetivo principal desta prática é evitar a introdução do patógeno em novas áreas. As sementes de trigo deveriam ser produzidas em locais aonde o patógeno não esteja presente.

Do ponto de vista epidemiológico, as sementes de trigo são consideradas a principal fonte de inóculo primário (REIS et al., 1998). A presença do patógeno nas sementes após a constatação de sua transmissão demonstra transmissão para novas áreas. O fungo *P. grisea* pode ser transportado internamente ou externamente pela semente, sendo a maior parte do inóculo (65-75 %) localizada internamente (TOLEDO & ESCOBAR, 2002).

Portanto sugere-se que as sementes procedentes de regiões com alta incidência da brusone sejam submetidas à análise sanitária. Após a constatação da infecção pelo fungo via semente, deve se efetuar o tratamento de sementes com fungicidas recomendados pela pesquisa. A finalidade é de se evitar e/ou reduzir a disseminação do patógeno, bem como evitar o aumento do inóculo primário dentro da lavoura na fase de plântula e conseqüente possibilidade de infecção futura das espigas (IGARASHI & BALAN, 2004).

2.8.4 Eliminação de hospedeiros secundários e plantas voluntárias

Os hospedeiros secundários e plantas voluntárias constituem importante fonte de inóculo primário de *P. grisea*. Por este motivo sugere-se à eliminação de plantas daninhas (*S. geniculata* e *B. plantaginea*) e plantas voluntárias para reduzir as fontes de inóculo. Isso, no entanto, é uma tarefa difícil.

2.8.5 Incorporação dos restos culturais

O fungo *P. grisea* pode sobreviver de um ano para o outro, em restos culturais, a incorporação da resteva depois da colheita poderia ajudar a manter o inóculo em níveis baixos. Esta prática pode ser adotada com critério técnico e dependendo do sistema de semeadura do agricultor. No caso de áreas com sistema de plantio direto, o emprego da rotação de cultura, como medida de erradicação e redução

do inóculo primário de *P. grisea* em uma área não é recomendado, pois segundo Reis et al. (1988), este fungo tem uma gama numerosa de hospedeiros secundários e conídios pequenos, com capacidade de serem transportados pelo vento a grandes distâncias, fazendo com que o efeito da rotação seja anulado.

2.8.6 Densidade de semeadura adequada

Pesquisas indicam que densidades maiores de plantas, do que a recomendada, possibilita uma maior infecção da doença dentro da área, devido ao impedimento do fluxo de ar, o que favorece um microclima para o fungo, possivelmente maior duração do molhamento das espigas (TOLEDO & ESCOBAR, 2002).

2.8.7 Controle químico

Em trigo a brusone ao lado da giberela é uma das doenças de controle mais difícil.

O controle químico não tem se mostrado eficiente sob condições de campo, provavelmente pela dificuldade de deposição dos fungicidas no sítio de infecção (ráquis).

Uma vez que a grande maioria das variedades são suscetíveis à brusone, a aplicação de fungicidas poderá constituir-se em uma ferramenta útil no manejo integrado da doença, desde que realizada com base na análise de custo/benefício (economicidade da aplicação)

e do potencial de rendimento da lavoura. Resultados de pesquisa têm demonstrado a baixa eficiência de controle dessa doença pelo uso de fungicidas. Atualmente a eficiência do controle varia de 30% a 50%.

Conforme as Indicações Técnicas da Comissão Centro-Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale para a safra de 2005, apenas dois fungicidas estão recomendados para o controle da brusone, o tebuconazole (250 g i.a/ha) e o metconazole (81 g i.a/ha).

Um critério para a aplicação de fungicida propõem que: se da emergência até o emborrachamento, ocorrem chuvas frequentes e temperaturas médias altas, o potencial de inóculo na lavoura deverá ser alto, justificando então o controle químico, com uma aplicação preventiva-erradicativa no final desse estágio. No entanto, a disponibilidade de sistemas de aviso podem trazer informações mais precisas das interações do clima com a ocorrência da doença.

Uma segunda aplicação deve ser feita no florescimento, protegendo assim, a fase de maior risco de dano à cultura. A infecção pode ocorrer enquanto tiver tecido verde nas espigas, mas quando mais tarde acontecer, menor será o dano.

Uma terceira aplicação (12 dias após a segunda), só se justifica se persistir o clima favorável à doença e a lavoura apresentar alto potencial produtivo.

Conforme as Indicações Técnicas da Comissão Centro-Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale para a safra de 2005 os resultados de pesquisa da safra de 2004 indicaram que os novos fungicidas no mercado, envolvendo a mistura de estrobilurina + triazol mostraram controle mais efetivo da brusone comparativamente aos produtos (triazóis isolados) até então indicados.

2.8.8 Sistemas de previsão

Os sistemas de previsão de doenças, também denominados de modelos “preditivos” ou “previsores”, têm por objetivo reduzir o número de aplicações de fungicidas e, portanto, reduzir o efeito negativo dos produtos químicos ao homem e ao ambiente. A previsão não necessariamente visa reduzir o número de aplicações mas sim torná-las mais eficientes, diminuir o risco de dano econômico causado pela doença e aumentar a renda do agricultor pela racionalização do número de aplicações de fungicidas (REIS & WORDELL FILHO, 2004).

Os previsores de doenças prevêm o início (infecção) ou o aumento da intensidade da doença baseando-se em informações relativas ao clima, à cultura ou ao patógeno. Muitos dos previsores em uso não prevêm se as interpretações são baseadas na identificação de infecções passadas ou em condições ambientais que as favoreceram. Como muitas das decisões são baseadas em efeitos já ocorridos ou, na melhor hipótese, nas condições climáticas presentes, tem sido sugerido que o termo “previsor” não é correto. Por isso Zadoks (1984) sugere o termo “sistema de aviso” ou de “alarme da doença” em substituição a “previsor”. Madden e Ellis (1988) consideram que todos os sistemas prevêm o aumento geral da doença baseando-se em componentes do ciclo da doença já ocorridos.

Os sistemas de previsão podem ser classificados em empírico ou fundamental. Os sistemas de previsão empíricos são aqueles desenvolvidos a partir da coleta e análise de dados históricos sobre a doença e outros fatores bióticos e abióticos, e consideram o processo

da doença como um todo. Os sistemas de previsão fundamentais ou indutivos são aqueles desenvolvidos por meio de dados obtidos experimentalmente em condições controladas e descrevem um ou mais aspectos da interação patógeno-hospedeiro-ambiente (KRAUSE E MASSIE, 1975).

Na validação de um sistema de previsão sugere-se realizar previamente o monitoramento do patógeno a fim de comprovar a sua presença no momento da previsão e se é possível assumir, posteriormente, que o inóculo estará presente.

Estando presentes o hospedeiro (h) e o patógeno (P), a ocorrência de infecções (doença) dependerá do fator ambiente (A). Os sistemas de previsão baseados no clima fundamentam-se no fato de que, estando presentes “h” e “P” e sendo satisfeito “A” (os três fatores determinantes da doença), deverá ocorrer a doença manifestada pela presença dos sintomas findo o período latente. Esse modelo requer a quantificação dos elementos meteorológicos componentes do período crítico, ou seja, a duração do período de molhamento contínuo dos tecidos suscetíveis e a temperatura média nesse período (REIS & WORDELL FILHO, 2004).

Segundo Reis & Wordell Filho (2004) o previsor deve ser baseado em dados biológicos e climáticos confiáveis e ser validado na região na qual será utilizado. Quanto mais simples for o sistema, maior será a probabilidade de ser aceito e utilizado pelos produtores. O previsor deve ser desenvolvido para uma doença que tenha ocorrência esporádica, por exemplo que seja dependente de chuvas e que cause danos econômicos na cultura. Se a doença não causar danos econômicos ou se é possível assumir a sua ocorrência anual ou cíclica,

um previsor será de pouco valor. O sistema deve ser aplicado a uma doença para a qual estão disponíveis métodos efetivos de manejo, como, o uso de fungicidas eficientes.

Vários sistemas de alerta ou de previsão de doenças de plantas utilizam a duração do período de molhamento, entre outras variáveis, para estabelecer os níveis de severidade de doenças, a exemplo do míldio da videira (*Vitis vinifera* L.) causado por *Plasmopara viticola* (Berl. & Curtis) Berl & de Toni, da requeima da batata (*Solanum tuberosum* L.) causada por *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary da sarna da macieira (*Malus domestica* Borkh) causada por *Venturia inaequalis* (Cooke) Winter e da requeima do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) causada por *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary (Pennypaker & Stevenson, 1982) entre outros.

Alguns sistemas de previsão de doenças de plantas estão sendo usados no Brasil para o controle de doenças, principalmente para as doenças da batateira e do tomateiro. Merece destaque também o trabalho pioneiro da Epagri-SC, na validação e implementação de estações de aviso para a sarna da macieira no Brasil.

Os trabalhos de validação de um sistema de previsão da brusone do arroz podem se basear nas publicações de Sasaki e Kato (1972) e de Kim et al. (1988).

O sistema de Kim et al. (1988) considera as variáveis climáticas temperatura do ar, duração do período do molhamento contínuo dos sítios de infecção e umidade relativa do ar. Os dados, coletados com sensores eletrônicos, são processados de acordo com as combinações específicas contidas em tabelas de períodos críticos.

Não se encontrou na literatura consultada referência relativa a sistema de aviso para a brusone, em trigo.

CAPÍTULO II

IDENTIFICAÇÃO DO ISOLADO DE *Pyricularia grisea* UTILIZADO NO PRESENTE TRABALHO

CINARA ARAUJO DE ANDRADE CARDOSO¹ & ERLEI
MELO REIS²

RESUMO – Em experimentos conduzido em câmaras climatizadas e no Laboratório de Fitopatologia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, procurou-se identificar o agente causal da brusone do trigo. O fungo foi isolado de ráquis de espigas de trigo naturalmente infectadas, coletadas em lavoura no ano de 2004, no município de Palotina (PR). Os conídios ao microscópio ótico apresentavam morfologia idêntica à do gênero *Pyricularia*. Na mensuração de 100 conídios obteve-se as seguintes medidas 20 – 32,5 x 7,5 µm, média de 24,83 x 7,5 µm. Foram observados os postulados de Koch para comprovar a patogenicidade. Pela comparação dos sintomas com as descrições da literatura e pelo reisolamento do patógeno, seguido de sua caracterização morfológica, confirma-se à identificação e patogenicidade de *Pyricularia grisea* oriundas de espigas de trigo naturalmente infectadas.

Palavras-chave: *Triticum aestivum*, *Pyricularia grisea*, brusone

¹ Bióloga., mestranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Fitopatologia. cinaraac@terra.com.br

² Orientador, Eng.-Agr., Dr., professor da FAMV/PPGAgro/UPF – erleireis@tpo.com.br

IDENTIFICATION OF THE CAUSAL AGENT OF WHEAT BLAST

ABSTRACT – In experiments conducted in growth chambers in the Plant Pathology Laboratory of Agronomy and Veterinary Medicine Faculty of Passo Fundo University, the identification of the wheat blast causal agent was made. Fungus was isolated from rachis of naturally infected wheat heads, in samples taken from commercial field in 2004 growing season in Palotina (PR) county. Conidia under the light microscope showed identical to the genus *Pyricularia*. Conidia measurements of 100 spores presented the following size 20 – 32,5 x 7,5 µm, with a mean of 24,83 x 7,5 µm. Koch's postulates were performed to prove the fungus pathogenicity on wheat spikes. By taking into consideration the symptoms on inoculated plants, spore morphology and size compared to literature of disease description and by the re-isolation of the pathogen it may be confirmed that the fungus used in the work is *Pyricularia grisea*.

Key words: *Triticum aestivum*, *Pyricularia grisea*, blast

1 INTRODUÇÃO

A brusone do trigo foi primeiramente identificada em lavouras comerciais na safra de 1985 no estado do Paraná. Nos anos subsequentes o patógeno disseminou-se para novas áreas, sendo que, atualmente sua presença já foi registrada nos Estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul e São Paulo e Brasília (DF) estando presente nas principais regiões tritícolas do Brasil. Nos cultivos de

trigo irrigado no Centro-Oeste do Brasil, a doença também tem sido detectada, causando danos elevados no rendimento de grãos (GOULART et al., 1990).

O agente causal da brusone do trigo é o fungo *Pyricularia grisea* Sacc, fase assexual ou anamórfica de *Magnaporthe grisea* (Hebert) Barr fase sexual ou teleomórfica.

Microscopicamente, o fungo *P. grisea* apresenta conidióforos individuais ou agrupados, delgados, com paredes finas, geralmente emergindo isolados ou em pequenos grupos através dos estômatos, a maioria não ramificados, retos ou sinuosos, geniculados próximo ao ápice, cor pardo claro, lisos. Células conidiogênicas poliblasticas, integradas, terminais, simpodiais, cilíndricas, geniculadas, denticuladas; os denticulos são cilíndricos e de parede fina, geralmente com um septo que separa as células conidiogênicas das demais células do conidióforo. Os conídios são solitários, secos, terminais ou laterais, simples, hialinos ou subhialinos (cor marrom-oliváceo claro), lisos, septados, com presença de hilo frequentemente protuberante. Estes são inicialmente aderidos ao conidióforo por meio de uma pequena célula e, quando maduros, a célula se divide em duas, liberando o conídio. Esse processo produz um pequeno denticulo na base do conídio e na lateral do conidióforo (ELLIS, 1971).

As colônias em meio de cultura são muito variadas quanto a massa miceliana e cor do micélio, podendo encontrar desde colônias ralas como algodonosas e desde colônias de cor branca a escuras dependendo do meio de cultivo (ELLIS, 1971).

O objetivo deste trabalho foi caracterizar o agente causal da brusone do trigo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Fitopatologia-Micologia e em câmara climatizada da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo – RS em julho de 2004.

2.1 Isolamento, esporulação e mensuração dos conídios

Realizou-se o isolamento do fungo a partir de espigas de trigo naturalmente infectadas, coletadas em lavoura de trigo na safra de 2004, no município de Palotina (PR).

As espigas foram trazidas ao laboratório onde foram debulhadas manualmente, deixando a ráquis nua. As ráquis foram submetidas a desinfestação durante três minutos com solução de hipoclorito de sódio a 1,0% e posteriormente lavadas com água destilada e esterilizada para a retirada do excesso do desinfestante. O material foi mantido em caixas de gerbox de acrílico (11 x 11 x 3,5 cm de altura), contendo uma espuma de nylon e duas folhas sobrepostas de papel filtro embebidas em água destilada e esterilizada. As caixas foram incubadas durante 15 dias a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ e por fotoperíodo de 12 horas, até observar-se a esporulação do fungo.

Com o auxílio de uma agulha histológica flambada, transferiram-se os conídios para um tubo de ensaio contendo água destilada e esterilizada (10 mL de água contendo espalhante polioxietilenosorbitano-Tween 20). Manteve-se a mistura sob agitação constante para manter os conídios em suspensão e transferiu com

pipeta 1,0 mL para placas de Petri contendo ágar-água a 1%. As placas foram incubadas a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ por fotoperíodo de 12 horas, durante 24 horas. Sob microscópio óptico, em magnitude de 200 vezes, observou-se à germinação dos conídios e processou-se o isolamento monospórico. Com o auxílio de uma espátula esterilizada cortaram-se pequenos cubos de ágar-água contendo um único conídio germinado. Os cubos foram transferidos para placas de Petri contendo como meio de cultura BSA + A (200 g de batata, 15 g de sacarose e 12 g de ágar + 200 ppm de sulfato de estreptomicina), preparado segundo Fernandez (1993). As placas foram incubadas a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ e com fotoperíodo de 12 horas durante 30 dias até obter-se esporulação abundante.

Obtenção da suspensão de conídios

Para obtenção da suspensão de conídios, adicionou-se água destilada e esterilizada na placa com a colônia pura do fungo, depois com auxílio de um pincel removeu-se os propágulos.

Densidade de inóculo

A concentração utilizada foi de $30.000 \text{ conídios.mL}^{-1}$. Para ajustar esta densidade valeu-se de um micropipetador com volume conhecido. Na suspensão adicionou-se uma gota de Tween 20 (polioxietilenosorbitano) para melhorar distribuição da suspensão do inóculo nas espigas.

Inoculação

Plantas de trigo do cultivar BR 23 foram cultivadas em vasos plásticos utilizando como substrato 2,0 kg de solo hortado. As sementes foram tratadas com o fungicida triadimenol 40 g i.a./100 kg de semente e inseticida imidacloprida 700 g i.a./kg 100 kg semente (Informações Técnicas da Comissão Centro-Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale para a safra de 2005). A densidade de semeadura usada foi de 10 sementes por vaso. Após a emergência deixaram-se 5 plantas por vaso. Os vasos foram mantidos em casa-de-vegetação para o desenvolvimento vegetativo das plantas. Semanalmente era realizada adubação com fertilizante Quimifol Niphokan 108 (N, P₂O₅ e K₂O), 1,0 mL.L⁻¹ de água da formulação comercial. Quando as plantas atingiram o estágio de emborrachamento (ZADOKS et al., 1974) foram transferidas para câmara climatizada com temperatura e fotoperíodo controlados, 25°C e 12 horas de luz.

Nesse ambiente foram inoculadas 50 espigas de trigo pela deposição da suspensão do inóculo com aspersor manual sobre as mesmas, em fase de antese, até o ponto de escorrimento. Outras 50 foram atomizadas apenas com água e mantidas sob as mesmas condições ambientais servindo como testemunhas.

Incubação

Após a inoculação, as plantas foram mantidas em câmara úmida por um período de 24 horas e temperatura de 25°C.

Ao término deste período, transportaram-se as plantas para outra câmara climatizada com temperatura de 25 °C e luminosidade (fotoperíodo de 12 horas) controladas, e com umidade relativa do ar

abaixo de 70%, medida através de um termo-higrógrafo de modo a prevenir o aumento da intensidade da doença caso a umidade relativa fosse suficientemente alta.

Diariamente observou-se as plantas quanto à manifestação dos sintomas.

Para completar a prova de patogenicidade reisolou-se o fungo das espigas inoculadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Decorridos sete dias após a inoculação observou-se o surgimento dos primeiros sintomas nas glumas. A doença evidenciou-se como lesões elípticas-ovaladas com o centro claro e bordos castanho claro a escuro. Tais sintomas são semelhantes aos descritos por Toledo & Escobar (2002).

A partir do 10º dia observou-se o clareamento de espiguetas isoladas e posteriormente de grupos de espiguetas. Finalmente as espigas tornaram-se brancas, principalmente em sua metade superior. Sobre a ráquis, observou-se uma lesão preta brilhante no local da infecção. Sintomas semelhantes foram descritos por Igarashi & Balan (2004).

As plantas testemunhas, pulverizadas apenas com água, não apresentaram qualquer sintoma.

Após o reisolamento e desenvolvimento da colônia do fungo em meio de cultura foram preparadas lâminas microscópicas, contendo uma gota de azul algodão, com as estruturas do patógeno retiradas do substrato e examinadas ao microscópio ótico para

identificar o agente causal, através de suas características morfológicas, tais como: forma, tamanho, número de células, cor dos conídios além da coloração das colônias em meio de cultura.

Os conídios ao microscópio ótico apresentavam morfologia idêntica à do gênero de *Pyricularia*, isto é, os conídios eram piriformes, hialinos, obclavados, base arredondada, ápice estreito, produzidos isoladamente na parte superior do conidióforo em forma simpodial, a maioria com dois septos transversais. Na mensuração de 100 conídios obteve-se as seguintes medidas 20 – 32,5 x 7,5 μm , média de 24,83 x 7,5 μm , que comparada com a descrição do fungo por Ellis (1971) e Ou (1972), 17 – 28 x 6 – 9 μm , média de 20,9 x 7,6 μm assemelha-se a *Pyricularia grisea* (Cooke) Saccardo.

Os resultados da mensuração dos conídios de *P. grisea* obtidos de frutificações do fungo em meio de cultura (BDA) e ráquis, e obtida por outros pesquisadores constam nas Tabelas 1 e 2. As características morfológicas observadas e principalmente a mensuração dos conídios coincidem com os limites das descrições feitas por Ou (1972).

Tabela 1 - Dimensões (μm) dos conídios de *Pyricularia*, obtidos em meios de cultura

Hospe- deiro	Mensurações	Substrato/ meio de cultura	Autor (s)
Arroz	23,2 x 8,7	Meio BDA	Ou, 1972
Arroz	13-46,1 x 6-12,5	Meio de aveia	Purchio, 1992
Arroz	16-39 x 5,5-13,5	Meio completo	Purchio, 1992
Arroz	12,5-44 x 5,1-13	Meio BDA	Purchio, 1992
Arroz	17-23 x 8-11	Meio BDA	Ellis, 1971
Trigo	12,5-46,1 x 5,1-13,5	Meio BDA	Purchio, 1992
Trigo	17-28 x 6-9	Meio BDA	Ellis, 1971
Trigo	20-32,5 x 7,5	Meio BDA	Cardoso, 2006

Tabela 2 - Dimensões (μm) dos conídios de *Pyricularia*, obtidos em vários hospedeiros

Hospedeiros	Mensurações	Autor (s)
Arroz	26,0 x 8,8	Sawada, 1917
Arroz	19,2 x 8,6	Nisikado, 1926
Azevém	26,8 x 9,1	Medeiros, 1996
Trigo	19,5 x 7,5	Cardoso, 2006

Comparando os valores da Tabela 1 citados por Ellis (1971) conídios de 17-23 x 8-11 μm , para isolados provenientes de arroz, e de 17-28 x 6-9 μm , para isolados provenientes de outras gramíneas, percebe-se a dificuldade para se distinguir nitidamente os isolados apenas pelo formato e pelas dimensões dos conídios, decorrentes da

grande variabilidade entre isolados. Ademais a influência do hospedeiro e do fato que a composição variável dos meios complexos, a disponibilidade de nutrientes, o requerimento nutricional dos isolados e o tamanho da amostragem nos experimentos possam ser fatores responsáveis por resultados tão diversificados. Constatou-se, em diversos estudos, que variação ocorrem entre isolados também em virtude da própria variabilidade fisiológica do gênero *Pyricularia* (PURCHIO, 1992).

As dimensões dos conídios variam entre isolados, assim como nos diferentes hospedeiros e com as condições que são produzidos (OU, 1972).

A identificação de *P. grisea* foi confirmada por sua prova de patogenicidade, caracterização morfológica e pela comparação com as descrições de espécies de *Pyricularia*, associadas a diferentes hospedeiros, disponíveis na literatura (OU, 1972).

4 CONCLUSÃO

Pela comparação dos sintomas produzidos naturalmente com os obtidos nas inoculações, pela morfologia dos conídios obtidos no isolamento e no reisolamento do patógeno confirma-se que o fungo utilizado no presente trabalho trata-se de *P. grisea*.

CAPÍTULO III

EFEITO DE CONCENTRAÇÕES DE CONÍDIOS DE *Pyricularia grisea* NA INTENSIDADE DA BRUSONE EM ESPIGAS DE TRIGO

CINARA ARAUJO DE ANDRADE CARDOSO¹ & ERLEI MELO REIS²

RESUMO – Em experimentos conduzidos em câmaras climatizadas quantificou-se o efeito de diferentes concentrações de inóculo de *Pyricularia grisea* sobre a intensidade da doença em espigas de trigo. Procurou-se, em condições controladas obter intensidades da doença semelhantes às que ocorrem naturalmente no campo. Num experimento utilizaram-se as seguintes concentrações de conídios 0, 10.000, 20.000, 30.000, 40.000, 50.000 e 60.000 conídios.mL⁻¹. No segundo experimento utilizaram-se as concentração de 0, 5.000, 10.000, 15.000, 20.000, 25.000, 30.000 e 35.000 conídios.mL⁻¹. Em cada tratamento foram inoculadas as 25 espigas de trigo cultivar BR 23 suscetível à brusone. Após a inoculação por aspersão do inóculo sobre as espigas em fase de antese, manteve-se um molhamento contínuo de 24 horas e temperatura de 25 ± 2°C e com fotoperíodo de 12 horas.

¹ Bióloga., mestranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Fitopatologia. cinaraac@terra.com.br

² Orientador, Eng.-Agr., Dr., professor da FAMV/PPGAgro/UPF – erleireis@tpo.com.br

As avaliações de intensidade da doença foram feitas aos 15 e 30 dias após a inoculação. Demonstrou-se que a concentração de 30.000 conídios.mL⁻¹ causa uma intensidade satisfatória da doença para ser utilizada em trabalhos futuros.

Palavras-chaves: *Triticum aestivum*, densidade de inóculo, intensidade da doença.

EFFECT OF *Pyricularia grisea* CONIDIA CONCENTRATIONS OF WHEAT BLAST INTENSITY

ABSTRACT – In experiments carried out in growth chambers the effect of different inoculum concentration of *Pyricularia grisea* on the intensity of wheat blast were assessed. The goal was to get under controlled conditions a similar disease intensity as found under natural field conditions. In one trial the following conidia concentrations were tested 0, 10,000, 20,000, 30,000, 40,000, 50,000 and 60,000 spors.mL⁻¹. In a second experiment the concentrations of 0, 5,000, 10,000, 15,000, 20,000, 25,000, 30,000 and 35,000 conidia.mL⁻¹ were tested. In each treatment 25 heads of wheat cultivar BR 23, blast susceptible, were inoculated with a hand sprayer up to run-off. After inoculation on wheat spikes at anthesis, plants were kept under continuous wettness for 24 hours and at the temperature of 25 ± 2°C and photoperiod of 12 hours. Disease intensity was evaluated at 15 and 30 days after inoculation. It was demonstrated that the concentration of 30,000 conidia.mL⁻¹ is able to cause a disease intensity similar to that

found under natural field infection and which may be used in future work.

Key words: *Triticum aestivum*, inoculum density, disease intensity.

1 INTRODUÇÃO

A ocorrência da brusone do arroz, causada pelo fungo *Pyricularia grisea* Sacc, na cultura do trigo é um fato novo recente na literatura mundial (IGARASHI & BALAN, 2004).

O agente causal é o fungo mitospórico *P. grisea* que em sua fase sexual ou teleomórfica é *Magnaporthe grisea* (Hebert).

Os principais sintomas da brusone ocorrem em espigas de trigo que se tornam brancas principalmente em sua metade superior. A doença pode manifestar-se desde o início do espigamento até a maturação fisiológica. Os maiores danos ocorrem no espigamento, evitando a formação de grãos e reduzindo drasticamente o rendimento.

As condições ambientais requeridas à infecção da panícula do arroz são temperaturas de 21-27 °C e 10-14 horas de molhamento das espigas (OU, 1972).

Em fitopatologia, diferentes intensidades da doença podem ser geradas com diferentes concentrações de inóculo, diferentes temperaturas, distintas durações do período contínuo de molhamento das espigas, pela reação diferenciada de cultivares e pela variação na agressividade ou virulência do patógeno (ZADOKS & SCHEIN, 1979).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes concentrações de conídios de *P. grisea* na intensidade da doença em espigas de trigo de modo a obter-se, em condições controladas, intensidades da doença semelhantes às que ocorrem naturalmente no campo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi constituído de dois experimentos conduzidos no Laboratório de Fitopatologia-Micologia e em câmaras climatizadas nas dependências da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo – RS no período de julho de 2004 a julho de 2005

O primeiro experimento, conduzido no ano de 2004, constou de sete tratamentos, envolvendo diferentes concentrações de conídios (0, 10.000, 20.000, 30.000, 40.000, 50.000 e 60.000 conídios.mL⁻¹) inoculados em 25 espigas. Utilizou cinco repetições em delineamento de blocos casualizados sendo as unidades experimentais constituídas de um vaso com cinco plantas. As avaliações de intensidade da doença foram feitas aos 15 e 30 dias após a incubação. O segundo experimento, conduzido no ano de 2005, diferiu na concentração de inóculo utilizada nos tratamentos e aumentou um tratamento, (0, 5.000, 10.000, 15.000, 20.000, 25.000, 30.000 e 35.000 conídios.mL⁻¹). Os experimentos que compõem este trabalho foram repetidos duas vezes.

Cultivo das plantas

Plantas de trigo, cultivar suscetível BR 23 foram cultivadas em vasos plásticos utilizando como substrato 2,0 kg de solo hortado em cada vaso. As sementes foram tratadas com o fungicida triadimenol 40 g i.a./100 kg de semente e inseticida imidacloprida 700 g i.a./kg 100 kg semente (Informações Técnicas da Comissão Centro-Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale para a safra de 2005), a densidade de semeadura usada foi de 10 sementes por vaso. Após a emergência deixaram-se cinco plantas por vaso. Os vasos foram mantidos em casa-de-vegetação durante o desenvolvimento vegetativo das plantas. Semanalmente foi realizada adubação com fertilizante Quimifol Niphokan 108 (N, P₂O₅ e K₂O) na proporção de 1,0 mL.L⁻¹ de água da formulação comercial na operação de rega. Quando as plantas atingiram o estágio fenológico de embochamento (ZADOKS et al., 1974) foram transferidas para câmara climatizada com temperatura e fotoperíodo controlado 25°C e 12 horas de luz.

Produção do inóculo

O inóculo de *P. grisea* foi obtido a partir de espigas de trigo naturalmente infectadas, coletadas em lavoura de trigo no município de Palotina (PR).

As espigas de trigo foram trazidas ao laboratório onde foram debulhadas manualmente, deixando a ráquis nua. As ráquis foram submetidas a desinfestação durante três minutos com solução de hipoclorito de sódio a 1,0% e posteriormente lavadas com água destilada e esterilizada para a retirada do excesso do desinfestante. O material desinfestado foi mantido em caixas de gerbox de acrílico (11

x 11 x 3,5 cm de altura), contendo uma espuma de nylon e duas folhas sobrepostas de papel filtro embebida em água destilada e esterilizada. As caixas foram incubadas durante 15 dias a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ e por fotoperíodo de 12 horas, até observar-se a esporulação do fungo.

Com o auxílio de uma agulha histológica flambada, transferiram-se os conídios para um tubo de ensaio contendo água destilada e esterilizada (10 mL de água contendo espalhante polioxietilenosorbitano-Tween 20). Manteve-se a mistura sob agitação constante para manter os conídios em suspensão e pipetou-se 1,0 mL para placas de Petri contendo ágar-água a 1%. As placas foram incubadas a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ por fotoperíodo de 12 horas, durante 24 horas. Sob microscópio óptico, em magnitude de 200 vezes, observou-se à germinação dos conídios e processou-se o isolamento monospórico. Com o auxílio de uma espátula esterilizada cortaram-se pequenos cubos de ágar-água contendo um único conídio germinado. Os cubos foram transferidos para placas de Petri contendo como meio de cultura BSA + A (200 g de batata, 15 g de sacarose e 12 g de ágar + 200 ppm de sulfato de estreptomicina), preparado segundo Fernandez (1993). As placas foram incubadas a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ e com fotoperíodo de 12 horas durante 30 dias até obter-se esporulação abundante.

Preparo da suspensão de inóculo

A partir das culturas desenvolvidas, preparou-se uma suspensão de conídios em água esterilizada + polioxietilenosorbitano (Tween 20) 2 gotas.L⁻¹ A densidade de inóculo foi determinada contando-se o número de conídios em 0,01 µL, vertida numa lâmina, e por varredura examinada ao microscópio. A partir desta concentração,

e por diluição, obtiveram-se concentrações de 0; 10.000; 20.000; 30.000; 40.000; 50.000 e 60.000 conídios.mL⁻¹ para o primeiro experimento e concentrações de 0; 5.000; 10.000; 15.000; 20.000; 25.000; 30.000 e 35.000 conídios.mL⁻¹ para o segundo experimento.

Inoculação das plantas

A inoculação foi feita nas plantas mantidas em câmara climatizada, pela deposição das suspensões do inóculo com aspersor manual sobre as espigas de trigo, no estágio fenológico de antese, até o ponto de escorrimento.

Incubação

Após a inoculação, as plantas inoculadas foram mantidas em câmara úmida propiciada por abrigos plásticos individuais para cada tratamento. Os abrigos possuíam um aspersor em sua parte superior para garantir o molhamento contínuo das espigas por um período de 24 horas e temperatura de 25 °C. Um temporizador eletrônico ligava o motor elétrico da bomba de pressão a intervalos de 4,0 horas.

Ao término deste período, transferiram-se as plantas para outra câmara climatizada com temperatura de 25 °C e luminosidade (fotoperíodo de 12 horas) controladas, e com umidade relativa do ar abaixo de 70% medida um termo-higrógrafo. Esta condição de baixa umidade relativa visava impedir o desenvolvimento da doença após a incubação ao fornecer condições desfavoráveis à colonização.

Avaliações

As avaliações foram realizadas aos 15 e 30 dias após a incubação. Quantificou-se a intensidade da brusone em espigas de trigo em relação às diferentes concentrações de inoculo. Para tal, utilizou-se uma escala para a quantificação da intensidade da doença. Considerando valores de 0 a 4 para a intensidade da doença conforme a intensidade dos sintomas (Quadro 1). Estes valores foram aplicados à fórmula de Mckinney modificada (MCKINNEY, 1923).

$$ID(\%) = \frac{(n^{\circ}\text{sadias} \times 0) + (n^{\circ}\text{leves} \times 2) + (n^{\circ}\text{leves-moderadas} \times 3) + (n^{\circ}\text{moderadas} \times 5) + (n^{\circ}\text{severas} \times 10)}{\text{Número total} \times 10} \times 100$$

Quadro 1. Escala de avaliação da intensidade da brusone em espigas de trigo

Categorias	Classe	Intensidade de sintomas
Sadia	(0)	Ausência de sintomas
Leve	(1)	Lesões escuras limitadas a base ou ao longo do ráquis até lesões elípticas de coloração clara, na parte externa das glumas. Sem morte de espiguetas.
Leve a moderada	(2)	Espiguetas isoladas mortas em número de 1 a 7
Moderada	(3)	Grupo de espiguetas mortas atingindo de 1/3 a 2/3 da área da espiga
Severa	(4)	Morte de toda a espiga

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diversos autores têm demonstrado que diferentes intensidades da doença podem ser geradas com diferentes concentrações de inóculo, diferentes temperaturas, distintas durações do período contínuo de molhamento das espigas, pela reação diferenciada de cultivares e pela variação na agressividade ou virulência do patógeno (CARRISSE et al., 2000; MAY-DE-MIO & AMORIM, 2002; HURTADO & TOLEDO, 2003; DALLA PRIA et al., 2003 e TELLES NETO, 2004).

No presente trabalho a intensidade da doença em espigas de trigo aumentou com o incremento da concentração de conídios (Figuras. 1, 2, 3 e 4). Semelhantemente aos relatos de Telles Neto, 2004 e Hurtado & Toledo, 2003 aumentos da densidade de inóculo determinam aumentos da intensidade da doença.

Os resultados obtidos no ano de 2004 (Figuras 1 e 2) demonstram que a concentração de 60.000 conídios.mL⁻¹ apresentou a maior intensidade da doença tanto aos 15 como aos 30 dias após a incubação.

No experimento conduzido em 2004 a concentração de 60.000 conídios.mL⁻¹ aos 30 dias após a incubação apresentou 100% de intensidade, portanto, aparentemente a doença não parou de crescer em função do tempo de incubação, mesmo com umidade relativa menor que 70%.

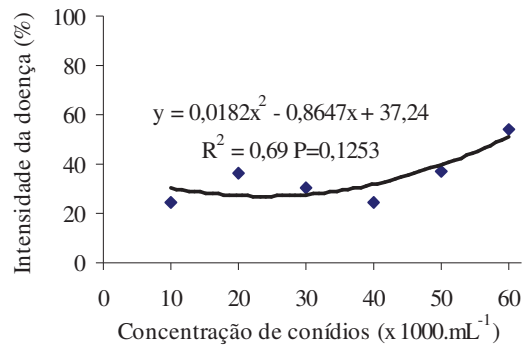


Figura 1. Efeito de concentrações de conídios de *Pyricularia grisea* na intensidade da brusone em espigas de trigo, 15 dias após a incubação. Cultivar Trigo BR-23. UPF, 2004.

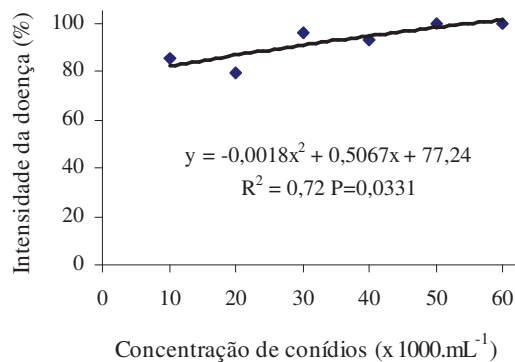


Figura 2. Efeito de concentrações de conídios de *Pyricularia grisea* na intensidade da brusone em espigas de trigo, 30 dias após a incubação. Cultivar Trigo BR-23. UPF, 2004.

No experimento conduzido no ano 2005 (Figura 3 e 4) a concentração de $30.000 \text{ conídios.mL}^{-1}$ também proporcionou maior incremento da intensidade da doença aos 15 dias após a incubação.

Observa-se também que quando submetidas a 30 dias de incubação houve um aumento na intensidade da doença.

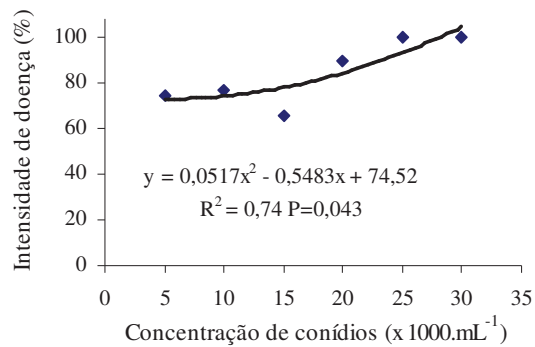


Figura 3. Efeito de concentrações de conídios de *Pyricularia grisea* na intensidade da brusone em espigas de trigo, 15 dias após a incubação. Cultivar Trigo BR-23. UPF, 2005.

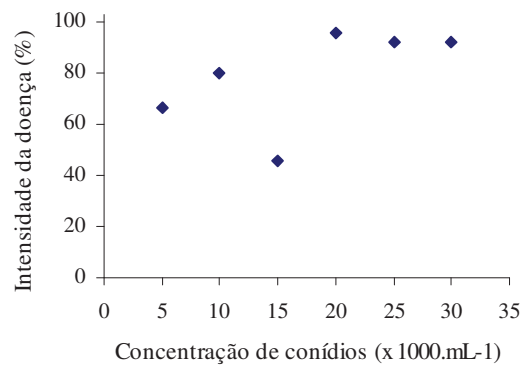


Figura 4. Efeito de concentrações de conídios de *Pyricularia grisea* na intensidade da brusone em espigas de trigo, 30 dias após a incubação. Cultivar Trigo BR-23. UPF, 2005.

4 CONCLUSÃO

Em experimentos de interação entre temperatura e duração do período de molhamento a concentração de 30.000 conídios.mL⁻¹ pode ser utilizada, possibilitando avaliações satisfatória de intensidade de doença.

CAPÍTULO IV

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AVISO PARA A BRUSONE DO TRIGO CAUSADA POR *Pyricularia grisea*.

CINARA ARAUJO DE ANDRADE CARDOSO¹ & ERLEI MELO REIS²

RESUMO – Em experimentos conduzidos em câmaras de crescimento, com o cultivar suscetível de trigo BR 23 (*Triticum aestivum* L.) foram avaliadas as interações entre temperaturas e durações do período de molhamento contínuo das espigas sobre a intensidade da brusone. As temperaturas testadas foram de 10, 15, 20, 25, 30 e 35 °C e os períodos de duração do molhamento das espigas de 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 horas. Cada temperatura constituiu um experimento e as horas de molhamento os tratamentos. A menor intensidade da doença foi observada a 25 °C com 10 horas de molhamento das espigas. Com molhamentos inferiores a 10 horas de duração não se observaram sintomas da doença em nenhuma das temperaturas. Intensidade de doença superior a 85% foi detectada a 25 °C com 40 horas de molhamento.

¹ Bióloga., mestranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Fitopatologia. cinaraac@terra.com.br

² Orientador, Eng.-Agr., Dr., professor da FAMV/PPGAgro/UPF – erleireis@tpo.com.br

As variações de intensidade da brusone do trigo pela temperatura foram explicadas pelo modelo Beta generalizado e o de duração de molhamento das espigas pelo modelo de Gompertz. A intensidade da doença foi modelada em função da temperatura e da duração do molhamento das espigas. A equação resultante fornece uma descrição precisa da resposta da intensidade da brusone aos efeitos combinados de temperatura e de duração do molhamento. O modelo foi usado para elaborar tabelas de períodos críticos que podem ser utilizadas na validação de um modelo de previsão da brusone em espigas de trigo segundo o modelo climático.

Palavras-chave: *Triticum aestivum*, *Pyricularia grisea*, sistema de previsão.

ABSTRACT – DEVELOPMENT OF A WARNING SYSTEM FOR WHEAT BLAST CAUSED BY *Pyricularia grisea*.

In experiments carried out in controlled environment, with the susceptible wheat cultivar trigo BR 23 (*Triticum aestivum* L.) the combinations between temperature and head wetness period were assessed. Temperature range of 10, 15, 20, 25, 30 e 35 °C and wetting periods of 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 hours were evaluated. Each temperature formed an experiment and the hours of wetness duration the treatments. The lower disease intensity was observed at 25 °C with 10 hours of head wetness. Under wetting periods less than 10 hours of duration disease symptoms were not noticed regardless of the temperature. At the temperature of 30 °C the higher disease

intensity was observed and with its increase as the wetting period increased too. Disease intensity higher than 85% was detected at 25 °C with 40 hours of wetness. Variations in blast intensity by temperature were explained by the generalized Beta model and the heads wetness duration by the Gompertz model. Disease intensity was modeled as a function of both temperature and wetness duration. The resulting equation provided a precise description of the response of *Pyricularia grisea* to temperature and wetness duration. The model was used to construct tables that can be used to forecast the infection based on field recorded wetness duration and temperature during this period.

Key words: *Triticum aestivum*, *Pyricularia grisea*, forecasting system.

1 INTRODUÇÃO

A ocorrência da brusone em trigo, em caráter epidêmico, pode ser considerado um fato recente no mundo.

A brusone do trigo *Pyricularia grisea* (Saccardo) 1980., syn. *P. oryzae* (Cavara) 1982, teleomorfo *Magnaporthe grisea* (Hebert) Barr, 1977 foi detectada pela primeira vez no Brasil no Norte do Paraná em 1985, por Igarashi et al. (1986).

Nos anos subseqüentes o patógeno disseminou-se para novas áreas, sendo que, atualmente sua presença já foi registrada nos Estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul, São Paulo e Brasília (DF), as principais regiões tritícolas do Brasil. Nos cultivos de

trigo irrigado no Centro-Oeste do Brasil, a doença também tem sido detectada, causando danos no rendimento de grãos.

Igarashi (1988b) inicialmente caracterizou a brusone do trigo como sendo uma doença específica da espiga. Posteriormente, foram constatados sintomas em todos os órgãos aéreos do hospedeiro.

As condições ambientais requeridas à infecção em arroz são temperaturas de 21-27 °C e 10-14 horas de molhamento das espigas (OU, 1972).

Dentre os fatores ambientais que podem afetar as relações patógeno-hospedeiro, o período de molhamento e a temperatura são os mais importantes (REIS et al., 1988).

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. Portanto as doenças, em regra, não se iniciam durante a estação fria, e aquelas em progresso geralmente paralisam o seu desenvolvimento nesses períodos. Já, com o advento de temperatura mais alta, os patógenos tornam-se ativos e, quando as demais condições se tornam favoráveis, podem infectar as plantas e, conseqüentemente, causar doença (REIS & BRESOLIN, 2004).

O efeito da temperatura no desenvolvimento de uma doença após a infecção depende do tipo da associação patógeno-hospedeiro. O desenvolvimento mais rápido da doença, isto é, o menor tempo requerido para a complementação de um ciclo da doença geralmente ocorre quando a temperatura é ótima para o desenvolvimento do patógeno, porém situa-se acima ou abaixo do ótimo para o desenvolvimento do hospedeiro. Com temperaturas baixas ou acima

do ótimo para o patógeno, ou com temperaturas próximas ao ótimo para o hospedeiro, o desenvolvimento da doença é mais lento (REIS & BRESOLIN, 2004).

O período de molhamento refere-se ao período de tempo em que o órgão da planta permanece molhado (SUTTON et al., 1984). A ocorrência de água líquida sobre a superfície das plantas constitui-se em importante fator de desenvolvimento de doenças. A importância do orvalho para o período de molhamento é acentuada, principalmente quando a precipitação pluvial não é freqüente e a quantidade de água líquida permanece sobre as superfícies vegetais durante um tempo relativamente curto.

Os sistemas de previsão de doenças, baseados no modelo climático, são fundamentados na presença, no tempo e no espaço, dos três fatores determinantes de doença: hospedeiro, patógeno e ambiente favorável (SUTTON, 1988).

Segundo Sutton (1988) o modelo climático de previsão fundamenta-se no efeito do ambiente sobre o processo infeccioso. A resposta dos esporos ao molhamento é obrigatória e irreversível reagindo ao estímulo através da germinação. Portanto o modelo climático prevê a infecção (germinação, crescimento do tubo germinativo, penetração do hospedeiro e estabelecimento do parasitismo). Uma infecção é bem sucedida quando o molhamento (hm) for de duração suficiente, a uma temperatura média, para dar início a colonização do hospedeiro. A essa interação Zadoks & Schein (1979) denominaram de período crítico (PC). Portanto, após ocorrer um PC, pode secar a superfície da espiga que o patógeno dará

continuidade ao seu ciclo de vida, pois houve o estabelecimento do parasitismo.

Trabalhos realizados em ambiente controlado, em câmaras de crescimento, fornecem uma base sólida para o melhor entendimento do efeito dos fatores ambientais no desenvolvimento de epidemias (KRANZ & HAU, 1980). Segundo Rotem (1988) dados obtidos em câmara de crescimento fornecem uma idéia do que possivelmente ocorre no campo, mas podem não simular com exatidão o desenvolvimento da doença na natureza. Assim da mesma forma que um modelo é uma representação simplificada da realidade, o ambiente controlado é uma representação modificada do ambiente de cultivo.

Este trabalho teve como objetivo desenvolver um sistema de aviso para a brusone do trigo baseado no modelo climático, onde foi avaliada a relação entre temperatura e horas de molhamento das espigas sobre a intensidade da doença.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As ações de pesquisa deste trabalho foram conduzidas no Laboratório de Fitopatologia-Micologia e em câmaras climatizadas da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo – RS, nos anos de 2004/05.

Cultivo das plantas

Plantas de trigo, cultivar suscetível BR 23 foram cultivadas em vasos plásticos utilizando como substrato 2,0 kg de solo hortado em cada vaso. As sementes foram tratadas com o fungidica triadimenol 40 g i.a./100 kg de semente e com o inseticida imidacloprida 700 g i.a./kg

100 kg semente (Informações Técnicas da Comissão Centro-Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale para a safra de 2005). A densidade de semeadura usada foi de 10 sementes por vaso. Após a emergência deixaram-se cinco plantas por vaso. Os vasos foram mantidos em casa-de-vegetação durante o desenvolvimento vegetativo das plantas. Semanalmente foi realizada adubação com fertilizante Quimifol Niphokan (N, P₂O₅ e K₂O) na proporção de 1,0 mL.L⁻¹ de água da formulação comercial na operação de rega. Quando as plantas atingiram o estágio fenológico de embranchamento (ZADOKS et al., 1974) foram transferidas para câmara climatizada com temperatura e fotoperíodo controlados 25°C e fotoperíodo de 12 horas.

Produção do inóculo

O inóculo de *P. grisea* foi obtido a partir de espigas de trigo naturalmente infectadas, coletadas em lavoura de trigo no município de Palotina (PR).

As espigas foram trazidas ao laboratório onde foram debulhadas manualmente, deixando a ráquis nua. As ráquis foram submetidas a desinfestação durante três minutos com solução de hipoclorito de sódio a 1,0% e posteriormente lavadas com água destilada e esterilizada para a retirada do excesso do desinfestante. O material desinfestado foi mantido em caixas de gerbox de acrílico (11 x 11 x 3,5 cm de altura), contendo uma espuma de nylon e duas folhas sobrepostas de papel filtro embebida em água destilada e esterilizada. As caixas foram incubadas durante 15 dias a 25±2°C e por fotoperíodo de 12 horas, até observar-se a esporulação do fungo.

Com o auxílio de uma agulha histológica flambada, transferiu-se os conídios para um tubo de ensaio contendo água destilada e esterilizada (10 mL de água contendo espalhante polioxietileno-sorbitano-Tween 20). Manteve-se a mistura sob agitação constante para manter os conídios em suspensão e transferiu-se com uma pipeta 1,0 mL para placas de Petri contendo ágar-água a 1%. As placas foram incubadas a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ por fotoperíodo de 12 horas, durante 24 horas. Sob microscópio óptico, em magnitude de 200 vezes, observou-se a germinação dos conídios e processou-se o isolamento monospórico. Com o auxílio de uma espátula esterilizada cortaram-se pequenos cubos de ágar-água contendo um único conídio germinado. Os cubos foram transferidos para placas de Petri contendo como meio de cultura BSA + A (200 g de batata, 15 g de sacarose e 12 g de ágar + 200 ppm de sulfato de estreptomicina), preparado segundo Fernandez (1993). As placas foram incubadas durante 30 dias até obter-se esporulação abundante a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ e com fotoperíodo de 12 horas.

Após a incubação, procedeu-se à escolha de uma das colônias desenvolvidas (com características representativas do fungo), com a qual se trabalhou no decorrer de todo o trabalho. Decorridos 15 dias, pequenas porções da colônia foram transferidas para tubos de ensaio contendo BSA, incubadas nas mesmas condições durante 30 dias e armazenadas em refrigerado (5°C). Outra parte da cultura pura foi colocada em placas de petri com BSA + A e incubadas nas mesmas condições durante 30 dias para o aumento do inóculo.

Obtenção da suspensão de conídios

A partir das culturas desenvolvidas, preparou-se uma suspensão de conídios em água esterilizada + polioxietilenosorbitano-Tween 20 (2 gotas.L⁻¹), cuja densidade de inóculo foi determinada contando-se o número de conídios em 0,01 µL vertida numa lâmina e por varredura em microscópio. A concentração final foi ajustada para 30.000 conídios.mL⁻¹

Inoculação

A inoculação foi feita nas plantas mantidas em câmara climatizada, pela deposição da suspensão do inóculo com aspersor manual sobre as espigas de trigo, no estágio fenológico de antese, até o ponto de escurimento.

Incubação

Após a inoculação, as plantas inoculadas foram mantidas em câmara úmida propiciada por abrigos plásticos individuais para cada tratamento. Os abrigos possuíam um aspersor em sua parte superior para garantir o molhamento contínuo das espigas pelo período o qual correspondia os tratamentos na temperatura desejada. Um temporizador eletrônico ligava o motor elétrico da bomba de pressão a intervalos de 4,0 horas e por um período de 1,0 minuto.

Ao término de cada período, transferiram-se as plantas para outra câmara climatizada com temperatura de 25 °C e luminosidade (fotoperíodo de 12 horas) controladas, e com umidade relativa do ar abaixo de 70%, medida por um termo-higrógrafo. Esta condição de

baixa umidade relativa visava impedir o desenvolvimento da doença após a incubação ao fornecer condições desfavoráveis à colonização.

Análise do efeito da temperatura e de horas de molhamento na intensidade da brusone em espigas de trigo

As temperaturas avaliadas neste trabalho foram de 10, 15, 20, 25, 30 e 35 °C e o período de molhamento das espigas foi de 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 horas. Cada temperatura constituiu um experimento sendo as diferentes horas de molhamento os tratamentos.

Aos quinze dias após a incubação foram realizadas as avaliações da intensidade da brusone em espigas de trigo conforme uma escala para a quantificação da intensidade da doença (Quadro 1). Considerando valores de 0 a 4 para a intensidade da doença conforme descrições dos sintomas. Estes valores foram aplicados a fórmula de McKinney modificada (MCKINNEY, 1923).

$$ID(\%) = \frac{(n^{\circ}\text{sadias} \times 0) + (n^{\circ}\text{leves} \times 2) + (n^{\circ}\text{leves-moderadas} \times 3) + (n^{\circ}\text{moderadas} \times 5) + (n^{\circ}\text{severas} \times 10)}{\text{Número total} \times 10} \times 100$$

Quadro 1. Escala para avaliação da intensidade da brusone em espigas de trigo

Categorias	Classe	Intensidade de sintomas
Sadia	(0)	Ausência de sintomas
Leve	(1)	Lesões escuras limitadas a base ou ao longo do ráquis até lesões elípticas de coloração clara, na parte externa das glumas. Sem morte de espiguetas.
Leve a moderada	(2)	Espiguetas isoladas mortas em número de 1 a 7
Moderada	(3)	Grupo de espiguetas mortas atingindo de 1/3 a 2/3 da área da espiga
Severa	(4)	Morte de todas as espiguetas

Análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizados, com cinco repetições. Cada experimento (temperatura), era constituído por nove tratamentos, os quais correspondem às diferentes horas de molhamento. As unidades experimentais eram constituídas por dois vasos, com cinco plantas cada. Portanto, cada tratamento continha por 50 espigas.

Análise do efeito da temperatura na intensidade da brusone em espigas de trigo

Para o ajuste dos dados de temperatura foi utilizado o programa SAS (Statistical Analysis System) for Windows versão 8.0 no procedimento NLIN (Procedimento não linear). Os dados foram ajustados por meio de regressão não linear, usando-se a função Beta, citadas por Hau & Kranz (1990) a qual explica o efeito da temperatura sobre o desenvolvimento de doenças de plantas, onde:

$$Y=B_1((X-B_2)^{B_4})((B_3-X)^{B_5})$$

Os parâmetros B_2 e B_3 representam as temperaturas mínimas e máxima, respectivamente, Y representa a intensidade da doença, X representa a temperatura testada, os parâmetros B_1 , B_4 e B_5 , são parâmetros do próprio modelo e não possuem significado biológico.

Análise do efeito do molhamento das espigas na intensidade da brusone do trigo

Para o ajuste dos dados de molhamento das espigas também foi utilizado o programa SAS for Windows versão 8.0 no procedimento NLIN. Os dados foram ajustados por meio de regressão não linear, testando-se os modelos de Gompertz, Logístico e Monomolecular citados Campbell & Madden (1990). Para escolher o melhor modelo, a ser utilizado, levou-se em conta o maior coeficiente de determinação ajustado (R^2); o valor do quadrado médio dos desvios; a menor distribuição dos resíduos e a forma da curva do observado x prevista (CINTRA et al., 2004). Após a análise conclui-se que os dados ajustaram-se melhor ao modelo de Gompertz, explicando o efeito do molhamento das espigas na intensidade da brusone, sendo:

$$Y=EXP(-(-LN(y_0))*EXP(-r*HM))$$

Onde Y representa a intensidade da doença, y_0 o inóculo inicial, r a taxa de progresso para o modelo de Gompertz e hm a duração do período de molhamento das espigas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A menor intensidade da doença foi observada a 25 °C com 10 horas de molhamento nas espigas. Com molhamentos inferiores a 10

horas não se observou sintomas da doença independentemente das temperaturas.

A temperatura de 30 °C proporcionou a maior intensidade da doença com o acréscimo das horas de molhamento.

Intensidade de doença superior a 85% foi detectada a 25 °C e com 40 horas de molhamento.

Tabela 1 - Efeito de temperaturas e da duração do período de molhamento das espigas na intensidade da brusone do trigo, cultivar Trigo BR 23

Duração do molhamento das espigas (horas)	Temperatura (°C)				
	15	20	25	30	35
	Intensidade da doença (%) ^y				
0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
10	0	0	1,6 (0,9)	0	0
15	0	12,8 (2,65)	14 (3,29)	18,8 (1,62)	0
20	0	14,8 (1,74)	9,2 (3,26)	46,4 (1,29)	0
25	4 (0,00 ^z)	42,4 (5,91)	51,6 (3,54)	74 (3,69)	0
30	4,8 (1,2)	23,2 (1,96)	71,2 (2,65)	69,8 (1,43)	0
35	14 (2,45)	54 (4,09)	72,8 (3,2)	79,2 (0,8)	0
40	20 (0,04)	54,8 (1,02)	86,4 (3,76)	83,8 (0,8)	0

(^y) Intensidade da doença (^z) Erro padrão da média; de acordo com a fórmula de McKinney modificada.

Efeito da temperatura na intensidade da brusone em espigas do trigo

O efeito da temperatura na intensidade da brusone em espigas do trigo pode ser observado na Figura 1. Verificou-se que a máxima intensidade da doença ocorreu na faixa entre 25 e 30 °C e a menor intensidade ocorreu à 15 °C. À 35 °C não ocorre o desenvolvimento

da doença em condições controladas. Nesta temperatura todas as espigas apresentavam-se brancas dificultando a avaliação, este fato deve ter ocorrido em virtude da temperatura ser muito alta para a cultura do trigo em ambiente protegido. Ou (1972) cita que para ocorrer infecção em panículas de arroz as condições ambientais requeridas são temperatura média de 21-27 °C e 10-14 horas de molhamento. Portanto o modelo poderia ser utilizado em arroz.

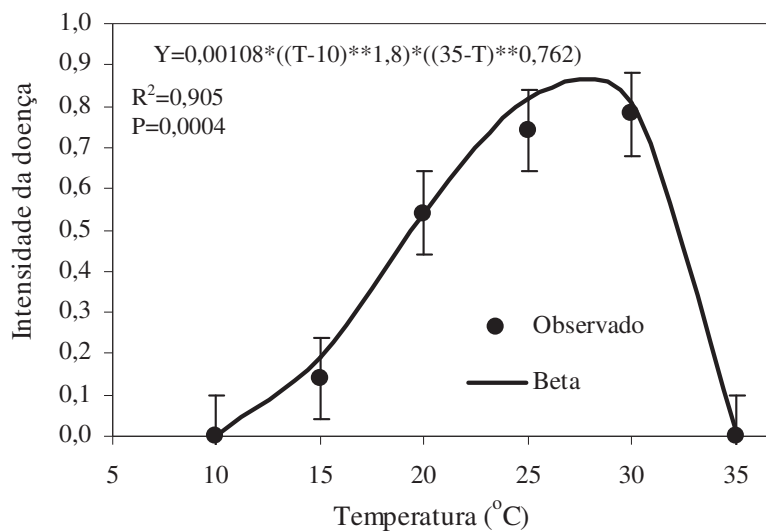


Figura 1. Intensidade da brusone em espigas do trigo (y) (*Triticum aestivum* L.) causada por *Pyricularia grisea* em diferentes temperaturas (T °C) no cultivar Trigo BR 23. Cada ponto representa a média de cinco repetições. Barras representam o erro padrão da média. A linha representa o ajuste pelo modelo Beta generalizado.

Efeito da duração do período de molhamento das espigas na intensidade da brusone do trigo

Períodos de molhamento superiores a 10 horas foram requeridos para o início do processo de infecção (Figura 2). A intensidade da brusone do trigo foi altamente influenciada pelo período de molhamento das espigas, pois o aumento de sua duração proporcionou o aumento na intensidade da doença. O efeito do período de molhamento foi explicado pelo modelo de Gompertz.

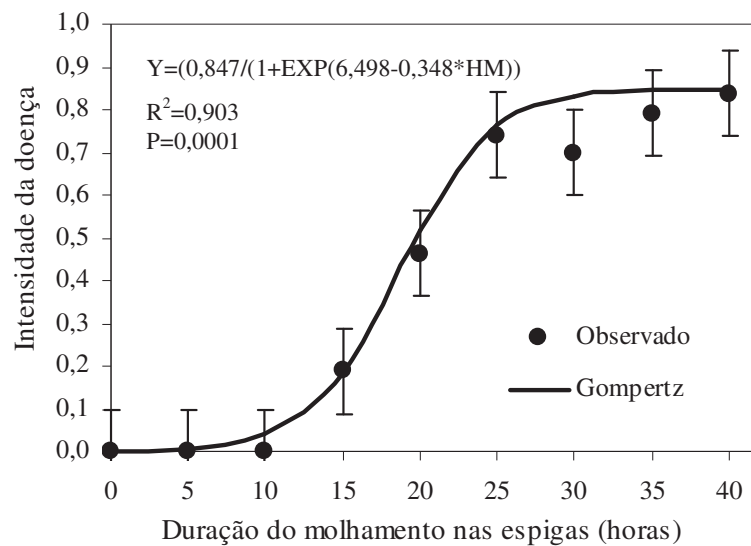


Figura 2. Intensidade da brusone em espigas do trigo (y) (*Triticum aestivum* L.) causada por *Pyricularia grisea* em diferentes períodos de molhamento (HM) no cultivar Trigo BR 23. Cada ponto representa a média de cinco repetições. Barras representam o erro padrão da média. A linha representa o ajuste pelo modelo de Gompertz.

Combinando-se as equações $(Z=0,00108*((T-10,0)**1,8)*((35,0-T)**0,762)*(0,847/(1+EXP(6,498-0,348*HM)))$ obtidas para os dados de temperatura e duração do molhamento das espigas, foi possível criar a superfície de resposta (Figura 3).

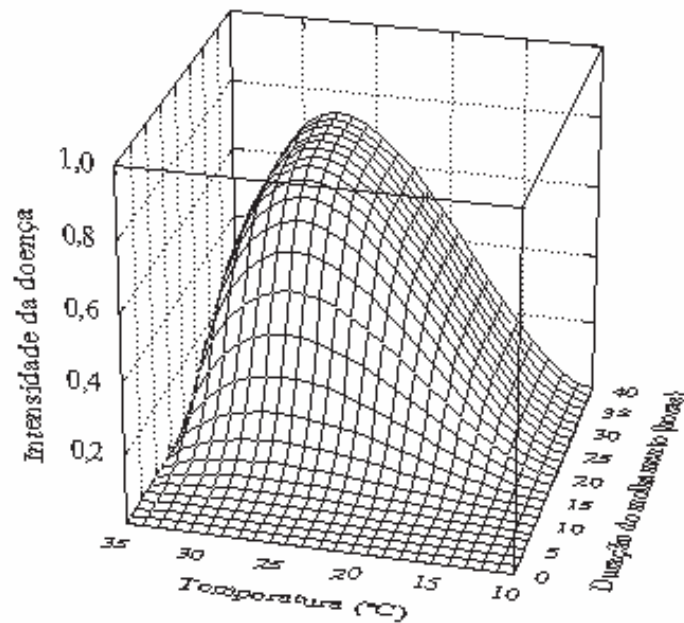


Figura 3. Efeito da duração do molhamento das espigas (HM) e da temperatura (T) sobre a intensidade (Z) da brusone do trigo (*Triticum aestivum* L.) causada por *Pyricularia grisea*. Trigo cultivar BR 23.

Os dados relativos às interações dos efeitos da temperatura e da duração do molhamento das espigas podem ser utilizados no desenvolvimento de sistemas de previsão fundamentais, baseados no modelo climático. Servem de exemplo os modelos desenvolvidos por Mills & La Plante (1951) para a sarna da macieira; Wallin (1962) para doenças da batateira (*Solanum tuberosum* L.); Madden et al. (1978) para alternaria em tomate; Scallop (1999) septoriose do tomateiro; Reis & Blum (2004) modelo climático para a previsão da giberela em trigo; o modelo climático para a previsão da ferrugem da soja (REIS et al., 2005).

Nesses casos os modelos climáticos valem-se da ocorrência de períodos críticos (PCs sensu Zadoks & Schein, 1979) para prever a infecção.

A semelhança dos trabalhos citados, a equação de superfície de resposta gerada no presente trabalho pode servir de base para o desenvolvimento de um sistema de previsão da brusone em espigas de trigo.

Como numa população os esporos de fungos não respondem sincronicamente em germinação à duração do período de molhamento e à temperatura têm-se diferentes proporções de infecção e, conseqüentemente, de intensidade futura da doença em função de sua resposta àqueles fatores ambientais. Cada indivíduo tem um requerimento distinto de duração do período de molhamento e de temperatura para completar com sucesso a infecção (SUTTON, 1988). Esses efeitos podem ser visualizados nos planos do gráfico da Figura 3.

Após a análise de regressão não-linear e com a equação gerada e utilizando a planilha eletrônica Excel 6.0 (Microsoft 2000), colocando-se nas células a intensidade desejada da brusone expressa como intensidade de doença (0 a 100%) e a temperatura de 10 a 35 °C, tomou-se a duração do período de molhamento (hm) como incógnita e calculou-se sua duração para causar probabilidades desejadas de intensidades da doença. Os efeitos da temperatura foram calculados em intervalos de 1,0 °C e das variações do molhamento em intervalos de 1,0 h (Apêndice A).

Diferentes intensidades de uma doença podem também ser obtidas utilizando-se diferentes concentrações de inóculo, diferentes temperaturas e distintas durações do molhamento foliar. A interação da duração do período de molhamento foliar com a temperatura média nesse período é o item fundamental dos sistemas de previsão de doenças baseados no efeito climático fundamental ou indutivo (ZADOKS & SCHEIN, 1979).

Os efeitos das interações entre temperatura e horas de molhamento sobre a infecção, obtidos em condições controladas, podem apresentar distorções no campo. Nesse caso os fatores que comprometem a eficiência da infecção de modo a não refletir exatamente o que ocorreu sob condições controladas são: variação da flutuação da temperatura no dossel; pequenas interrupções na duração do molhamento; diferente disponibilidade de inóculo (densidade), viabilidade dos esporos (% de germinação); predisposição do hospedeiro (idade dos tecidos/órgãos suscetíveis); presença de nutrientes e de pesticidas no filoplano e atividade biológica antagônica dos organismos residentes no filoplano. Por isso, a frequência absoluta

de infecção é dificilmente predita sob condições de campo (SUTTON, 1988).

Uma maneira que os pesquisadores têm utilizado para solucionar em parte tais problemas é dividir os dados de resposta à infecção em diferentes valores diários de ocorrência da infecção (VDPI) (Tabelas 2, 3, 4 e 5). No trabalho de Krause & Massie (1975) e de Madden et al. (1978), para o desenvolvimento da tabela de períodos críticos, baseados no modelo climático de previsão de doenças, foram atribuídos quatro valores arbitrários para indicar a VDPI de diferentes eficiências de infecção. Esses valores foram denominados por aqueles autores de valores diários de severidade (VDS). A expressão aqui proposta é de valores diários de probabilidade de infecção (VDPI). Adotou-se esse procedimento para elaborar as tabelas, com os VDPIs correspondentes às intensidades teóricas da doença de 0, 1, 2, 3 e 4. A intensidade de zero corresponde a inexistência de sintomas; 1 corresponde de 0,1 a 20%; 2, de 21 a 40%; 3, 41 a 60%; e 4, 61 a 80% de intensidade da brusone em espigas de trigo.

Com o procedimento descrito foram elaboradas tabelas com intervalos de temperatura de 2, 3, 4 e 5 °C (Tabelas 2, 3, 4 e 5).

Tabela 2 – Interações entre temperatura (em intervalos de 2 °C) e duração do período de molhamento das espigas (hm) para causar diferentes valores diários de probabilidade de infecção (VDPI) de *Pyricularia grisea*, em espigas de trigo

T °C	VDPI				
	0*	1	2	3	4
	Intensidade em espigas				
	0	0,1 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80
10 - 11	< 5	5	-	-	-
12 - 13	< 5	5	-	-	-
14 - 15	< 5	5 - 40	-	-	-
16 - 17	< 5	5 - 21	22 - 40	-	-
18 - 19	< 5	5 - 18	19 - 40	-	-
20 - 21	< 5	5 - 17	18 - 22	23 - 40	-
22 - 23	< 5	5 - 16	17 - 20	21 - 29	30 - 40
24 - 25	< 5	5 - 16	17 - 19	20 - 24	25 - 40
26 - 27	< 5	5 - 15	16 - 19	20 - 23	24 - 40
28 - 29	< 5	5 - 16	17 - 19	20 - 23	24 - 40
30 - 31	< 5	5 - 16	17 - 20	21 - 27	28 - 40
32 - 33	< 5	5 - 18	19 - 25	26 - 40	-
34 - 35	< 5	-	-	-	-

(*) Incidência da doença de 0 inexistência da infecção; 1, corresponde de 0,1 a 20%; 2, de 21 a 40%; 3, 41 a 60% e 4, de 61 a 80% de intensidade da doença. (-) Incidência não alcançada.

Tabela 3 – Interações entre temperatura (em intervalos de 3 °C) e duração do período de molhamento das espigas (hm) para causar diferentes valores diários de probabilidade de infecção (VDPI) de *Pyricularia grisea*, em espigas de trigo

T °C	VDPI				
	0*	1	2	3	4
	Intensidade em espigas				
	0	0,1 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80
10 - 12	< 5	5 - 40	-	-	-
13 - 15	< 5	5 - 40	-	-	-
16 - 18	< 5	5 - 19	20 - 40	-	-
19 - 21	< 5	5 - 17	18 - 22	23 - 40	-
22 - 24	< 5	5 - 16	17 - 20	21 - 25	26 - 40
25 - 27	< 5	5 - 16	17 - 19	20 - 23	24 - 40
28 - 30	< 5	5 - 16	17 - 19	20 - 24	25 - 40
31 - 33	< 5	5 - 18	19 - 25	26 - 40	-
34 - 35	< 5	-	-	-	-

(*) Incidência da doença de 0 inexistência da infecção; 1, corresponde de 0,1 a 20%; 2, de 21 a 40%; 3, 41 a 60% e 4, de 61 a 80% de intensidade da doença. (-) Incidência não alcançada.

Tabela 4 – Interações entre temperatura (em intervalos de 4 °C) e duração do período de molhamento das espigas (hm) para causar diferentes valores diários de probabilidade de infecção (VDPI) de *Pyricularia grisea*, em espigas de trigo

T °C	VDPI				
	0*	1	2	3	4
	Intensidade em espigas				
	0	0,1 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80
10 - 13	< 5	5	-	-	-
14 - 17	< 5	5 - 21	22 - 40	-	-
18 - 21	< 5	5 - 17	18 - 22	23 - 40	-
22 - 25	< 5	5 - 16	17 - 19	20 - 24	25 - 40
26 - 29	< 5	5 - 16	17 - 19	20 - 23	24 - 40
30 - 34	< 5	5 - 21	22 - 40	-	-
35	< 5	-	-	-	-

(*) Incidência da doença de 0 inexistência da infecção; 1, corresponde de 0,1 a 20%; 2, de 21 a 40%; 3, 41 a 60% e 4, de 61 a 80% de intensidade da doença. (-) Incidência não alcançada.

Tabela 5 – Interações entre temperatura (em intervalos de 5 °C) e duração do período de molhamento das espigas (hm) para causar diferentes valores diários de probabilidade de infecção (VDPI) de *Pyricularia grisea*, em espigas de trigo

T °C	VDPI				
	0*	1	2	3	4
	Intensidade em espigas				
	0	0,1 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80
10 - 14	< 5	5 - 40	-	-	-
15 - 19	< 5	5 - 19	20 - 40	-	-
20 - 24	< 5	5 - 16	17 - 20	21 - 25	26 - 40
25 - 29	< 5	5 - 16	17 - 19	20 - 23	24 - 40
30 - 34	< 5	5 - 21	22 - 40	-	-
35	< 5	-	-	-	-

(*) Incidência da doença de 0 inexistência da infecção; 1, corresponde de 0,1 a 20%; 2, de 21 a 40%; 3, 41 a 60% e 4, de 61 a 80% de intensidade da doença. (-) Incidência não alcançada.

Emprega-se o termo “diário” no VDPI para indicar que o molhamento, por exemplo, pode ser um fenômeno diário e cíclico em função do orvalho, chuva ou neblina. A severidade futura é função da eficiência da infecção dos esporos que por sua vez é governada pela ocorrência diária de PCs.

Segundo Madden et al. (1978), os períodos críticos são distintos para cada patossistema, por isso as tabelas de VDPIs são também diferentes para cada espécie de fungo em um dado hospedeiro.

As Tabelas 2, 3, 4 e 5 podem servir de base para a validação do sistema de aviso para a previsão da brusone em trigo aqui proposto.

Para uso prático na validação do sistema, foi desenvolvido um programa de computador que automaticamente confronta os dados

coletados no campo por uma estação agrometeorológica (duração do período de molhamento e da temperatura média neste período) com os dados das Tabelas 2, 3, 4 e 5. O programa calcula diariamente a VDPI e com o passar dos dias a sua soma a SVDPI.

O desenvolvimento das quatro tabelas (Tabelas 2, 3, 4 e 5) visa identificar pela validação do sistema àquela que com maior precisão detecte os sintomas iniciais da brusone, em condições de campo.

Trabalhos de validação estão sendo programados para serem conduzidos pela Fundação ABC, Castro - PR e Coodetec – Cascavel regiões com a ocorrência freqüente e severa da brusone do trigo.

4 CONCLUSÕES

Os sistemas de aviso da ocorrência de doenças de plantas podem ser úteis devido a pelo menos três aplicações:

a) Um sistema de aviso pode ser útil como critério indicador do momento e do intervalo para a aplicação de fungicidas visando ao controle da doença alvo. A sinalização do momento da aplicação será dada pela identificação do valor da SVDPI que corresponda a ocorrência de clima favorável à infecção. Havendo o aviso o fungicida deve ser aplicado. No presente momento ainda não estão disponíveis tecnologia de aplicação eficiente (deposição nas ráquis) ou fungicidas suficientemente potentes que garantam um controle da brusone com eficiência superior a 90%. No entanto, no futuro, talvez tais inovações tecnológicas possam estar à disposição dos produtores e concretizar-se a utilidade prática do presente modelo.

b) Talvez, no momento, uma contribuição prática do sistema de previsão da brusone do trigo seja a identificação de regiões e, principalmente, de épocas de semeadura cujas condições climáticas indicadas pelo presente modelo não sejam favoráveis à ocorrência da doença após o espigamento do trigo. Tendo-se estações meteorológicas que coletem os dados, de duração do molhamento e da temperatura média nesse período, nas regiões tritícolas durante toda a fase de espigamento e maturação da cultura se poderiam tirar tais conclusões pelos valores da SVDPI necessárias à infecção. Portanto, o trigo deveria espigar, em regiões de ocorrência da doença, com SVDPI que indiquem a não ocorrência de clima favorável à infecção da brusone.

c) Critério indicador do manejo correto da irrigação por aspersão do trigo na região dos cerrados. Outra utilidade do sistema seria auxiliar no monitoramento da duração do molhamento propiciado pela irrigação de modo a não ser favorável à infecção pela brusone. A SVDPI seria a ferramenta útil nesse caso. Não se deveria irrigar de modo que sejam gerados VDPIs segundo as Tabelas 2, 3, 4 e 5.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRUDA, M.A.; ZAMPROGNO, C.R.N.; BUENO, N.A. Resistência de trigo no estágio vegetativo e reprodutivo a *Pyricularia grisea*. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v. 28, n. 1, p. 78-79, 2002. Suplemento.
- BARCELLOS, A.L. As ferrugens do trigo no Brasil. In: FUNDAÇÃO CARGILL, Campinas, SP. Trigo no Brasil. Campinas, 1982. v. 2, p. 345-419.
- BARRETO, M.; VALE, F.X.R do.; PAUL, P.A.; SCALOPPI, G.A.E.; ANDRADE, D.F.A.A. de. Sistema de previsão e estação de aviso. In: VALE, F.X.R do.; CINTRA, J.J. de W.; ZAMBOLIM, L. *Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas*. Belo Horizonte: Perfíl Editora, 2004. p. 243-266.
- BEBENDO, I.P. Doenças do arroz (*Oryza sativa* L.). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIM FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M. *Manual de Fitopatologia: Doenças de plantas cultivadas*. 3. ed. v. 2. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. p. 85-99.
- BERGAMIM FILHO, A.; AMORIM, L. *Doenças de plantas tropicais: Epidemiologia e controle econômico*. São Paulo: Ceres, 1996.
- CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. *Introduction of plant disease epidemiology*. New York: John Wiley, 1990.
- CARISSE, O.; BOURGEOIS, G.; DUTHIE, J.A. Influence of temperature and leaf wetness duration on infection of strawberry leaves by *Mycosphaerella fragariae*. *Phytopathology*. St. Paul, v. 90, n. 10, p. 1120-1125, 2000.
- CINTRA, J.J. W de.; POZZA, A.E.; VALE, F.X.R do.; AGUIRELA, G.M. Análise temporal de epidemias. In: VALE, F.X.R do.; CINTRA, J.J. de W.; ZAMBOLIM, L. *Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas*. Belo Horizonte: Perfíl Editora, 2004. p. 127-191.

CONAB Trigo Brasil – *Série Histórica de Produtividade* – Safras 1990/91 a 2004/05. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/download/safra/TrigoSerieHist.xlt>>. Acesso em 10/03/06.

DALLA PRIA, M.; AMORIM, L.; BERGAMIM FILHO, A. Quantificação dos componentes monocíclicos da mancha angular do feijoeiro. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 28, n. 4, p. 394-400, 2003.

DOS ANJOS, J.R.N.; DA SILVA, D.B.; CHARCHAR, M.J.D.; RODRIGUES, G.C. Ocorrência da brusone (*Pyricularia grisea*) em trigo e centeio na região dos cerrados do Brasil Central. *Pesq. Agropec. Bras.*, Lavras, v. 31, n. 1, p. 79-82, 1996.

ELLIS, M.B. *Dematiaceous hyphomycetes*. Kew Surrey, England: Commonwealth Mycological Institute/CAB, 1971. 608p.

FERNANDEZ, M.R. *Manual para laboratório de fitopatologia*. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1993. 128. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 6).

GOULART, A.C.P.; PAIVA, F. de A. Incidência de fungos em sementes de trigo (*Triticum aestivum*) produzidas em Mato Grosso do Sul. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 18, n. 1, p. 107-109, 1993.

GOULART, A.C.P.; PAIVA, F. de A. Incidência da brusone (*Pyricularia oryzae*) em cultivares de trigo (*Triticum aestivum*) e condições de campo. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 17, n. 4, p. 321-325, 1992.

GOULART, A.C.P.; PAIVA, F.A.; MESQUITA, A.N. de. Perdas em trigo (*Triticum aestivum*) causadas por *Pyricularia oryzae*. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 17, n. 1, p. 115-117, 1992.

GOULART, A.C.P.; PAIVA, F.A.; MESQUITA, A.N. de. Perdas em trigo (*Triticum aestivum* L.) causadas por *Pyricularia oryzae* Cav. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 16., 1991, Dourados. Resumos da 16. Reunião Nacional de Pesquisa de Trigo. Dourados: EMBRAPA-UEPAE Dourados, 1991, p. 112.

GOULART, A.C.P.; PAIVA, F. de A. Transmissão de *Pyricularia oryzae* através de sementes de trigo (*Triticum aestivum*). *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 15, n. 4, p. 359-362, 1990.

GOULART, A.C.P.; PAIVA, F.A.; MESQUITA, A.N. de.; MORAES, A.G. de. Transmissão de *Pyricularia oryzae* Cav. pela semente de trigo (*Triticum aestivum* L.) In: REUNIÃO DA COMISSÃO CENTROSUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 5., 1989, Cornélio Procópio. Resultados de pesquisa de com trigo – 1989. p. 170.

GOULART, A.C.P. Doenças transmitidas por sementes de trigo em Mato Grosso do Sul e testes de laboratório para identificação de *Pyricularia oryzae* em sementes de trigo. Dourados, MS. EMBRAPA. 1988. 25p.

HAU, B.; KRANZ, J. Mathematics and statistics for analyses in epidemiology. In: Kranz, J. (Ed.) Epidemics of plant disease: mathematics analyses and modeling. Berlin:Springer-Verlag, 1990.

HURTADO, J.; TOLEDO, J. Efecto de la densidad de inóculo en la intensidad de la piricularia o brusone del trigo (*Pyricularia grisea*) *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 28, p. 211. 2003. Suplemento.

IGARASHI, S.; BALAN, M.G. Brusone do trigo. Atualidades Agrícolas Basf, p.28-31, dez. 2004.

IGARASHI, S. Brusone do trigo. Histórico e distribuição geográfica no Paraná. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 15. Resumos dos trabalhos apresentados na 15. Reunião Nacional de Pesquisa de Trigo. Passo Fundo, EMBRAP-CNPT. 1988a. p. 157.

IGARASHI, S. Uma análise da ocorrência de “brusone” do trigo no Paraná. s.n.t. 19p. Trabalho apresentado no Seminário sobre Melhoramento para a Resistência a Enfermidades, Passo Fundo, RS. ago. 1988b.

IGARASHI, S.; UTIAMADA, C.M. *Pyricularia* sp. em trigo II. Resistência varietal. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE

TRIGO, 14., 1986, Londrina. Resumos. Londrina: IAPAR, 1986]. p.59.

IGARASHI, S.; UTIAMADA, C.M.; IGARASHI, L.C.; KAZUMA, A.H.; LOPES, R.S. *Pyricularia* sp em trigo. Ocorrência de *Pyricularia* sp. no Estado do Paraná. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 14, Londrina, 1986. Resumos. Londrina, IAPAR 1986, p.57.

KIM, C. H.; MACKENZIE, D. R.; RUSH, M.C. Field testing a computerized forecasting system for rice blast disease. *Phytopathology*, St. Paul, v. 78, n. 7, p. 931-934, 1988.

KRANZ, J.; HAU, B. Systems analyses in epidemiology. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, v. 18, p. 67-84, 1980.

KRAUSE, R.A.; MASSIE, L.B. Predictive systems: modern approaches to disease control. *Annual Review of Phytopathology*, St. Paul, v.13, p. 31-47, 1975.

MADDEN, L.V.; ELLIS, M.A. How to develop plant disease forecasters. *Experimental Technique in Plant Disease Epidemiology* (J. Kranz and J. Rotem) Springer-Verlag, Berlin, p. 191-208, 1988.

MADDEN, L.; PENNYPACKER, S.P.; MCNAB, A.A. FAST, a forecast system for *Alternaria solani* on tomato. *Phytopathology*, St. Paul, v. 68, n. 9, p. 1354-1358, 1978.

MAUDE, R.B. *Seedborne disease and their control*. Principles and practice. CAB International, Wallingford, 1996.

MAY-DE-MIO, L.L.; AMORIM, L. Influência da temperatura e da duração do molhamento foliar nos componentes monocíclicos da ferrugem do álamo. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v. 28, n. 1, p. 33-39, 2002.

MCKINNEY, H.H. Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. *Journal of Agricultural Reseach*. v. XXVI, n. 5, p. 195-217, 1923.

MEDEIROS, C.A.; REIS, E.M.; SOUZA, P.E. Ocorrência de *Pyricularia grisea* e de *Claviceps* sp. em azevém (*Lolium multiflorum* L.), no Rio Grande do Sul. *Ciência e Agrotec.*, Lavras, v. 20, n. 1, p. 119-121, 1996.

MENEZES, M.; OLIVEIRA, S.M.A de. *Fungos fitopatogênicos*. Recife: Imprensa Universitária, 1993.

MENTEN, F.O.M.; MORAES, M.H.D. *Pyricularia* sp. em sementes de trigo: métodos de detecção, localização e transmissão do patógeno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 5, 1987, Gramado,. Resumo dos trabalhos técnicos. Brasília, ABRATES. 1987. p. 179.

MILLS, W.D.; LA PLANTE, A.A. *Disease and insect in the orchard*. Ithaca, Cornell University, 1951.

MUCHOVEJ, A.P.; MUCHOVEJ, J.J. O gênero *Pyricularia* e seus teleomorfos. *Rev. Anual Patol. Plantas*, (Passo Fundo), v.2, p. 175-208, 1994.

OU, S. H. Fungus diseases – Foliage Diseases. In: *Rice diseases*. England. 1 ed. 1972. p. 97-184.

PANISSON, E. *Giberela em trigo: intensidade, danos e controle químico*. 2001. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2001.

PURCHIO, A.F. *Estudo taxonômico do anamorfo (Pyricularia) de Magnaporthe grisea*. 1992. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1992.

PENNYPACKER, S.P.; STEVENSON, R.E. The management of plant pathogens. In: HATFIELD, J.L.; THOMAS, I.J. (Eds.). *Biometereology in integrated pest management*. London Academic Press, 1982. p. 243-266.

PICININI, E.C.; FERNANDES, F.C. Ocorrência da brusone (*Pyricularia oryzae*) em lavouras comerciais de trigo (*Triticum*

aestivum) no estado do Rio Grande do Sul. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 15, n. 1, p. 83-84. 1990.

REIS, E.M.; SARTORI, A.F.; CÂMARA, R.K. Modelo climático para a previsão da ferrugem da soja. *Summa Phytopathologica*. Botucatu, v. 30, n. 2, p. 290-292. 2005.

REIS, E.M.; BLUM, M.M.C. Modelo climático para a previsão da giberela em trigo. *Summa Phytopathologica*. Botucatu, v. 30, n. 4, p. 497-500. 2004.

REIS, E.M.; BRESOLIN, A.C.R. Sistemas de previsão de doenças de plantas. In: REIS, E.M. *Previsão de doenças de plantas*. Passo Fundo: UPF, 2004. p. 155-287.

REIS, E.M.; WORDELL, Filho J.A. Previsão de doenças de plantas. In: REIS, E.M. *Previsão de doenças de plantas*. Passo Fundo: UPF, 2004. p. 65-99.

REIS, E. M.; CASA, R.T.; MEDEIROS, C.A. *Diagnose, patometria e controle de doenças de cereais de inverno*. Londrina. MC Gráfica Ltda, 2001. 94p.

REIS, E. M.; CASA, R.T. *Patologia de sementes de cereais de inverno*. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 1998. 88 p.

REIS, E.; CASA, R.T.; FORCELINI, C.A. Doenças do trigo (*Triticum aestivum* L.). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIM FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M. *Manual de Fitopatologia: Doenças de plantas cultivadas*. 3. ed. v. 2. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. p. 725-736.

REIS, E.M.; FERNANDEZ, J.M.C.; PICININI, E.C. Estratégias para o controle de doenças do trigo. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1988. 50p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 7).

REUNIÃO DA COMISSÃO CENTRO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 20, Londrina. Informações técnicas da comissão centro sul-brasileira de pesquisa de trigo e

triticale para a safra de 2005. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2005, 234p.

ROSSMAN, A.Y.; HOWARD, R.J.; VALENT, B. *Pyricularia grisea*, the correct name for the rice blast disease fungus. *Mycologia*. v. 82, n. 4, p. 509-512. 1990.

ROTEM, J. Techniques of controlled-condition experimentes. In: KRANZ, J.; ROTEM, J. *Disease Epidemiology*. Berlin:Springer-Verlag, 1988. p. 19-31.

SASAKI, T.; KATO, H. A statistical method of predicting outbreak of rice panicle blast. *Phytophatology*, St. Paul, v. 62, p. 1126-1132, 1972.

SCALOPPI, E.A.G. Desenvolvimento de um sistema de previsão da septoriose do tomateiro. 1999. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) – Universidade do estado de São Paulo, Jaboticabal, 1999.

SUTTON, J.C. Predictive value of weather variables in the epidemilogy and management of foliar disease. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 12, n. 4, p. 305-312, 1988.

SUTTON, J.C.; GILLESPIE, T.J.; HILDBRAND, P. Monitoring weathear factores in relation to plant disease. *Plant Disease*. v. 68, n. 1, p. 78-84. 1984.

ROTEM, J. Techniques of controlled-condition experiments. Kranz, J.; Rotem, J. (Eds.). *Experimental Techiques in Plant Disease Epidemiology*. Berlin:Springer-Verlag, 1988. p. 19-31.

TELLES NETO, F.X.B de. *Transmissão e controle de Fusarium graminearum em sementes e danos causados pela Giberela em trigo*. 2004. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2004.

TOLEDO, J.; ESCOBAR, R. *Piricularia o bruzone del trigo*. CIAT. Santa Cruz, Bolívia. CIAT, 2002. 20p.

TOLEDO, J. *Pyricularia del trigo. Medidas de prevención*. Tréptico. CIAT. Santa Cruz, Bolívia. 1998.

URASHIMA, A. S.; KATO, H. Pathogenic relationship between isolates of *Pyricularia grisea* of wheat and other host at different host developmental stages. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 23, n. 1, p. 30-35. 1998.

URASHIMA, A. S.; IGARASHI, S.; KATO, H. Host range, mating type and fertility of *Pyricularia grisea* from wheat in Brazil. *Plant Disease*, St. Paul, v. 77 n. 12, p. 1211-1216. 1993.

USDA – United States Department of agriculture. “Disponível em:” <http://www.usda.gov> “Acesso em: 15 jan. 2006.

WEBSTER, R. K.; GUNNEL, P. S. Compendium of rice disease. St. Paul: American Phytopathological Society, 1992.

WALLIN, J. R. Summary of recent progress in predicting late blight epidemics in United States and Canada. *American Potato Journal*, v. 39, p. 306-312, 1962.

WIESE, M. V. Compendium of wheat disease. 2. ed. St. Paul: American Phytopathological Society, 1987.

ZADOKS, J.C. On the conceptual basis of crop loss assessment: the threshold theory. *Annual Review Phytopathology*, Palo Alto, v. 23, p. 455-473, 1985.

ZADOKS, J.C. A quarter century of disease warning, 1958-1983. *Plant Disease*. St. Paul, v. 68, p. 352-355. 1984.

ZADOKS, J.C.; SCHEIN, R.D. *Epidemiology and plant disease management*. New York: Oxford University Press, 1979. 427p.

ZADOKS, J.C.; CHANG, T.T.; KONZAK, C.F. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, v. 14, p. 415-421, 1974.

APÊNDICE A – Interações entre temperatura e duração do período de molhamento (horas) das espigas na intensidade da brusone em trigo

T °C	Molhamento das espigas (horas)									
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,05	0,07	0,09	0,13	0,17
12	0,03	0,04	0,06	0,08	0,12	0,16	0,23	0,31	0,43	0,58
13	0,06	0,08	0,12	0,17	0,23	0,33	0,45	0,63	0,86	1,15
14	0,1	0,14	0,19	0,27	0,38	0,53	0,73	1,01	1,38	1,86
15	0,14	0,2	0,28	0,39	0,54	0,76	1,06	1,46	1,99	2,68
16	0,19	0,26	0,37	0,52	0,73	1,01	1,41	1,94	2,66	3,58
17	0,23	0,33	0,47	0,66	0,92	1,28	1,79	2,46	3,36	4,53
18	0,29	0,4	0,57	0,8	1,12	1,56	2,17	3	4,09	5,51
19	0,34	0,48	0,67	0,94	1,32	1,85	2,56	3,54	4,83	6,51
20	0,39	0,55	0,77	1,08	1,52	2,12	2,95	4,07	5,56	7,49
21	0,44	0,62	0,87	1,22	1,71	2,39	3,32	4,58	6,26	8,43
22	0,48	0,68	0,96	1,35	1,89	2,64	3,67	5,06	6,91	9,32
23	0,52	0,74	1,04	1,47	2,06	2,87	3,99	5,5	7,51	10,1
24	0,56	0,79	1,11	1,57	2,2	3,07	4,27	5,88	8,03	10,8
25	0,59	0,83	1,17	1,65	2,31	3,23	4,49	6,2	8,46	11,4
26	0,61	0,86	1,22	1,71	2,4	3,35	4,66	6,42	8,77	11,8
27	0,62	0,88	1,24	1,74	2,45	3,42	4,75	6,55	8,94	12,1
28	0,62	0,88	1,24	1,75	2,45	3,42	4,75	6,56	8,95	12,1
29	0,61	0,86	1,22	1,71	2,4	3,35	4,66	6,43	8,77	11,8
30	0,58	0,82	1,16	1,63	2,29	3,2	4,45	6,13	8,38	11,3
31	0,54	0,76	1,07	1,51	2,11	2,95	4,1	5,65	7,72	10,4
32	0,47	0,66	0,94	1,32	1,85	2,58	3,58	4,94	6,74	9,09
33	0,37	0,53	0,75	1,05	1,47	2,05	2,85	3,93	5,37	7,24
34	0,24	0,34	0,48	0,67	0,94	1,31	1,82	2,51	3,43	4,63
35	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,11	0,15

continuação do apêndice...

T °C	Molhamento das espigas (horas)									
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0,23	0,3	0,38	0,46	0,55	0,64	0,73	0,8	0,86	0,91
12	0,76	0,99	1,26	1,55	1,85	2,15	2,43	2,67	2,87	3,03
13	1,53	1,98	2,51	3,1	3,71	4,3	4,85	5,34	5,74	6,06
14	2,47	3,21	4,07	5,01	5,99	6,96	7,85	8,63	9,28	9,81
15	3,55	4,62	5,85	7,21	8,62	10	11,3	12,4	13,4	14,1
16	4,74	6,16	7,8	9,62	11,5	13,4	15,1	16,6	17,8	18,8
17	6,01	7,8	9,88	12,2	14,6	16,9	19,1	21	22,6	23,8
18	7,31	9,49	12	14,8	17,7	20,6	23,2	25,5	27,5	29
19	8,63	11,2	14,2	17,5	20,9	24,3	27,4	30,1	32,4	34,2
20	9,92	12,9	16,3	20,1	24,1	27,9	31,5	34,7	37,3	39,4
21	11,2	14,5	18,4	22,7	27,1	31,5	35,5	39	42	44,4
22	12,4	16	20,3	25	30	34,8	39,2	43,1	46,4	49
23	13,4	17,4	22,1	27,2	32,6	37,8	42,6	46,9	50,4	53,3
24	14,4	18,6	23,6	29,1	34,8	40,4	45,6	50,1	53,9	57
25	15,1	19,6	24,9	30,6	36,7	42,6	48	52,8	56,8	60
26	15,7	20,3	25,8	31,8	38	44,1	49,8	54,7	58,8	62,2
27	16	20,7	26,3	32,4	38,7	45	50,7	55,8	60	63,4
28	16	20,8	26,3	32,4	38,8	45	50,8	55,9	60,1	63,5
29	15,7	20,4	25,8	31,8	38	44,1	49,8	54,7	58,9	62,2
30	15	19,4	24,6	30,3	36,3	42,1	47,5	52,3	56,2	59,4
31	13,8	17,9	22,7	28	33,4	38,8	43,8	48,2	51,8	54,7
32	12	15,6	19,8	24,4	29,2	33,9	38,3	42,1	45,3	47,8
33	9,59	12,5	15,8	19,5	23,3	27	30,5	33,5	36	38,1
34	6,13	7,96	10,1	12,4	14,9	17,3	19,5	21,4	23	24,3
35	0,2	0,25	0,32	0,4	0,48	0,55	0,62	0,68	0,74	0,78

continuação do apêndice...

T °C	Molhamento das espigas (horas)									
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0,94	0,97	0,99	1,01	1,02	1,03	1,04	1,04	1,04	1,04
12	3,16	3,25	3,32	3,37	3,41	3,44	3,46	3,47	3,48	3,49
13	6,31	6,5	6,65	6,75	6,82	6,88	6,92	6,94	6,96	6,98
14	10,2	10,5	10,7	10,9	11	11,1	11,2	11,2	11,3	11,3
15	14,7	15,1	15,5	15,7	15,9	16	16,1	16,2	16,2	16,2
16	19,6	20,2	20,6	21	21,2	21,4	21,5	21,6	21,6	21,7
17	24,8	25,6	26,1	26,5	26,8	27	27,2	27,3	27,4	27,4
18	30,2	31,1	31,8	32,3	32,6	32,9	33,1	33,2	33,3	33,4
19	35,6	36,7	37,5	38,1	38,5	38,8	39,1	39,2	39,3	39,4
20	41	42,3	43,2	43,8	44,3	44,7	44,9	45,1	45,2	45,3
21	46,2	47,6	48,6	49,4	49,9	50,3	50,6	50,8	51	51,1
22	51,1	52,6	53,7	54,6	55,2	55,6	55,9	56,2	56,3	56,4
23	55,5	57,1	58,4	59,3	60	60,4	60,8	61	61,2	61,3
24	59,3	61,1	62,4	63,4	64,1	64,6	65	65,2	65,4	65,6
25	62,5	64,3	65,7	66,8	67,5	68	68,4	68,7	68,9	69
26	64,7	66,7	68,1	69,2	70	70,5	70,9	71,2	71,4	71,6
27	66	68	69,5	70,6	71,3	71,9	72,3	72,6	72,8	73
28	66,1	68,1	69,6	70,6	71,4	72	72,4	72,7	72,9	73
29	64,8	66,7	68,2	69,2	70	70,6	71	71,3	71,5	71,6
30	61,8	63,7	65,1	66,1	66,8	67,4	67,8	68	68,2	68,3
31	57	58,7	60	60,9	61,6	62,1	62,4	62,7	62,9	63
32	49,8	51,3	52,4	53,2	53,8	54,2	54,5	54,8	54,9	55
33	39,6	40,8	41,7	42,4	42,9	43,2	43,4	43,6	43,7	43,8
34	25,3	26,1	26,7	27,1	27,4	27,6	27,8	27,9	27,9	28
35	0,81	0,83	0,85	0,87	0,88	0,88	0,89	0,89	0,89	0,89

continuação do apêndice...

T °C	Molhamento das espigas (horas)					
	35	36	37	38	39	40
10	0	0	0	0	0	0
11	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
12	3,49	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
13	6,99	6,99	7	7	7,01	7,01
14	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3
15	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3
16	21,7	21,7	21,7	21,7	21,8	21,8
17	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5
18	33,4	33,5	33,5	33,5	33,5	33,5
19	39,5	39,5	39,5	39,5	39,6	39,6
20	45,4	45,4	45,5	45,5	45,5	45,5
21	51,1	51,2	51,2	51,2	51,3	51,3
22	56,5	56,6	56,6	56,6	56,6	56,7
23	61,4	61,5	61,5	61,5	61,6	61,6
24	65,7	65,7	65,8	65,8	65,8	65,8
25	69,1	69,2	69,2	69,3	69,3	69,3
26	71,7	71,7	71,8	71,8	71,8	71,9
27	73,1	73,1	73,2	73,2	73,2	73,3
28	73,1	73,2	73,3	73,3	73,3	73,4
29	71,7	71,8	71,8	71,9	71,9	71,9
30	68,4	68,5	68,6	68,6	68,6	68,6
31	63,1	63,1	63,2	63,2	63,2	63,2
32	55,1	55,2	55,2	55,2	55,2	55,3
33	43,9	43,9	44	44	44	44
34	28	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1
35	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9