



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

**REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE TRITICALE AO *Soil***  
***borne wheat mosaic virus (SBWMV)***

**KARINA GRANDO TOLEDO**

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, abril de 2009

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

**REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE TRITICALE AO *Soil  
borne wheat mosaic virus* (SBWMV)**

**KARINA GRANDO TOLEDO**

**Orientadora: Profa. Dra. Jurema Schons**

**Co-orientador: Dr. Alfredo do Nascimento Junior**

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, abril de 2009

## **BIBLIOGRAFIA DA AUTORA**

Karina Grando Toledo, nascida em 03 de fevereiro de 1983 na cidade de Tapera – RS. Bióloga formada no ano de 2005 pela Universidade de Cruz Alta - UNICRUZ em Cruz Alta– RS. Ingressou no Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade de Passo Fundo - UPF em março de 2007, área de concentração em fitopatologia.

*Eu aprendi...*  
*...que ignorar os fatos não os altera;*  
*Eu aprendi...*  
*...que quando você planeja se nivelar com alguém, apenas esta permitindo que essa pessoa continue a magoar você;*  
*Eu aprendi...*  
*...que o AMOR, e não o TEMPO, é que cura todas as feridas;*  
*Eu aprendi...*  
*...que ninguém é perfeito até que você se apaixone por essa pessoa;*  
*Eu aprendi...*  
*...que a vida é dura, mas eu sou mais ainda;*  
*Eu aprendi...*  
*...que as oportunidades nunca são perdidas; alguém vai aproveitar as que você perdeu;*  
*Eu aprendi...*  
*...que quando o ancoradouro se torna amargo a felicidade vai aportar em outro lugar;*  
*Eu aprendi...*  
*...que não posso escolher como me sinto, mas posso escolher o que fazer a respeito;*  
*Eu aprendi...*  
*...que todos querem viver no topo da montanha, mas toda felicidade e crescimento ocorre quando você esta escalando-a;*  
*Eu aprendi...*  
*...que quanto menos tempo tenho, mais coisas consigo fazer.*

**William Shakespeare**

*A todos que de uma forma ou de outra me ajudaram a chegar até aqui.*

**Dedico**

## **AGRADECIMENTOS**

### **A Deus**

Por que nada acontece sem que ele permita.

Agradeço ao Vítor meu filho que mesmo na ausência da mãe sempre disse “mamãe eu sei que você tem que ir para Passo Fundo estudar”.

Aos meus pais, irmãos, avós, tios, que sempre me apoiaram.

Para os meus irmão Du e Kaká um agradecimento mais que especial...sem a ajuda de vocês cuidando do Vítor para mim eu não teria conseguido...obrigada!

A minha tia Carmem que é como uma mãe para mim...obrigada pela ajuda incondicional sempre...

Ao seu Guinter e dona Sigui que sempre me apoiaram...

Aos meus amigos Dani “parceria sempre presente” pela ajuda e boas risadas e Gui pelo apoio e incentivo... e toda sua família pela grande ajuda....

### **Aos colegas e orientadores**

Aos colegas de laboratório principalmente a Danu e a Miki...

A todos os meus colegas nesses dois anos, eu agradeço...

Ao professor Carlos que sempre me ajudou e apoiou em tudo que precisei...

A minha orientadora professora Jurema sempre dedicada e compreensiva, tudo que aprendi... com muita paciência foi ela que me ensinou.

Ao meu co-orientador Alfredo pela disponibilidade e pelos ensinamentos.

### **Outros agradecimentos**

À Universidade de Passo Fundo.

À CAPES pela concessão da bolsa.

À Embrapa Trigo de Passo Fundo/RS pela oportunidade de realizar estágio e desenvolver as pesquisas em suas dependências.

A Fapergs e ao CNPq pelo auxílio financeiro.

Aos funcionários da Embrapa Trigo que contribuíram para a realização deste trabalho, principalmente ao Antônio pela disponibilidade e ajuda.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	xi
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xiii
<b>RESUMO</b> .....	1
<b>ABSTRACT</b> .....	3
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	5
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	8
2.1 A cultura do triticales.....	8
2.1.1 Classificação botânica.....	10
2.1.2 Importância econômica.....	10
2.2 VÍRUS.....	12
2.2.1 Mosaico do trigo - <i>Soil borne wheat mosaic virus</i> (SBWMV).....	14
2.2.2 Sintomas causados pela infecção com SBWMV.....	16
2.3 O vetor.....	17
2.3.1 Ciclo de vida do <i>Polymyxa graminis</i> .....	21
2.4 Influência do ambiente na expressão da doença.....	22
2.5 Danos causados pelo SBWMV.....	24
2.6 CONTROLE.....	26
2.7 CARACTERIZAÇÕES BIOQUÍMICAS.....	27
2.7.1 Peroxidases.....	27

2.7.2	Proteínas.....	30
2.7.3	Açúcares solúveis totais.....	31
2.7.4	Clorofila.....	34

## **CAPÍTULO 1**

### **INCIDÊNCIA, ÍNDICE DE DOENÇA E ALTERAÇÕES METABÓLICAS CAUSADAS PELO *Soil borne wheat mosaic virus* EM QUATRO CULTIVARES DE TRITICALE**

	RESUMO.....	35
	ABSTRACT.....	37
	INTRODUÇÃO.....	39
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	40
2.1	Local de execução.....	40
2.2	Instalação e condução.....	40
2.3	Delineamento experimental.....	43
2.4	Variáveis analisadas.....	43
2.4.1	Material vegetal.....	43
2.4.2	Teste sorológico DAS-Elisa.....	44
2.4.3	Determinação da atividade da peroxidase.....	44
2.4.4	Determinação de proteínas solúveis.....	45
2.4.5	Determinação dos teores de açúcares solúveis totais.....	46
2.4.6	Determinação de clorofila.....	46



2.4.7	Incidência e severidade.....	47
2.4.7.1	Incidência.....	47
2.4.7.2	Severidade.....	47
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
3.1	Teste DAS-Elisa.....	49
3.2	Incidência (Inc %) e índice de doença (ID%).....	50
3.3	Atividade da peroxidase.....	54
3.4	Teor de proteínas solúveis.....	55
3.5	Teores de açúcares totais.....	57
3.6	Teor de clorofila.....	59
4	CONCLUSÃO.....	62

## CAPÍTULO 2

### **EFEITO DO SBWMV SOBRE A INCIDÊNCIA, ÍNDICE DE DOENÇA E CARACTERÍSTICAS AGRONOMICAS, EM GENÓTIPOS DE TRITICALE**

	RESUMO.....	63
	ABSTRACT.....	65
	INTRODUÇÃO.....	66
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	67
2.1	Local de execução.....	67

2.2	Instalação e condução 2007.....	67
2.3	Instalação e condução 2008.....	69
2.4	Variáveis analisadas.....	70
2.5	Incidência e severidade 2007 e 2008.....	71
2.6	Características agronômicas.....	72
3	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>72</b>
3.1	Incidência e índice de doença em 2007 e 2008.....	72
3.2	Características agronômicas.....	81
4	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>89</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>90</b>
	<b>APÊNDICE.....</b>	<b>104</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela</b>	<b>Página</b>
<b>CAPÍTULO 1</b>	
1 Genótipos utilizados no experimento e respectivos cruzamentos e origem.....	42
2 Reação de genótipos de triticales ao <i>Soil borne wheat mosaic virus</i> - SBWMV.....	42
3 Escala de notas atribuídas às plantas com sintomas do mosaico do trigo.....	48
4 Incidência (Inc.%) e índice de doença (ID%) em quatro genótipos de triticales em quatro épocas de avaliação.....	51
5 Atividade da peroxidase em quatro genótipos de triticales infectados com o SBWMV e respectivos controles sadios.....	54
6 Teor de proteínas em quatro genótipos de triticales infectados com o SBWMV e respectivos controles sadios.....	56
7 Teor de açúcares em quatro genótipos de triticales infectados com o SBWMV e respectivos controles sadios.....	58
8 Teor de clorofila em quatro genótipos de triticales infectados com o SBWMV e respectivos controles sadios.....	61

**CAPÍTULO 2**

1	Genótipos de triticales avaliados quanto a incidência e severidade e características agronômicas do SBWMV nos anos de 2007 e 2008, cruzamentos e local de origem.....	71
2	Incidência (Inc.%) e índice de doença (ID%) causado pelo SBWMV em quatro épocas após a semeadura (referente à 1ª época – 07/06/2007).....	74
3	Incidência (Inc.%) e índice de doença (ID%) causado pelo SBWMV em quatro épocas após a semeadura (referente à 2ª época – 07/07/2007).....	75
4	Incidência (Inc.%) e índice de doença (ID%) causado pelo SBWMV em quatro épocas após a semeadura (referente à 1ª época – 12/06/2008).....	77
5	Incidência (Inc.%) e índice de doença (ID%) causado pelo SBWMV em quatro épocas após a semeadura (referente à 2ª época – 02/07/2008).....	78
6	Estatura, número de afilhos e número de espigas em cinco genótipos de triticales infectados com o SBWMV e respectivos controles sadios.....	83

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>		
1	Ciclo de vida do vetor <i>Polymyxa graminis</i> .....	22
 <b>CAPÍTULO 1</b>		
1	Índice de doença (ID%) em quatro genótipos de triticales em quatro épocas de avaliação.....	53
2	Íncidência (Inc %) do SBWMV em quatro genótipos de triticales em quatro épocas de avaliação.....	53
 <b>CAPÍTULO 2</b>		
1	Sintomas de redução de porte e de perfilhamento em planta de triticales (PFT 0608) infectada pelo SBWMV.....	82
2	Redução de estatura provocada pelo SBWMV em triticales (IPR 111). Planta da esquerda infectada e da direita sadia.....	84

3	Planta de triticales, genótipo PFT 0608, infectada por SBWMV, mostrando número de afilhos, de espigas e estatura reduzidos, quando comparado à planta sadia.....	88
	<b>APÊNDICE.....</b>	<b>104</b>
	<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>105</b>
	<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>105</b>
	<b>APÊNDICE C.....</b>	<b>106</b>
	<b>APÊNDICE D.....</b>	<b>106</b>
	<b>APÊNDICE E.....</b>	<b>107</b>
	<b>APÊNDICE F.....</b>	<b>107</b>
	<b>APÊNDICE G.....</b>	<b>108</b>
	<b>APÊNDICE H.....</b>	<b>108</b>
	<b>APÊNDICE I.....</b>	<b>109</b>

## **REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE TRITICALE AO *Soil borne wheat mosaic virus* (SBWMV)**

**KARINA GRANDO TOLEDO<sup>1</sup>, JUREMA SCHONS<sup>2</sup> E  
ALFREDO DO NASCIMENTO JÚNIOR<sup>3</sup>**

**RESUMO-** O mosaico do trigo causado pelo *Soil borne wheat mosaic virus*-SBWMV é transmitido pelo plasmodioforomiceto *Polymyxa graminis* Led., que permanece no solo na forma de estruturas de repouso (esporos) e em condições ambientais favoráveis os zoósporos do vetor infectam as raízes dos cereais transmitindo a virose. O mosaico do trigo é um dos fatores limitantes às culturas de cereais de inverno, como o triticale, podendo causar danos em infecções mistas ou isoladas, com ocorrência relatada mundialmente. Seu controle parece estar restrito ao uso de cultivares resistentes, manejo e época de semeadura. A identificação da virose é realizada normalmente através de testes sorológicos, no entanto, em alguns casos para identificá-la necessita-se técnicas mais sensíveis que a sorologia, de maneira que muitos países têm feito a confirmação do diagnóstico

---

<sup>1</sup>Bióloga, mestranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMV) da Universidade de Passo Fundo (UPF), Área de Concentração em Fitopatologia.

<sup>2</sup>Orientadora, Bióloga, Doutora em Ciências Biológicas, professora do PPGAgro da FAMV e ICB/UPF.

<sup>3</sup>Co-orientador, Eng. Agr., Doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa-Trigo.

por RT-PCR. Na região do planalto médio do Rio Grande do Sul (RS) Brasil, na safra 2008, houve um aumento significativo da incidência de mosaico em trigo e triticale. Objetivando avaliar o efeito do SBWMV sobre a cultura do triticale realizou-se um estudo na área experimental da Embrapa Trigo em Passo Fundo (RS), determinando seu efeito sobre os teores de proteínas solúveis totais, teor de açúcares solúveis totais, teor de clorofila e atividade da peroxidase, bem como incidência, índice de doença ID% e características agronômicas de genótipos de triticale. Os dados foram submetidos a análise da variância e as médias significativas comparadas pelo teste de Tukey (5%). A atividade da enzima peroxidase foi elevada nos genótipos infectados pelo SBWMV mostrando que o vírus causa altos níveis de estresse nas plantas doentes, evoluindo gradativamente sendo mais severa nos genótipos em que os sintomas aparecem nos estádios iniciais. O SBWMV alterou todas as variáveis analisadas.

**Palavras-chave:** peroxidase, clorofila, proteínas, açúcares, incidência, índice de doença



**REACTION OF TRITICALE GENOTYPES TO *Soil  
borne wheat mosaic virus (SBWMV)***

**KARINA GRANDO TOLEDO, JUREMA SCHONS E  
ALFREDO DO NASCIMENTO JUNIOR**

**ABSTRACT-** The wheat mosaic caused by the Soil borne wheat mosaic virus (SBWMV) is vectored by the plasmodiophoromycete *Polymyxa graminis* Led., which survives in soil as resting spores and infects plant roots by means of zoospores released under favorable ambient conditions. Wheat mosaic occurs worldwide as a limiting factor to winter cereals, including triticale. The disease damage results from either single or mixed virus infections. It's control is usually restricted to resistant cultivars and to scheduling of the sowing date. The virus identification is usually performed by serological tests, although some cases may require more sensitive techniques such as RT-PCR. In 2008, there was a significant increase of wheat mosaic incidence in the Planalto Médio of Rio Grande do Sul state, in southern Brazil. Therefore, some studies were carried out at the Embrapa Trigo experimental field, in Passo Fundo county, to evaluate the effect of SBWMV on triticale genotypes, including assessments of total soluble protein, total soluble sugar, chlorophyll content, peroxidase activity, incidence and disease index, as well as plant agronomic traits. Data were subjected analysis of variance and comparison of means by Tukey test at 5% significance. All assessed

variables performed different in SBWMV infected plants. For instance, the peroxidase activity was higher, which shows the disease causes high level of stress. The disease increased gradually and it was more severe in genotypes whose symptoms appeared in early plant growth stages.

**Key-words:** peroxidase, chlorophyll, proteins, sugars, disease incidence, disease index.

## 1 INTRODUÇÃO

Primeiro cereal criado pelo homem resultante do cruzamento de trigo e centeio, o triticale teve o primeiro cultivo comercial no Brasil em 1982 (BAIER et al., 1994). A partir dessa data a área cultivada aumentou consideravelmente, ultrapassando os 130 mil hectares em 2004. Além do uso do grão, da farinha ou do produto final, a palha produzida proporciona melhorias da fertilidade, da vida microbiana, da água no solo, com redução dos efeitos nocivos da erosão (NASCIMENTO JUNIOR et al., 2005).

Os cereais são responsáveis por grande parte da produção de alimentos, fornecendo calorias e proteínas fundamentais na dieta alimentar (MUNDSTOCK, 1983).

A área cultivada com triticale, no mundo, se expande em alguns países onde há investimentos em pesquisa e demanda por alimentos. As maiores áreas cultivadas com triticale se localizam na Europa central, na Polônia e na Alemanha (NASCIMENTO & BIANCHIN, 2008).

A produção de grãos em 2008, segundo os dados do IBGE (2009) para trigo foi de 6 030 600 (t), aveia de 239 498 (t), centeio 5 167 (t), cevada 234 519 (t) e para o triticale, 185 878 (t).

Um dos fatores limitantes à cultura de cereais é a ocorrência de viroses, dentre elas o mosaico do trigo causado pelo *Soil borne wheat mosaic virus* (SBWMV), embora em outros países seja

comum sua ocorrência juntamente com o *Wheat spindle streak mosaic virus* -WSSMV (DRISKEL et al., 2002).

Segundo Reis et al. (1997), o SBWMV é uma das viroses mais importantes do trigo no Brasil, ocorrendo principalmente no planalto do Rio Grande do Sul e no Paraná, causando danos consideráveis ao rendimento de grãos. Lavouras inteiras podem ser infectadas, embora a ocorrência em reboleiras seja a mais comum.

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é afetado por bymoviroses como o *Wheat spindle streak mosaic virus* (WSSMV) e o *Wheat yellow mosaic virus* (WYMV), além de infecções por furovirus (SBWMV). WSSMV e WYMV causam sintomas de mosaico no trigo, caracterizada por cloroses, mosqueado e estrias nas folhas, bem como importantes reduções no rendimento de grãos (VAÏANOPOULOS, 2006). Em cultivares de trigo suscetíveis, nos quais a infecção inicia-se precocemente, verifica-se que as plantas são severamente atrofiadas e têm normalmente numerosos afilhos (SOUZA, 2005). Para Caetano (1982) a virose ocorre frequentemente em solos onde o pH é inferior a 6,0.

Os sintomas do mosaico do trigo variam de mosaico verde a mosaico amarelo, ocorrendo mais freqüentemente em plantas com desenvolvimento em áreas mais baixas, especialmente durante extensos períodos de frio e alta umidade do solo (DALBOSCO et al., 2002a).

Segundo Cadle-Davidson et al. (2003), os esporos de repouso do vetor podem permanecer 10 anos no solo, em condições

favoráveis e hospedeiro suscetível após o plantio o vetor infecta as raízes e o vírus (SBWMV) é liberado.

Tendo em vista a falta de informações sobre os danos causados pelo SBWMV em triticales realizou-se o presente trabalho. Com este estudo busca-se auxiliar a pesquisa científica, os programas de melhoramento genético, e os produtores desse cereal, avaliando-se as respostas de genótipos à infecção com o SBWMV, analisando-se índice de doença (ID%), incidência (Inc.), características agronômicas e aspectos bioquímicos.

Pela primeira vez no Brasil a presença do *Soil borne wheat mosaic virus* foi confirmada através de teste sorológico DAS Elisa, representando um avanço para o país na diagnose dessa virose.

O presente estudo também permitirá aos programas de melhoramento de triticales selecionar os genótipos alvo deste estudo quanto ao nível de resistência ao SBWMV.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 A cultura do triticales**

Híbrido resultante do cruzamento de trigo com centeio o triticales X *Triticosecale* Wittmack foi o primeiro cereal criado pelo homem. O triticales é produzido pelo homem com objetivo de reunir as melhores características de seus antecessores (CARVALHO et al., 2008).

Rimpau, em 1891, obteve na Alemanha, o primeiro cruzamento fértil, cujos descendentes foram estudados em vários centros de pesquisa. Sendo um híbrido artificial, o triticales combina a resistência do centeio com a qualidade e rendimento do trigo (BAIER et al., 1994).

Uma importante contribuição a pesquisa veio com a descoberta da colchicina, pois era usada para duplicação dos cromossomos. Essa técnica aliada a cultura de tecidos deu início a uma nova era, permitindo assim a produção de híbridos férteis (BAIER et al., 1994).

No Brasil uma pequena coleção de triticales originária do Canadá foi observada pela primeira vez, em 1961, no Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuária do Sul (IPEAS). As plantas apresentavam desenvolvimento vigoroso e eram resistentes às doenças, porém, eram muito tardias, altas e estéreis. Uma cooperação

sistemática entre o CIMMYT e institutos de pesquisa no Brasil teve início em 1969 (BAIER, et al., 1994).

Neste mesmo ano, genótipos primitivos de triticales foram observados e avaliados na Embrapa Trigo, em Passo Fundo, no Rio Grande do Sul. Entre as características de destaque, estão o vigor vegetativo e a sanidade das folhas. Entretanto, a cultura apresentava muitos defeitos: plantas altas, espigas grandes, grãos com características agronômicas indesejáveis, suscetibilidade à *Gibberella* e às doenças necrotróficas na espiga (BAIER, 2007).

Em 1976, duas linhagens foram lançadas como ‘Triticale BR 1’ e ‘CEP 15 Batoví’ e passaram a ser cultivadas no Brasil, entre 1986 e 1988 (BAIER et al., 1994).

O triticales teve primeiro cultivo comercial em 1982, a partir dessa data a área cultivada aumentou consideravelmente, ultrapassando os 130 mil hectares em 2004 (NASCIMENTO JUNIOR et al., 2005).

Os estados de São Paulo e Paraná (região norte) tiveram os maiores incrementos em áreas de semeadura na década de 90, pois quando comparado a outros cereais de inverno esse se adapta melhor ao estresse hídrico, a solos ácidos e possui menor custo de produção, o grão colhido tem qualidade superior e a farinha é utilizada em mesclas com farinha de trigo, para a fabricação de biscoitos e massas para usos diversos, além da formulação de rações para suínos e aves (NASCIMENTO JUNIOR et al., 2005).

### **2.1.1 Classificação botânica**

O tritcale faz parte da família Poaceae, subfamília Pooideae, Tribo Triticeae e subtribo Triticineae, espécie *X Triticosecale* Wittmack, é um anfiploide por conter os cromossomos de trigo e de centeio. O centeio cruzado com o trigo comum (*Triticum aestivum*) produz triticales octoploides que possuem 28 pares de cromossomos (21 de trigo, sete do genoma “A”, sete do genoma “B” e sete do genoma “D”, mais sete pares de cromossomas “R”, de centeio). Do cruzamento com o trigo duro resultam triticales hexaploides, possuindo sete pares de cromossomos do genoma “A”, sete pares do genoma “B” mais os sete pares do genoma “R” do centeio, podendo ser obtido também através do cruzamento de tritcale octoploide com hexaploide. Morfologicamente a planta, a espiga e o grão se assemelham mais ao trigo, sendo rústico, resistente ao acamamento e tolerante à acidez nociva do solo (BAIER et al., 1994).

### **2.1.2 Importância econômica**

Primeiro cereal criado pelo homem, com impacto econômico significativo, a tecnologia de produção do tritcale assemelha-se com a cultura do trigo. O objetivo era utilizá-lo para o consumo humano em substituição ao trigo, mas como a qualidade obtida não foi padrão, o seu uso foi destinado para a alimentação animal. É uma cultura que se adapta a diferentes condições de solo e



clima, possui potencial produtivo, além de ter uma tolerância a solos ácidos. Nos sistemas de produção agropecuários vigentes, o triticale ocupa espaço em uma ampla gama de aplicações, principalmente na alimentação de animais na forma de forragem verde, feno, silagem de planta inteira ou de grão úmido, grãos secos para rações, duplo propósito (corte e posterior colheita de grãos no rebrote), bem como na cobertura vegetal para proteção do solo e adubação verde (COMISSÃO..., 2005).

Dados do IBGE (2009) demonstram a produtividade de grãos dos cereais de inverno em 2008, sendo a de trigo de 6 030 600 (t), aveia de 239 498 (t), centeio de 5 167 (t), cevada de 234 519 (t) e triticale de 185 878 (t).

Segundo Baier et al. (1994), trabalhos realizados no Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves Concórdia/SC, concluíram que o triticale pode substituir economicamente o milho e parte do farelo de soja na formulação de rações para suínos.

Em países como Rússia e na Polônia o triticale é semeado em solos ácidos e arenosos, considerados marginais para o trigo, antes cultivados com centeio, e usado na alimentação animal e humana. Na Austrália, o triticale é cultivado para grão forrageiro ou para pastejo, em regiões semi-áridas; na Argentina é pastejado; na França, na Alemanha, na Inglaterra e nos Estados Unidos, é semeado nos solos mais pobres para alimentação animal, sendo usado na forma de feno, silagem da planta, do grão e do grão seco (BAIER et al., 1994).

A área cultivada de triticales vem aumentando em nível mundial, entre 2000 e 2005 em média +9,2% ao ano, apresentando pequeno decréscimo em 2006 (-6,8%), com produtividade média de 3.500 kg.ha<sup>-1</sup>. O Brasil aparece em oitavo lugar em área em 2006 de 99.088 ha; recentemente o cultivo de triticales está sendo deslocado das regiões tradicionais (frias) para as novas fronteiras agrícolas. O Paraná e São Paulo são os principais estados produtores seguidos pelo Rio Grande do Sul e Santa Catarina (NASCIMENTO & BIANCHIN, 2008). A Polônia (1 263 700 ha, em 2007), Biélorússia (411 300 ha, em 2007) e Alemanha (380 600 ha colhidos em 2007) são os maiores produtores e consumidores mundiais de triticales (FAO, 2009).

Além do uso do grão, da farinha ou do produto final, a palha produzida proporciona melhorias da fertilidade, da vida microbiana, da água do solo, com redução dos efeitos nocivos da erosão. Poucas espécies conseguem crescer e desenvolver em condições de déficit hídrico e elevada acidez como o triticales, retornando com benefícios econômicos (NASCIMENTO JUNIOR et al., 2005).

## **2.2 VÍRUS**

Os vírus são nucleoproteínas compostas de ácido nucléico (RNA ou DNA, mas nunca os dois tipos) revestido por uma camada protetora, o capsídeo, e proteínas, sendo parasitas intercelulares obrigatórios, que utilizam os ribossomos e os aminoácidos da célula hospedeira para síntese de suas proteínas, além dos nucleotídeos e de

certas enzimas do hospedeiro para síntese de novas cópias do ácido nucléico viral. Toda a energia necessária para esse processo também é proveniente da célula hospedeira (HULL, 2002).

Os sintomas mais comuns em viroses vegetais são desvios de cor, deformações, sintomas de necrose, também as alterações em organelas, como o cloroplasto ou o núcleo, ou em inclusões formadas por proteínas ou partículas virais. A transmissão dos vírus pode ocorrer via semente ou pólen, material propagativo, vetores (fungos, ácaros, nematóides, insetos) e mecanicamente. Os vírus têm capacidade de causar doenças (no latim vírus significa veneno), são agentes infectantes de células vivas em animais e plantas, além de outros organismos mais simples, como as bactérias (HULL, 2002).

Os vírus são capazes de induzir desordens dentro da célula vegetal que incluem alterações na fotossíntese e outras funções metabólicas, tais como a respiração, atividade enzimática, transporte de assimilados e balanço hormonal (FAJARDO et al., 2004).

Os vírus não possuem organização celular, apenas uma estrutura molecular. Essencialmente, são moléculas de nucleoproteínas auto-reprodutíveis e com capacidade de sofrer mutações. Essas duas características são típicas de seres vivos. Todavia, como não possuem organelas para lhes permitir a obtenção, armazenamento e utilização de energia, só conseguem subsistir no interior de células vivas, de cujo equipamento funcional se utiliza para obter tudo de que necessitam (HULL, 2002).

Anteriormente o SBWMV era classificado como *Tobamovirus*, mas por sugestão de Shirako & Brakke (1984) foi incluído no grupo *Furovirus* (*fungus-borne Rod-shaped virus group*), a proposta foi aprovada em 1987 pelo Comitê Internacional de Taxonomia de Vírus (BROWN, 1989).

### **2.2.1 Mosaico do trigo – *Soil-borne wheat mosaic virus***

O mosaico estriado do trigo - SBWMV membro do gênero *Furovirus*, é naturalmente transmitido pelo vetor *Polymyxa graminis* Led, um *Plasmodiophoromyceto* biotrófico parasita obrigatório de raízes de plantas. O gênero *Furovirus* caracteriza-se pela presença de um genoma de RNA bipartido, separadamente encapsidado em partículas alongadas retilíneas em forma de bastão com componentes de RNA de fita simples senso positivo, além de não serem envelopados. Os *Furovirus* têm partículas similares aos dos *Hordeivirus*, mas com dois comprimentos modais (92-160 e 250-300 nm) contendo RNAs distintos (RNA 1 de 6 a 7 Kb e RNA 2 de 3,5 a 3,6 Kb). O genoma do SBWMV consiste em dois tipos de RNA: RNA 1 (partícula longa) com 260 – 300 x 20 nm, apresentando 7099 nucleotídeos, RNA 2 (partícula curta) com 140 – 160 x 20 nm, apresentando 3593 nucleotídeos. O comprimento de partículas longas e curtas varia entre os diferentes isolados. Isolados japoneses apresentam classes de 110 – 300 nm e 160 – 300nm, enquanto que isolados nos EUA apresentam três classes de partículas: de 160 – 290 nm, 120 – 280 nm e 120 – 290 nm. A ocorrência da partícula curta é

vinte vezes maior que das partículas longas em tecidos infectados (VAN REGENMORTEL et al., 2000).

As alterações estruturais nas células de plantas infectadas pelo SBWMV no estado do Rio Grande do Sul são semelhantes às descritas nos Estados Unidos e no Japão (CAETANO et al., 1978).

O SBWMV é sorologicamente relacionado ao SrCSV (*Sorghum chlorotic spot virus*) e OGSV (*Oat golden stripe virus*). Anticorpos monoclonais anti SBWMV reagem fortemente com OGSV. Dessa forma, o que anteriormente era classificado como grupo *Furovirus* foi reclassificado em quatro gêneros: *Furovirus*, com *Soil-borne wheat mosaic virus* (SBWMV), *Pomovirus* com *Potato moptop virus*, *Pecluvirus clump virus* e *Benyvirus* com *Beet necrotic yellow vein virus*. Cada gênero é diferenciado com base no número de segmentos de RNA viral, tipos de proteínas, movimento e estrutura na seqüência de nucleotídeos na região terminal 3' e distância do parentesco filogenético baseado na seqüência de aminoácidos das proteínas (TORRANCE & MAYO, 1997).

O SBWMV é transmitido pelo plasmodioforomiceto de solo *Polymyxa graminis* Led.. Sintomas de mosaico do trigo são também observados em centeio, cevada, triticale e *Bromus* spp. O vírus sobrevive no solo durante muitos anos, em estreita relação com estruturas de repouso do vetor. A virose do mosaico do trigo é conhecida como uma importante doença desde seu primeiro registro em 1919 nos Estados Unidos, e sua natureza viral foi descoberta em 1923 por McKinney e colaboradores, sendo a primeira virose do trigo

conhecida e a primeira caracterizada com a transmissão através o solo (WIESE, 1977).

### **2.2.2 Sintomas causados pela infecção com SBWMV**

Os sintomas mais comuns observados são: o nanismo, excesso de afilamento, variações nas formas das folhas, manchas, mosaico, clorose e esterilidade. No campo, os sintomas do mosaico do trigo podem ocorrer em manchas ou reboleiras ou ainda, generalizadamente. No Rio Grande do Sul, é comum observar todo o campo com a doença, predominantemente em reboleiras. Os sintomas do mosaico do trigo, na cultura do trigo, dependem da estirpe do vírus, da cultivar utilizada e da idade do hospedeiro no momento da infecção, sendo ambos fatores altamente influenciados pelas condições ambientais (BRAKKE, 1971; BRUHEL, 1987). Em cultivares de trigo suscetíveis, nos quais a infecção inicia-se precocemente, as plantas são severamente atrofiadas e têm normalmente numerosos afilhos (SOUZA et al., 2005).

Os sintomas do mosaico do trigo variam de mosaico verde a mosaico amarelo, ocorrendo mais freqüentemente em plantas com desenvolvimento em áreas mais baixas, especialmente durante extensos períodos de frio e alta umidade do solo, sendo mais visíveis nas plantas quando a temperatura é inferior a 20 °C. Em lavouras com plantas infectadas, geralmente o pH do solo é neutro para ligeiramente alcalino (DALBOSCO et al., 2002b); contudo, para Caetano (1982),

tem sido freqüente, no sul do Brasil, a ocorrência do SBWMV em lavouras de trigo estabelecidas em solos com pH inferior a 6,0.

Estudos realizados por Dalbosco et al. (2002b), envolvendo cultivares de trigo e triticale, demonstraram que em algumas cultivares de trigo a virose induziu afilhamento excessivo, e que nesses casos o número de afilhos foi superior nas plantas sintomáticas, quando comparadas a plantas assintomáticas. No entanto não foram observadas diferenças significativas para cultivares de triticale.

Brakke et al. (1965) observaram o movimento do vírus em raízes e plântulas de cultivares resistentes e suscetíveis. Porém, o vírus aparece acumulado em maiores extensões nas raízes de cultivares suscetíveis. As cultivares de trigo resistentes e suscetíveis são um reservatório do vírus e do vetor, contribuindo para o potencial da doença na estação seguinte.

Segundo Wiese (1977), a infecção logo após a semeadura, permite alta multiplicação do vírus e causa danos maiores à planta, predispondo-a a doenças fúngicas e injúrias pelo frio e geadas. Campos com uniformidade de doença frequentemente exibem cloroses conforme a distribuição do vetor, *P. graminis*, o qual se encontra com facilidade em solos com alta umidade.

### **2.3 O vetor**

Embora *P. graminis* seja um parasita obrigatório de raízes de cereais, não é considerado um patógeno, pois não causa qualquer

doença, e não parece reduzir o rendimento das culturas. No entanto é vetor de várias viroses de plantas que causam graves danos (KANYUKA et al., 2003). Esta espécie produz zoósporos biflagelados, os quais nadam para a superfície dos pelos radiculares da epiderme das raízes onde encistam, infectando o protoplasto das células atacadas.

Este protoplasto se divide para formar um plasmódio multinucleado, que se transforma em um zoosporângio, esta estrutura produz zoósporos secundários encarregados de continuar o processo de infecção. Em condições adversas, os plasmódios produzem estruturas de repouso chamadas citosporos, os quais podem sobreviver vários anos na ausência do hospedeiro e condições ambientais favoráveis. Este fungo foi descrito pela primeira vez como parasita das raízes de trigo no Canadá em 1939. Este parasita receberia uma importância maior, logo que seu papel foi confirmado como vetor de vírus de importância econômica em regiões temperadas. O *P. graminis* foi também reconhecido como vetor de vírus em regiões tropicais da África Ocidental e na Índia. Recentemente se foi comprovado que isolados na Índia tem exigências diferentes de temperaturas dos originários da Europa e da América do Norte. O ciclo biológico ótimo para o *P. graminis* ocorre entre 27-30 °C (temperatura noite e dia), visto que os isolados deste fungo provenientes de clima temperado se desenvolvem muito bem entre 15 – 18 °C. Os isolados tropicais não causaram níveis de infecção significativos a temperaturas (noite-dia) entre 19-22 °C.



Em 1988, Fauquet e outros pesquisadores, observaram que a incidência da doença na África Ocidental, e variava consideravelmente conforme o ano e a estação, desde ausência total de sintomas até infecção de todas as plantas de um lote. Também observaram que as epidemias ocorriam quando períodos curtos de chuva alternavam com períodos longos de estiagem. Estas condições ocorrem frequentemente no início da estação chuvosa, tempo em que semeia o arroz na África Ocidental. Este fenômeno foi observado depois de um período de chuva intermitente e um período de estiagem prolongada. A disponibilidade e falta de água tem sido a base para o desenvolvimento de métodos de produção de zoósporos em condições experimentais (MORALES, 2001).

O processo pelo qual o fungo *P. graminis* adquire o vírus e, como os vírus entram no citoplasma das células das plantas, ainda é desconhecido. Entretanto, é possível que isso ocorra quando os zoósporos penetram nas células hospedeiras e transferem o seu conteúdo no citoplasma da planta, ou quando o plasmódio está no estágio esporogênico do *P. graminis*, quando há somente uma fina membrana separando-o do citoplasma da planta. Os vírus adquiridos são possivelmente levados para dentro dos esporos de repouso e dos zoósporos, não podem ser removidos dos zoósporos por lavagem ou inativados por aplicação de anti-soro. Além disso, a 37 °C, os esporos de resistência se mantêm virulíferos, mesmo após o tratamento com NaOH e HCl diluídos. Partículas de BaMNV foram observadas dentro dos zoósporos e zoosporângios, no entanto, isso não foi demonstrado ainda para os esporos de repouso, principalmente devido à

impermeabilidade de sua parede com varias camadas de células, o que dificulta o estudo de sua ultra-estrutura. Não é sabido se o vírus é capaz de se replicar dentro do fungo *P. graminis*, mas há evidência indireta que sugere que ele não possa, pelo menos para BaMNV.

Quando isolados virulíferos do *P. graminis* cresceram em raízes de plantas hospedeiras resistentes ao vírus, os zoósporos liberados não continham ou transmitiram o vírus por muito tempo (KANYUKA et al., 2003).

*P. graminis* foi detectado nas raízes da cultura de trigo, cevada, arroz, aveia, centeio, sorgo e de espécies de milho, grama bermuda, erva fina, bem como em diversas gramíneas temperadas *Agrostis*, *Dactylis*, *Festuca*, *Poa* e espécies de *Phleum* (Langernberg, appud KANYUKA et al., 2003).

Segundo Cadle-Davidson et al. (2003) os esporos de repouso do vetor podem permanecer 10 anos no solo, e quando as condições são favoráveis e o hospedeiro é suscetível, após o plantio o vetor infecta as raízes e as partículas virais do SBWMV são liberadas.

Segundo Driskel et al. (2004), *P. graminis*, parasita biotrófico de muitos cereais, é distribuído em todo o mundo, sendo vetor de vírus de plantas pertencentes aos gêneros Furovirus, Bymovirus, e Pecluvirus. Nos Estados Unidos, *P. graminis* transmite dois vírus que causam perdas significativas no rendimento de trigo, o SBWMV e o WSSMV.

### 2.3.1 Ciclo de vida do *Polymyxa graminis*

O fungo apresenta duas fases de desenvolvimento. Ambas iniciam por infecção de zoósporos e apresentam plasmódios multinucleados como formas de crescimento. Os plasmódios tanto desenvolvem em zoosporângios, os quais produzem zoósporos, ou estruturas de repouso (SOUZA et al., 2005).

Os fatores que influenciam a transmissão do vírus são os mesmos que afetam o desenvolvimento do vetor (CHEN et al., 1995). Os zoosporos do fungo requerem umidade para sua mobilidade, assim, as infecções são mais evidentes após extensivos períodos úmidos, favorecendo a infecção com SBWMV. A temperatura ideal para o desenvolvimento do vetor é de 18 °C (HIMMEL et al., 1992).

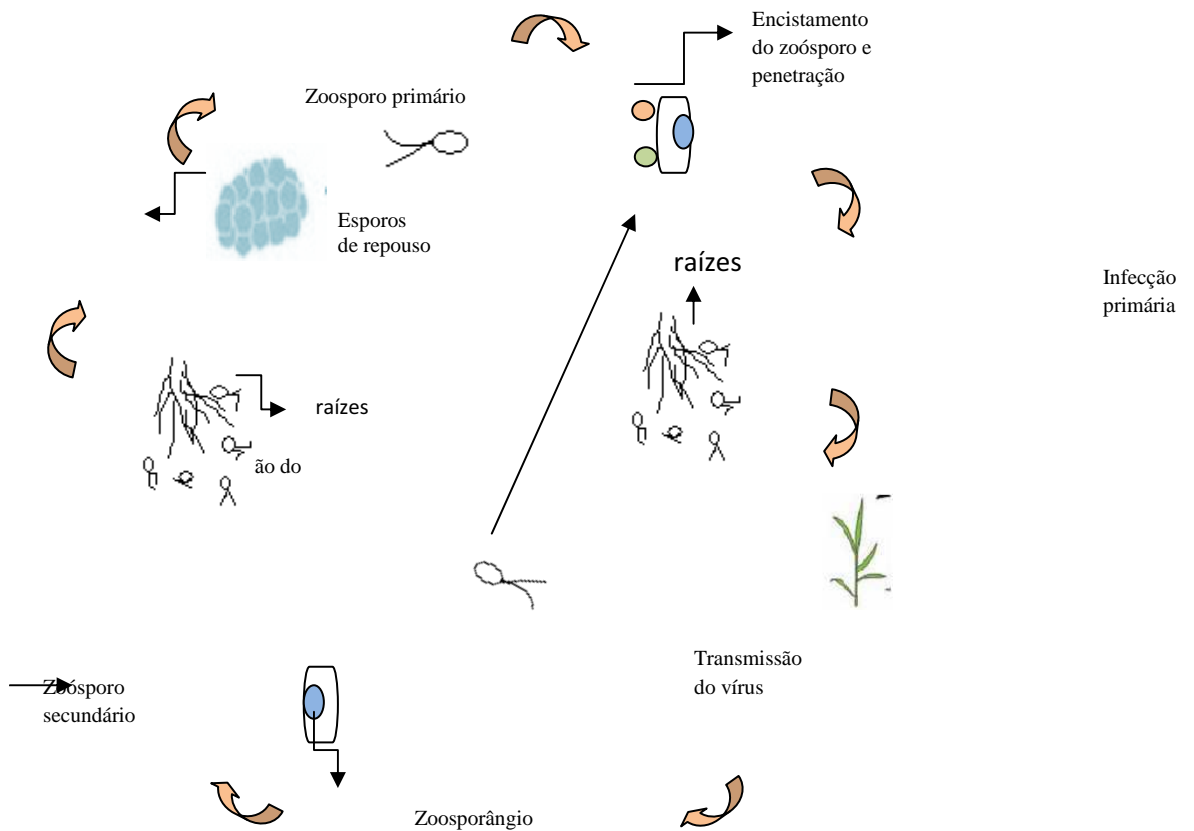
Segundo Kanyuka et al. (2003) o *P. Graminis* tem o ciclo de vida característico da maioria dos plasmodiofomicetos:

1° fase- esporangial, resultando na produção de zoósporos.

2° fase- esporogênese, resultando na produção de esporos de resistência.

Cada fase é iniciada pela liberação de zoósporos e penetração das células epidérmicas ou de pelos radiculares (Figura 1). Este último processo é único para os plasmodioforomicetos e envolve o encistamento dos zoósporos na superfície da parede celular das células hospedeiras, o desenvolvimento no zoósporo encistado de uma estrutura tubular denominada de Rohr que contém um corpo denso, a produção de uma protuberância adesiva (apressório do zoósporo

encistado), injeção quase instantânea e conteúdo do zoósporo através do apressório que atravessa a parede celular.



**Figura 1-** Ciclo de vida do *Polymyxa graminis* no solo

## 2.4 Influência do ambiente na expressão da doença

A temperatura, aliada à quantidade de inóculo, pH do solo, precipitações pluviométricas, estágio de desenvolvimento das plantas

e suscetibilidade de cultivares, são fatores determinantes para que ocorra a doença. Segundo Kanyuka *et al.* (2003), os efeitos dos fatores ambientais sobre o desenvolvimento de *P. graminis* tem sido estudados em casa de vegetação usando irrigação. Isolados de climas temperados foram capazes de crescer e infectar raízes de cevada em uma ampla gama de temperaturas, mas o desenvolvimento mais rápido ocorreu entre 17-20 °C, com um tempo mínimo de inoculação, com esporos de repouso secundário e produção de zoósporos, em cerca de duas semanas.

Segundo o Centro de Meteorologia da Embrapa Trigo-Passo Fundo, no mês de junho de 2007 a precipitação pluvial foi de 68,2 mm, bem abaixo da média que fica em torno dos 129 mm. No mês julho, foi registrado um total de 325,7 mm, 172,3 mm a mais que a média normal para o mês. Em 2008 o mês de junho registrou precipitação de 232,2 mm, ou seja, 102,8 mm a mais que a média normal para o mês; entre os dias 11 e 20 de junho a média máxima da temperatura do ar ficou em 17 °C. Já o mês de julho de 2008 caracterizou-se por uma quantidade de chuva reduzida e valores de temperatura do ar e do solo acima da média, a média máxima da temperatura do ar ficou em torno de 21,8 °C, a temperatura do solo ficou em 14,8 °C. Tendo em vista alta precipitação em junho não é possível considerar que a diminuição da chuva em julho possa ter causado impacto negativo a agricultura. Em agosto os valores de temperatura e precipitação pluvial foram próximos dos normais destacando a temperatura do solo 0,9 °C acima da média normal. Segundo Driskel *et al.*, (2002) a melhor temperatura para a

transmissão do SBWMV fica entre 21 e 23 °C em plantas inoculadas mecanicamente. Segundo Morales (2001) a disponibilidade de água livre no solo pode aumentar a ocorrência da doença devido a facilitação da migração dos zoósporos para as raízes das plantas.

Nos EUA os sintomas são primeiramente observados em fevereiro ou março, quando a temperatura atinge 15 e 25 °C, desempenhando um papel importante na transmissão SBWMV; a temperatura e a umidade são essenciais para uma infecção bem sucedida, pois o deslocamento do vetor depende desses fatores (DRISKEL et al., 2002). A umidade do solo também é um fator fundamental para a transmissão do vírus e o deslocamento dos zoósporos no solo (CADLE-DAVIDSON et al., 2003).

## **2.5 Danos causados pelo SBWMV**

A virose provocada pelo SBWMV causa diversos danos às culturas de cereais de inverno, com reduções do rendimento de trigo de 31 a 85% (WADSWORTH & YONG (1953); HUNGER et al. (1989), CHEN & WILSON 1995; SCHONS & DALBOSCO 2000; DALBOSCO et al., 2002b).

Segundo Dalbosco et al., 2002b em cultivares de triticale, a redução no número de grãos por planta foi de 39,5 a 49,3%; houve redução também no peso de mil grãos (PMG) 23,0 a 30,5%. As reduções observadas no PMG levaram a conclusão que a virose

causada pelo SBWMV reduz efetivamente a produtividade e a qualidade do grão de tritcale.

Eversmeyer et al. (1983) constataram que temperaturas continuamente abaixo de 15 °C, provavelmente, permitem manter o SBWMV durante o desenvolvimento do trigo. Períodos com temperatura acima de 15 °C estimulam o crescimento rápido do trigo e tendem a minimizar os danos.



**Figura 2-** Sintomas típicos de mosaico estriado causado pelo SBWMV.

## 2.6 CONTROLE

O controle das viroses vegetais deve ser preventivo, tendo em vista que ainda não se conhecem substâncias capazes de impedir a replicação ou o movimento viral no hospedeiro, sem também prejudicar o metabolismo da planta (HADIDI et al., 2002).

Em trigo, é provável que a resistência à doença aconteça nas raízes restringindo a multiplicação do vírus ou transporte do vírus pelo sistema vascular das raízes para as folhas (KANYUKA et al., 2003).

As medidas de controle para mosaico do trigo abrangem rotação de culturas com espécies não hospedeiras, embora essa prática diminua o inóculo no campo mas não elimina a presença da doença devido ao vetor sobreviver por muitos anos no solo (CHEN & WILSON, 1995). Outras medidas como atraso na semeadura pode ser uma importante estratégia no controle da doença além do uso de cultivares resistentes (DALBOSCO et al., 2002a).

Bowen et al. (2003) afirmam que além da escolha da cultivar a drenagem da água do solo ajuda a controlar a incidência de SBWMV, sendo que a água livre no solo é fator determinante para o sucesso da infestação das raízes pelo vetor.

Carvalho (1981) aponta como estratégias para o controle de fitoviroses: o controle ou eliminação da fonte de inóculo e controle do vetor. Considerando que não são conhecidos mecanismos



eficientes para o controle do vetor, métodos alternativos devem ser utilizados.

## **2.7 CARACTERIZAÇÕES BIOQUÍMICAS**

### **2.7.1 Peroxidases**

As peroxidases catalisam a oxidação de grande variedade de moléculas orgânicas usando peróxidos como substratos (BAADER, 1989). A peroxidase está presente em tecido animal e vegetal. E é chamada de enzima termoestável porque pode regenerar sua atividade após tratamento térmico (FATIBELLO & VIEIRA, 2002).

A atividade da peroxidase está intimamente relacionada ao nível de estresse da planta. Na Alemanha, o aparecimento de manchas fisiológicas, aparentemente oriundas de um desequilíbrio metabólico genético, aumentou consideravelmente a atividade da enzima nos cultivares sensíveis e em tecidos mais severamente afetados (WU & TIEDEMANN, 2002).

As peroxidases aumentam sua atividade em resposta ao estresse, e um de seus principais papéis é promover a proteção da célula. A relação positiva entre a atividade da peroxidase e a resistência de plantas a doenças tem sido relatada por muitos autores, sendo que o aumento da atividade desta enzima durante o desenvolvimento de doenças se correlaciona com a expressão de

resistência em diferentes interações patógeno-hospedeiro (SOARES et al., 2004).

As peroxidases são enzimas relacionadas com a síntese da parede celular, bem como na prevenção da oxidação da membrana de lipídios (BROETTO et al., 1997).

A enzima peroxidase em geral associa-se ao aumento da lignificação das paredes celulares (HAMMERSCHMIDT et al., 1982).

A presença da peroxidase, fora da célula estimulada durante o ataque de patógenos e/ou indução de resistência, sua afinidade por substratos envolvidos na lignificação, assim como sua capacidade de formar peróxidos de hidrogênio, a envolvem com processos de formação de barreiras físicas que podem limitar o crescimento de patógenos (BIRECKA et al., 1975).

A peroxidase está relacionada com processos de crescimento e diferenciação celular e de mudanças morfogenéticas em resposta ao estresse seja ele, químico, físico ou biológico. Quando as plantas são expostas a esses fatores, o aumento da atividade da peroxidase pode ser fator determinante da capacidade de adaptação das plantas, podendo essa ser utilizada como um marcador bioquímico de estresse (PISA et al., 2003).

Van Loon & Callow (1983) acreditam que os produtos da peroxidase na presença de um hidrogênio doador podem ter efeito antimicrobiano e também contra os vírus vegetais.

Segundo Maciel et al. (2007), a peroxidase tem importância fisiológica no controle do crescimento, lignificação, biossíntese da parede celular, defesa contra patógenos podendo ainda causar mudanças indesejáveis no aroma, gosto, cor, textura e também a perda de nutrientes em alimentos.

Souza et al. (2005) detectaram aumento da atividade peroxidase em quatro genótipos de trigo com sintomas do *Soil borne wheat mosaic virus* quando comparadas a plantas sem sintomas da doença.

O aumento da atividade da peroxidase também foi relatado por Colombo (2002), em cultivares de trigo inoculadas com o vírus do nanismo amarelo da cevada (BYDV), que constatou maior atividade da enzima em plantas que não tiveram suas sementes tratadas com imidaclopride.

Binotto-Missiura (2005) observou significativo aumento da atividade de peroxidase em cultivares de melancia infectados com *Papaya ringspot virus type W*.

Resultados semelhantes foram encontrados por Schons (1997) em cultivares de batata infectadas com o vírus do enrolamento da folha, onde as plantas doentes apresentaram sempre maior atividade da enzima quando comparadas às sadias.

Em outro estudo, foi também observado o aumento da atividade da peroxidase em plantas de soja (*Glycine max* M.), quando

infectadas com *Soybean mosaic virus* (Vega, appud, BINOTTO-MISSIURA, 2005).

### **2.7.2 Proteínas**

As proteínas são polímeros que determinam a forma e a estrutura da célula desempenhando várias funções biológicas. O estresse causado por doenças ou outros fatores podem diminuir o teor de proteínas solúveis totais, isso está relacionado com a capacidade da planta para enfrentar um ambiente desfavorável ao seu desenvolvimento, variando de espécie para espécie, ou seja, uma condição estressante para um genótipo pode não ser para outro (NETO, 2009).

As proteínas relacionadas à patogênese “Pathogenic related Protein” (PR-proteínas) são sintetizadas a partir de uma situação adversa ao desenvolvimento da planta (LECHINOSKI, 2007).

A indução das PR-proteínas não é exclusividade das doenças viróticas, podendo ser codificadas quando há outros tipos de doenças e por uma diversidade de compostos químicos (Van Loon, appud, SOUZA et al., 2005).

Lechinoski et al. (2007) demonstraram que plantas de Teca (*Tectona grandis* L.f.) submetidas a estresse hídrico tiveram os níveis de proteínas solúveis totais drasticamente reduzidos, confirmando as afirmações de VAN LOON (1970).

Binotto-Missiura (2005) observou que plantas de melancia infectadas com PRSV-W apresentaram redução significativa nos teores de proteínas solúveis totais quando comparadas a plantas saudáveis em quatro cultivares. Schons et al. (1995) também observaram decréscimo nos níveis de proteínas solúveis totais em cultivares de melancia infectadas com PRSV-W.

Schons et al. (2000) e Souza et al. (2005) observaram a diminuição de níveis de proteínas solúveis em cultivares de trigo infectados com o vírus do mosaico do trigo (SBWMV) quando comparadas a plantas saudáveis.

Lanzarini (2006) constatou que, em cinco cultivares de trigo infectadas com *Barley yellow dwarf virus* (BYDV), houve uma redução no teor de proteínas solúveis infectadas com o vetor *R. padi*.

### **2.7.3 Açúcares solúveis totais**

Os polissacarídeos constituem fonte de energia celular e, são importantes constituintes da parede celular. Alguns vírus podem promover acúmulo de carboidratos, e aumento no teor de açúcares totais possivelmente pela dificuldade de translocação dos fotoassimilados, esta é uma característica principalmente de vírus que se movimentam via floema nas plantas, também chamada infecção sistêmica (JENSEN, 1969).

Os carboidratos são constituintes bioquímicos mais abundantes nos vegetais, chegando a representar 50 a 80% do peso

seco total destes. Eles são importantes fontes de energia e compõem a parte estrutural das células (KAYS, 1991).

O carbono é reduzido à nível de carboidrato e a energia liberada pode ser usada na forma de ATP, durante a respiração (DAVIES et al., 1969). O carbono é assimilado e convertido em açúcares, sendo que uma fração desse carbono fica nas folhas para que haja o crescimento e metabolismo desses órgãos fotossintetizantes (HOPKINS, 1995).

Foram observados por Lanzarini (2006) aumento no teor de açúcares em plantas de trigo infectadas com *Barley yellow dwarf virus* – PAV; da mesma forma em genótipos de trigo com sintomas de *Soil borne wheat mosaic virus* por Souza et al. (2005).

Schons (1997) constatou aumento de teores de açúcares totais em três cultivares de batata infectadas com o vírus do enrolamento da folha (PLRV).

Binotto-Missiura (2006) também comprovou o aumento de açúcares solúveis em plantas de melancia infectadas com *Papaya ringspot virus type W*.

Gonçalves et al. (2005) observaram que a infecção pelo ScYLV em cana-de-açúcar provoca alterações no metabolismo fotossintético e distúrbios no metabolismo de carboidratos de plantas. Um desequilíbrio de pigmentos fotossintéticos em plantas infectadas pelo ScYLV, particularmente em plantas que apresentam sintomas

graves amarelecimento, e acúmulo de açúcares solúveis totais nas folhas.

Behl & Chowfla (1991) observaram uma redução significativa nos teores de açúcares totais em variedade de tomate suscetível ao PVY.

Colombo (2002) observou diminuição nos teores de açúcares solúveis em plantas de aveia não tratadas com o inseticida imidaclopride e infectadas com BYDV.

Segundo Zhou et al. (2004) plantas de batata infectadas pelo PVY apresentaram uma produção de tubérculos 20% menor quando comparadas com plantas-controle. As plantas infectadas mostram fortes alterações morfológicas e fisiológicas, associadas com mudanças na estrutura e função dos cloroplastos. O ataque pelo PVY resulta na diminuição na fotossíntese, principalmente pela interferência com os processos enzimáticos no ciclo de Calvin, que resultam em uma regulação no transporte de elétrons.

Fisiologicamente uma infecção viral sistêmica pode diminuir a concentração de clorofila, o que pode estar relacionado com a destruição de cloroplastos em plantas infectadas por vírus, o que diminuiria a taxa fotossintética. No entanto, a infecção sistêmica viral pode aumentar os teores de açúcares nas plantas acometidas por estas moléstias (SCHONS, 1997).

#### 2.7.4 CLOROFILA

A fotossíntese é o processo pelo qual as plantas verdes transformam energia radiante em energia química. A reação entre gás carbônico e água produz carboidratos e oxigênio, acontece na presença de luz e é confinada nos cloroplastos. A síntese de carboidratos implica em disponibilidade de energia química, e pode ser utilizada pela célula em vários processos metabólicos. Dentre os componentes específicos dos cloroplastos, os mais importantes são os pigmentos, principalmente a clorofila (MAGALHÃES, 1979).

O cloroplasto é o sítio da fotossíntese, as reações de captação de luz ocorrem nos tilacóides e a seqüência na qual a energia é usada para sintetizar compostos contendo carbono no estroma. Durante a fotossíntese parte dos fotoassimilados são temporariamente armazenados nos cloroplastos como grão de amido, à noite a sacarose produzida a partir do amido é exportada pela folha (RAVEN, 1996).

Lanzarini (2006) observou diminuição no teor de clorofila em cultivares de trigo infectadas pelo BYDV. Estudos feitos em cana-de-açúcar infectadas pelo *Sugarcane yellow leaf virus* demonstraram redução na eficiência da fotossíntese, decréscimo no teor de clorofila e diminuição nas taxas de troca líquida de CO<sub>2</sub> (GONÇALVES et al., 2005). De maneira semelhante, em alface infectadas com LMV-IV Jadão et al. (2004) observaram a redução do teor de clorofila.



## CAPÍTULO I

### INCIDÊNCIA, ÍNDICE DE DOENÇA E ALTERAÇÕES METABÓLICAS CAUSADAS PELO *Soil borne wheat mosaic virus* EM QUATRO GENÓTIPOS DE TRITICALE

KARINA GRANDO TOLEDO<sup>1</sup>, JUREMA SCHONS<sup>2</sup> E  
ALFREDO DO NASCIMENTO JÚNIOR<sup>3</sup>

**RESUMO** – Entre os fatores limitantes das culturas de cereais de inverno estão as viroses, o mosaico do trigo é uma das patologias importantes desses cereais. A fim de determinar o efeito do mosaico do trigo causado pelo *Soil borne wheat mosaic virus* - SBWMV sobre a cultura do triticale foi conduzido um estudo, no campo experimental da Embrapa Trigo – Passo Fundo- RS, utilizando quatro genótipos de triticale. Avaliou-se a resposta de cada genótipo ao mosaico do trigo, onde foram avaliadas a incidência e o índice de doença. Para verificar a relação entre a infecção viral e as alterações metabólicas nas plantas, foram determinados os teores de proteínas

---

<sup>1</sup>Bióloga, mestranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMV) da Universidade de Passo Fundo (UPF), Área de Concentração em Fitopatologia.

<sup>2</sup>Orientadora, Bióloga, Doutora em Ciências Biológicas, professora do PPGAgro da FAMV e ICB/UPF.

<sup>3</sup>Co-orientador, Eng.-Agr., Doutor em Fitotecnia, e pesquisador da Embrapa-Trigo.

solúveis, teores de açúcares totais, atividade da peroxidase e o teor de clorofila, comparando-se plantas sadias com infectadas. Foram realizadas quatro avaliações, em diferentes estádios das plantas para o cálculo da incidência e índice de doença. As variáveis bioquímicas foram analisadas 80 dias após a emergência. Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey (5%). A infecção causada pelo SBWMV foi confirmada através do teste sorológico DAS-Elisa pela primeira vez no Brasil. Constatou-se que a doença progride gradativamente, sendo que apenas a linhagem PFT 307 não mostrou alterações significativas em nenhuma das variáveis; nos demais genótipos os níveis de proteínas solúveis e peroxidase foram aproximadamente três vezes maiores nas plantas doentes, enquanto houve redução nos teores de açúcares totais e no teor de clorofila.

**Palavras-chave:** *X Triticosecale* W., proteínas, açúcares, peroxidase, clorofila.

**DISEASE INCIDENCE, DISEASE INDEX, AND PLANT  
CHANGES CAUSED BY *Soil borne wheat mosaic virus* ON  
FOUR TRITICALE CULTIVARS**

**KARINA GRANDO TOLEDO, JUREMA SCHONS E  
ALFREDO DO NASCIMENTO JÚNIOR**

**ABSTRACT** – Sustainable production of winter grain cereals is affected by plant viruses including the wheat mosaic virus. In order to determine the effects of SBWMV on triticale, field experiments were performed at the Embrapa Trigo, in Passo Fundo-RS, where four genotypes were evaluated regarding disease incidence and disease index. Also, the levels of soluble proteins, soluble sugars, peroxidase activity, and chlorophyll between healthy and infected plants were determined to account for plant metabolic changes caused by the viruses. Disease parameters were based on four disease assessments carried out at different plant growth stages. Biochemical variables were evaluated at 80 days after germination. All data was subjected to variance analyses and comparison of means by Tukey test at 5% significance. The presence of the SBWMV was confirmed by DAS-Elisa. The disease increased gradually along the season and resulted in protein and peroxidase levels three times higher on diseased plants, with lower amounts of sugars and chlorophyll. Only the PFT 307 genotype did not show significant changes for the variables evaluated in this study.

**Key-words:** *X Triticosecale* W., wheat mosaic, proteins, sugars, peroxidase, and chlorophyll.

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, os cereais de inverno são acometidos por diversas doenças, entre elas as viroses, sendo que uma das mais limitantes é o mosaico comum do trigo, causado pelo *Soil borne wheat mosaic virus* - SBWMV (REIS et al., 1997).

O SBWMV é transmitido pelo plasmodioforomiceto *P. graminis*, que infesta naturalmente o solo. Experimentos conduzidos nos EUA mostram que apenas três dias de diferença na época de plantio pode dar resultados significativamente distintos na incidência da virose. Isso sugere elevada interação com o ambiente, sendo que a transmissão é presumivelmente, definida pelas condições de solo e ambiente logo após a semeadura (CADLE-DAVIDSON et al., 2006b).

Os sintomas mais comumente observados no campo são: nanismo, excesso de afilhamento e variações nas formas de folhas, manchas, mosaico, clorose e esterilidade de espigas. No Rio Grande do Sul, é comum observar em todo o campo, sintomas da doença, freqüentemente em reboleiras (SOUZA et al., 2005). Em lavouras com plantas infectadas, geralmente o pH do solo é neutro para ligeiramente alcalino (CAETANO, 1982).

Vários autores têm relatado alterações metabólicas promovidas por viroses em cereais de inverno. Colombo (2002) verificou aumento no teor de proteínas em plantas de aveia infectadas com *Barley yellow dwarf virus*-BYDV, e Souza et al., (2005) verificaram alterações no teor de proteínas solúveis, açúcares totais, e

atividade da peroxidase em plantas de trigo infectadas com SBWMV. Os vírus, são capazes de induzir desordens dentro da célula vegetal que incluem alterações na fotossíntese e outras funções metabólicas, tais como a respiração, atividade enzimática, transporte de assimilados e balanço hormonal (FAJARDO et al., 2004).

O presente estudo objetivou avaliar a incidência, o índice de doença, teor de proteínas, açúcares totais, clorofila e a atividade da peroxidase em quatro genótipos de triticales *X Triticosecale* W. infectadas com o SBWMV.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Local de execução**

O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Trigo em Passo Fundo/RS, onde avaliaram-se a incidência e índice de doença. As análises de teor de proteínas, açúcares totais, atividade da peroxidase e clorofila foram realizadas no Laboratório de Virologia Vegetal da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo (FAMV/UPF).

### **2.2 Instalação e condução**

Quatro genótipos de triticales (*X Triticosecale* W.) - BRS Ulisses, Embrapa 53, IPR 111 e PFT 307 (Tabela 1) – foram semeados em 02/07/2008, em solo naturalmente infestado com o vetor

do SBWMV, o plasmodioforomiceto *Polymyxa graminis* (L.). O plantio direto foi realizado em sucessão a cultura de feijão, no verão e trigo no inverno. A densidade de semeadura foi de aproximadamente 200 sementes/m<sup>2</sup>, a adubação de base foi feita usando 300 kg.ha<sup>-1</sup> da fórmula NPK (5:25:25), a adubação de cobertura, foi realizada a lanço no início do afilhamento com 50 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na forma de uréia.

Aplicações de fungicidas com pulverizador de barra, tracionado por trator agrícola foram realizadas periodicamente, sendo, 1<sup>a</sup> aplicação em 29/07 com trifloxistrobina + tebuconazole (0,75 L.ha<sup>-1</sup>); 2<sup>a</sup> aplicação em 26/08 com tebuconazole (0,75 L.ha<sup>-1</sup>), 3<sup>a</sup> aplicação em 24/09 com azoxistrobina + ciproconazole (0,3 L.ha<sup>-1</sup>).

Com objetivo principal de evitar a ocorrência de pulgões potenciais vetores de viroses, foram aplicados os inseticidas nas parcelas, com auxílio de pulverizador de barras e canhão, tracionados por trator agrícola, respeitando bordadura de pelo menos 20m sendo: 1<sup>a</sup> aplicação em 16/07 com tiametoxam + lambda-cialotrina; 2<sup>a</sup> aplicação em 23/07 com permetrina (0,65 L.ha<sup>-1</sup>); 3<sup>a</sup> aplicação em 29/07 com tiametoxam + lambda-cialotrina (0,15 L.ha<sup>-1</sup>); 4<sup>a</sup> aplicação em 26/08 com clorpirifós (1,0 L.ha<sup>-1</sup>); 5<sup>o</sup> aplicação em 24/09 com clorpirifós (1,0 L.ha<sup>-1</sup>).

O controle de plantas daninhas foi realizado com herbicidas em quatro aplicações, sendo: 1<sup>a</sup> aplicação em 16/07 com Iodosulfuron-metílico (0,1 kg.ha<sup>-1</sup>); 2<sup>a</sup> aplicação em 23/07 com bentazona 600(2,0 L.ha<sup>-1</sup>); 3<sup>a</sup> aplicação em 24/07 com Iodosulfuron-metílico (0,1 kg.ha<sup>-1</sup>); 4<sup>a</sup> aplicação em 05/08 com clodinafop-propargil

(0,25 L.ha<sup>-1</sup>), também com auxílio de pulverizador de barras e canhão, tracionados por trator agrícola.

**Tabela 1** - Genótipos utilizados no experimento e respectivos cruzamentos e origem

Genótipos	Cruzamentos	Origem
BRS Ulisses	ERIZO/NIMIR	Cimmyt
Embrapa 53	LT1117.82/CIVET/TATU	Cimmyt
IPR 111	ANOAS5/STIER13	Cimmyt
PFT 307	PFT312/PFT511	Embrapa trigo

**Tabela 2-** Reação de genótipos de triticales ao *Soil borne wheat mosaic virus* – SBWMV (COMISSÃO..., 2008)

Genótipos	Reação ao SBWMV
<b>BRS Ulisses</b>	MS
<b>Embrapa 53</b>	R
<b>IPR 111</b>	MS
<b>PFT 307</b>	MR

R= resistente MR= moderadamente resistente MS= moderadamente suscetível



### **2.3 Delineamento experimental**

O experimento foi organizado no delineamento de blocos ao acaso, com três repetições, nas quais cada unidade experimental constou de três linhas com 20 m de comprimento, espaçadas entre si por 0,2 m. Ao longo da linha central de cada parcela, marcou-se um metro linear com plantas sintomáticas e outro com plantas assintomáticas para as avaliações.

### **2.4 Variáveis analisadas**

A presença do SBWMV foi confirmada através de teste sorológico DAS-Elisa (“Double Antibody Sandwhich – Enzyme Linked Imunosorbent Assay”). Por meio de análises bioquímicas determinou-se a atividade da peroxidase, o teor de proteínas solúveis, o teor de açúcares totais e o teor de clorofila das plantas infectadas e sadias de cada genótipo. Paralela a essas análises avaliou-se a incidência (Inc.%) e o índice de doença (ID%).

#### **2.4.1 Material vegetal**

O material vegetal analisado quanto à resposta ao mosaico do trigo constou de plantas infectadas e sadias, coletadas aos 80 dias após a semeadura nos quatro genótipos de triticales. Para as determinações bioquímicas foram utilizadas 15 plantas sintomáticas e 15 assintomáticas, de cada cultivar e repetição.

### 2.4.2 Teste sorológico DAS Elisa

A fim de confirmar a infecção viral realizou-se o teste sorológico DAS-Elisa para o qual foram coletadas, aleatoriamente, plantas com e sem sintoma da virose dos quatro genótipos, que foram envoltas em papel alumínio e armazenadas em câmara fria a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente as amostras (raiz, colmo e folha) foram maceradas, separadamente, em cadinho de porcelana com tampão de extração na proporção de 100:1000, ou seja, 100 mg de tecido vegetal para 1 mL de tampão (protocolo descrito por Clark e Adams (1977)), com anti-soros monoclonais da Agdia Inc. Elklan-USA. A leitura da absorbância (405 nm) foi realizada em espectrofotômetro modelo Rosys Anthos 2010.

### 2.4.3 Determinação da atividade da peroxidase (EC 1.11.1.7)

Para determinação da atividade da peroxidase foi utilizado o método de Allain *et al.* (1974) adaptado por Schons (1997). O extrato vegetal foi obtido pela maceração de 500 mg de tecido vegetal fresco em 5 mL da solução tampão fosfato ( $\text{PO}_4$ , 0,2M) com pH 6,7. Para completar a reação foram usadas duas soluções, identificadas como A e B, onde A foi preparada com diluição de 2,2 mL de  $\text{H}_2\text{O}_2$  30% em 10mL de água, de onde retirou-se 0,5 mL e completou-se até 50 mL com solução tampão ( $\text{PO}_4$ , 0,2M, pH 6,7); a solução B foi preparada pela diluição de 0,163 mg de ácido fenólico em 80 mL de água + 81,3

mg de aminoantipirina, diluído em 10 mL de H<sub>2</sub>O, completando para 100 mL de solução.

O meio de reação foi preparado em tubo de ensaio, com 0,04 mL da amostra, 0,96 mL de tampão (PO<sub>4</sub>, 0,2M, pH 6,7), 0,5 mL da solução B e 0,5 mL da solução A, logo após, o meio de reação foi colocado em banho-maria por cinco minutos a 30 °C.

A reação foi inativada com álcool absoluto (2 mL), sendo a leitura feita imediatamente após em espectrofotômetro (505 nm). A atividade da peroxidase foi expressa em  $\mu\text{Mol}$  de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> decomposto por  $\text{min.mg}^{-1}$  de proteína, sendo calculada pela fórmula:

$$U = \frac{L * VT}{6,58 * T}$$

**u** = unidade da atividade peroxidase; **L**= leitura (absorbância a 505nm); **VT** = volume total da reação (2mL); **t** = tempo de reação (5 min.); **6,58** = absortividade molar do composto colorido.

#### **2.4.4 Determinação de proteínas solúveis (Bradford, 1976)**

Para este teste utilizou-se o mesmo extrato do item 2.4.3. O meio de reação foi composto de 100  $\mu\text{L}$  de extrato enzimático, acrescido de 5 mL de reativo de Bradford, e repouso por cinco minutos.

A leitura foi realizada em espectrofotômetro (595 nm) e comparadas à curva padrão de caseína.

#### **2.4.5 Determinação dos teores de açúcares totais**

Para determinar o teor de açúcares totais foi seguida a adaptação do método descrito por Dubois *et al.* (1956).

O meio de reação foi composto por 0,04 mL de extrato vegetal, 0,46 mL de tampão PO<sub>4</sub>, 0,2 M (pH 6,7), 0,5 mL de fenol a 5% e, após homogeneização, 2,5 mL de ácido sulfúrico concentrado.

A reação ficou em repouso por 20 min. e a seguir procedeu-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro (490 nm), cujos resultados foram comparados com curva padrão de glicose.

Os teores de açúcares foram expressos em mg de glicose.g<sup>-1</sup> de massa de matéria fresca.

#### **2.4.6 Determinação de clorofila em tecido vegetal**

Para a determinação do teor de clorofila utilizou-se fragmentos do limbo foliar sem a nervura central. Procedeu-se a maceração de 100 mg de matéria verde em 2mL de acetona 80%, e completou-se com acetona 80% para 10 mL após obtenção de uma mistura homogênea; o extrato foi transferido para tubos de centrifuga e submetido a centrifugação a 1200 rpm por três min.

A leitura composto colorido foi feita em espectrofotômetro (645 e 663 nm). O aparelho foi zerado com acetona 80% e o teor de

clorofila foi expresso em  $\mu\text{g}$  de clorofila.mg de massa de matéria fresca<sup>-1</sup>.

#### **2.4.7 Incidência e severidade**

As avaliações de incidência e severidade foram realizadas na linha central de cada parcela, nas três repetições.

##### **2.4.7.1 Incidência**

A incidência foi determinada visualmente, utilizando o critério:

0 - plantas assintomáticas; 1 - plantas sintomáticas;

##### **2.4.7.2 Severidade**

Foram quatro avaliações visuais da severidade, atribuindo notas para intensidade de sintomas de SBWMV nos genótipos de triticale (Tabela 3). As avaliações foram realizadas aos 62, 75, 95 e 108 dias após a semeadura.

A partir destas avaliações foi calculado o índice de doença (ID%) através da fórmula de Mckinney's, onde  $ID (\%) = 100.[\sum(f.v)]/(n.x)$ , sendo:

**ID**- índice de doença; *f*- número de plantas com a mesma nota;

$v$ - nota observada;  $n$ - número total de plantas avaliadas;

$x$ - nota máxima da escala.

Os resultados foram obtidos e apresentados para incidência e índice de doença apenas pelos cálculos demonstrando evolução da doença ao longo do desenvolvimento da planta.

**Tabela 3** - Escala de notas atribuídas às plantas com sintomas de mosaico do trigo (SBWMV)

---

0	ausência de sintomas
1	mosaico leve em qualquer parte da planta
2	mosaico com estrias pouco pronunciadas, sem lesões coalescentes e ausência de nanismo
3	folhas do colmo principal e afilhos com estrias pronunciadas, lesões coalescentes e ausência de nanismo
4	folhas do colmo principal e afilhos com mosaico severo estrias bastante pronunciadas, lesões coalescentes, nanismo pronunciado
5	planta com sintomas severos de mosaico estriado, lesões coalescentes generalizadas, nanismo severo, ausência de espiga ou morte da planta

---

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Teste DAS Elisa

Por meio do teste DAS-Elisa foi possível confirmar a infecção por SBWMV em todas as plantas sintomáticas testadas. Desta forma além da constatação visual comprovou-se a ocorrência do vírus, com o auxílio de anti-soros monoclonais detectando pela primeira vez no Brasil a presença do SBWMV através de sorologia. A ocorrência do SBWMV já havia sido relatada por Caetano et al. (1971), Barbosa et al. (1996) por sintomatologia e por Dalbosco et al. (2002) e Souza et al. (2005) por sintomatologia e pela presença das estruturas de repouso do *P. graminis* no sistema radicular de plantas de trigo.

O fato de o vírus ter sido detectado sorologicamente, contribuirá para a diagnose e correta identificação de mosaicos do trigo em cereais de inverno, cuja incidência tem aumentado de forma expressiva nas últimas safras.

A possibilidade de diagnosticar com maior precisão a etiologia do agente viral facilitará não só para a realização de diagnóstico de rotina, mas também, será útil para os programas de melhoramento genético que poderão se utilizar desta técnica para identificar com maior rapidez genótipos resistentes ao SBWMV.

### **3.2 Incidência (Inc.%) e índice de doença (ID%)**

Observou-se aumento gradativo no índice de doença e na incidência nos quatro genótipos de triticales avaliados, sendo que, o maior ID (%) foi observado no genótipo IPR 111 chegando a 85% aos 108 dias após a semeadura, seguido de Embrapa 53 com 80% neste mesmo estágio de desenvolvimento das plantas (Tabela 4).

A linhagem PFT 307 apresentou poucos sintomas visuais, menor incidência e o menor ID% quando comparado aos demais genótipos, sugerindo ser o material mais tolerante ao SBWMV, fato este, confirmado por DAS-Elisa, no qual PFT 307 apresentou a menor reação sorológica entre todos os genótipos testados.

A incidência foi de 100% em todas as avaliações nos genótipos IPR 111, Embrapa 53 e BRS Ulisses, sendo que, apenas PFT 307 apresentou incidência baixa, não passando de 25% nas duas primeiras avaliações, embora aos 95 e 108 dias após a semeadura a incidência tenha chegado a 50%.

Entre os genótipos utilizados no presente estudo, BRS Ulisses é considerada moderadamente resistente (MR) conforme Comissão Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo (2008), entretanto, apresentou 100% de incidência, aparentando ser suscetível ao mosaico, também o genótipo Embrapa 53, considerado na mesma citação como moderadamente resistente (MR), atingiu o mesmo percentual.



Os resultados encontrados no presente estudo sugerem que as condições de temperatura e precipitação pluvial observadas, especialmente no ano de 2008, foram extremamente favoráveis para o estabelecimento do vetor, bem como para expressão da doença.

**Tabela 4-** Incidência (Inc.%) e índice de doença (ID%) em quatro genótipos de triticales em quatro épocas de avaliação

Genótipos	DIAS APÓS A SEMEADURA							
	Incidência (%)				Índice de doença (%)			
	62	75	95	108	62	75	95	108
<b>IPR 111</b>	100	100	100	100	40	55	70	85
<b>BRS Ulisses</b>	100	100	100	100	40	50	65	70
<b>Embrapa 53</b>	100	100	100	100	30	45	67,5	80
<b>PFT 307</b>	10	25	50	50	2	5	10	10

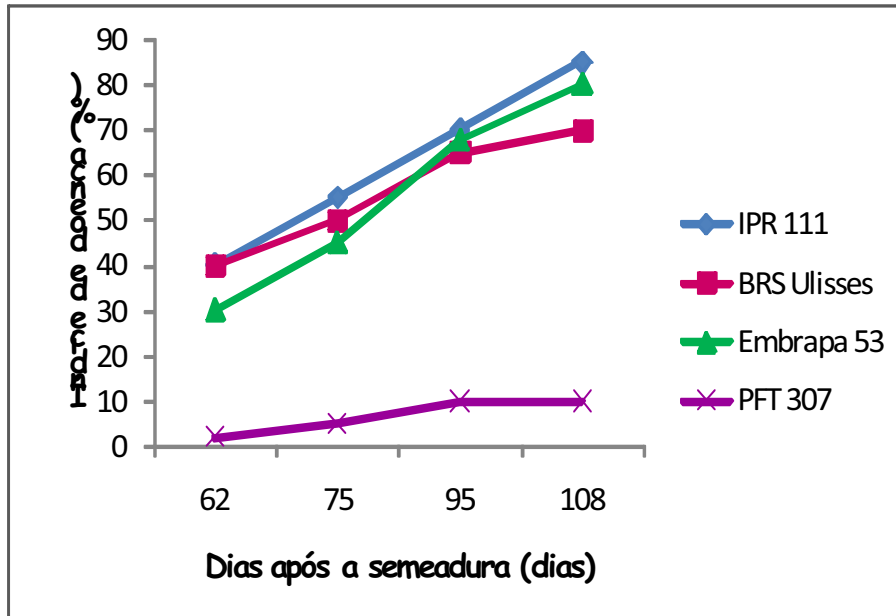
Os resultados observados na tabela 4 estão de acordo com os encontrados por Dalbosco et al., (2002) em genótipos de trigo e triticales. Segundo Cammpbell et al. (1975) a incidência da virose, em cultivares suscetíveis, pode chegar a 100%, seja no campo ou em condições controladas.

A pressão de inóculo foi extremamente elevada no ano do experimento possibilitando, dessa forma, a expressão máxima do potencial do vírus em causar a infecção, assim como para a expressão da doença nas plantas.

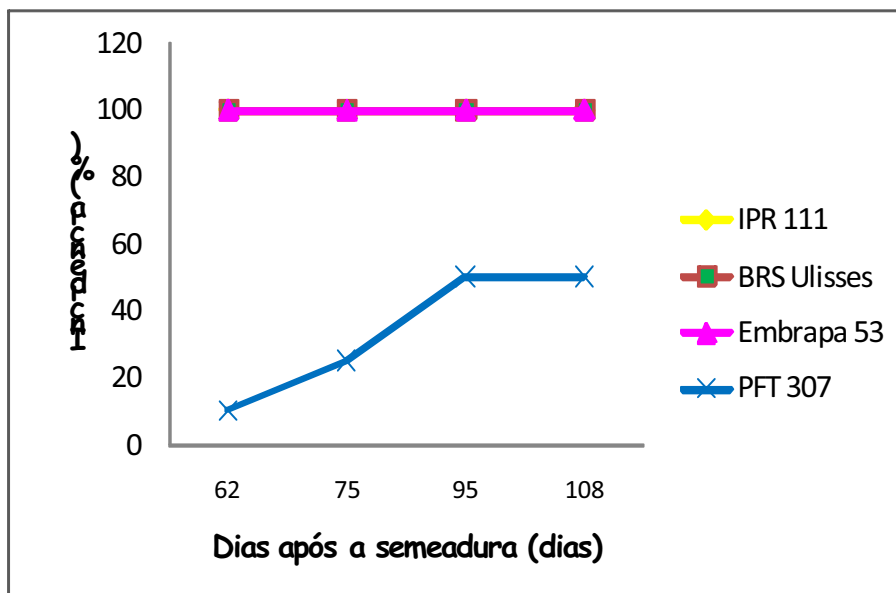
Nicolini-Teixeira et al. (2006) observaram que em genótipos de aveia infectadas com BYDV os sintomas foram mais severos no ano em que as condições ambientais foram favoráveis ao vetor e a manutenção de fontes de inóculo, aumentando a pressão de inóculo na cultura.

Segundo Larsen et al., citado por Dalbosco et al., (2002a) a severidade da infecção varia nas espécies, dependendo da estirpe viral, da suscetibilidade da cultivar, do estágio de desenvolvimento da planta, do inóculo e das condições ambientais.

Conforme ilustrado nas figuras 1 e 2 todos os genótipos em estudo apresentaram incidência elevada desde o início das avaliações, excetuando-se PFT 307, cujo progresso da doença ocorreu gradativamente ao longo do tempo, de maneira que os maiores valores de incidência e índice de doença, resguardadas as devidas proporções, no que se refere ao potencial de cada genótipo, apresentou valores máximos aos 108 dias após a semeadura.



**Figura 1-** Índice de doença (ID%) em quatro genótipos de triticale em quatro épocas de avaliação (dias após a semeadura).



**Figura 2-** Incidência (%) do SBWMV em quatro genótipos de triticale em quatro épocas de avaliação (dias após a semeadura).

### 3.3 Atividade da peroxidase

Os resultados da atividade da peroxidase (Tabela 5) mostram atividade aproximadamente, três vezes maior nos genótipos IPR 111, Embrapa 53 e BRS Ulisses nas plantas infectadas quando comparadas as plantas sadias dos respectivos genótipos. A linhagem PFT 307 não apresentou diferença significativa quando comparado plantas infectadas com as sadias, demonstrando resistência à presença do vírus.

**Tabela 5** - Atividade da peroxidase em quatro genótipos de triticales infectados com o SBWMV e respectivos controles sadios

<b>ATIVIDADE DE PEROXIDASE</b> ( $\mu\text{Mol}$ de $\text{H}_2\text{O}_2$ decomposto por $\text{min.mg}^{-1}$ de proteína)		
Genótipos	Infectadas	Sadias
IPR 111	A 0,49 a	B 0,12 a
Embrapa 53	A 0,38 ab	B 0,16 a
BRS Ulisses	A 0,28 b	B 0,12 a
PFT 307	A 0,08 c	A 0,09 a
CV 21 (%)		

Médias precedidas da mesma letra maiúscula na linha e seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Estes resultados confirmam os encontrados por Souza et al., (2005), que detectaram aumento da atividade da peroxidase em plantas sintomáticas de genótipos de trigo infectadas com SBWMV, assim como encontrado por Colombo (2002) em cinco cultivares de

aveia, infectadas por BYDV; por Binotto-Missiura (2005) em plantas de melancia infectadas pelo *Papaya ringspot virus tipe W* (PRSV-W), e por Schons (1997) em três cultivares de batata, infectadas com *Potato leafroll virus* (PLRV).

Os resultados encontrados permitem sugerir o uso da atividade da peroxidase como indicador bioquímico de resistência de triticales ao SBWMV. Sendo esta uma enzima indicadora do estresse oxidativo sofrido pela planta submetida a condições adversas ao seu desenvolvimento, indica efetivamente que PFT 307 efetivamente é resistente ao vírus, enquanto que os demais genótipos, embora com distintos níveis de resistências ao vírus, sofreram o estresse oxidativo indicado pela atividade de enzima. Destaque para IPR 111 que se mostrou altamente suscetível, conforme a Tabela 5, na qual se observa a maior diferença na atividade da peroxidase entre as plantas sadias e infectadas. Os resultados foram significativos como mostra a análise da variância apresentada no Apêndice A.

Esses resultados estão relacionados com a incidência e o índice de doença, pois o genótipo IPR 111 apresentou o maior índice de doença, incidência e estresse oxidativo respectivamente, seguido dos genótipos Embrapa 53 e BRS Ulisses.

### **3.4 Teor de proteínas solúveis**

A comparação de médias referente ao teor de proteínas nos quatro genótipos de triticales infectados por SBWMV e respectivos controles sadios encontra-se apresentada no Apêndice B.

Dos quatro genótipos estudados, Embrapa 53, BRS Ulisses e IPR 111, apresentaram decréscimo no teor de proteínas solúveis em função da infecção com o SBWMV, sendo que o último apresentou o maior decréscimo quando comparado ao controle sadio. O genótipo PFT 307 não apresentou diferença entre plantas sadias e infectadas reiterando a condição de genótipo altamente tolerante ou resistente ao vírus estudado (Tabela 6).

Schons et al. (1995), também observaram decréscimo nos níveis de proteínas solúveis em plantas de melancia infectadas com PRSV-W. Resultados semelhantes foram encontrados por Binotto-Missiura (2005) que confirmou a diminuição dos teores de proteínas em plantas de melancia infectadas com PRSV-W.

**Tabela 6** - Teor de proteínas solúveis totais em quatro genótipos de triticales infectados com SBWMV e respectivos controles sadios

<b>TEOR DE PROTEÍNAS</b> (mg de proteínas.g <sup>-1</sup> de MF)		
Genótipos	Infectadas	Sadia
IPR 111	B 31,46 a	A 75,67 b
Embrapa 53	B 34,06 a	A 63,79 a
BRS Ulisses	B 54,72 b	A 83,98 bc
PFT 307	A 88,85 c	A 89,57 c
CV 7,6 (%)		

Médias precedidas da mesma letra maiúscula na linha e seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Estes resultados mostram que a doença interfere no teor de proteínas solúveis, diminuindo o teor das mesmas nas plantas infectadas quando comparados às sadias, corroborando os resultados encontrados por Souza et al. (2005) e Schons & Dalbosco (2000) em plantas de trigo com sintomas de SBWMV. Também Colombo (2002) e Lanzarini (2006) encontraram decréscimo nos teores de proteínas em plantas de aveia e de trigo, respectivamente, infectadas pelo BYDV.

### **3.5 Teores de açúcares totais**

A comparação de médias referente ao teor de açúcares totais nos quatro genótipos de triticales infectados por SBWMV e respectivos controles sadios encontra-se apresentada no Apêndice C.

Dos genótipos analisados, observou-se, nas plantas infectadas, um decréscimo significativo no teor de açúcares totais (Tabela 7) nos genótipos, BRS Ulisses, IPR11, Embrapa 53 sendo que o último apresentou decréscimo de aproximadamente duas vezes nas plantas infectadas quando comparadas às sadias; já PFT 307 não apresentou diferença entre plantas sadias e infectadas indicando que neste genótipo não há destruição de cloroplastos e não ocorrem alterações no fluxo de fotoassimilados das folhas para o restante da planta, o que se refletirá posteriormente sobre o enchimento de grãos.

A diminuição nos teores de açúcares nos demais genótipos é provavelmente devido ao tipo de infecção provocada pelo SBWMV, que se transloca de célula-a-célula via plasmodesmas e sua replicação nos tecidos parenquimáticos ocasiona a redução ou destruição dos cloroplastos, o que implica em menor taxa fotossintética e conseqüentemente redução de reserva energética.

Os resultados encontrados, são semelhantes aos relatados por Behl & Chowfla (1991) que observaram redução nos teores de açúcares totais em plantas de tomate infectadas por PVY.

**Tabela 7-** Teor de açúcares totais em quatro genótipos de triticales infectados com o SBWMV e respectivos controles sadios

AÇÚCARES TOTAIS (mg de glicose.g <sup>-1</sup> de MF)		
Genótipos	Infectadas	Sadias
IPR 111	B 51,38 b	A 65,53 b
Embrapa 53	B 27,17 a	A 45,91 a
BRS Ulisses	B 49,58 b	A 64,26 b
PFT 307	A 59,67 c	A 62,04 b
CV 7,1 (%)		

Médias precedidas da mesma letra maiúscula na linha e seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Colombo (2002) observou diminuição nos teores de açúcares totais em plantas de aveia infectadas com BYDV. Já Lanzarini (2006), encontrou aumento em plantas de trigo infectadas com *Barley yellow dwarf virus* – PAV. A diferença nos resultados,



provavelmente seja devida as formas de translocação dos vírus, sendo que BYDV se transloca via floema.

Os genótipos Embrapa 53, BRS Ulisses e IPR 111 apresentaram decréscimo no teor de açúcares totais, menor teor de proteínas e maior atividade da peroxidase em plantas infectadas quando comparadas às sadias, confirmando a relação existente entre os fatores analisados e a incidência e índice de doença que foram elevados nesses genótipos. O tipo de movimentação dos vírus nas plantas é fator decisivo para este tipo de dano, sendo que, em vírus que se translocam célula-célula, a tendência, é que o teor de açúcares diminua devido a destruição dos cloroplastos, já em vírus que se translocam via floema, espera-se aumento no teor de açúcares devido ao entupimento dos vasos, o que dificulta a translocação de fotoassimilados que ficarão confinados no tecido foliar.

### **3.6 Teor de clorofila**

A comparação de médias referente ao teor de clorofila nos quatro genótipos de triticales infectados por SBWMV e respectivos controles sadios encontra-se apresentada na Tabela 8.

Fisiologicamente, uma infecção viral, especialmente causado por SBWMV, pode diminuir a teor de clorofila nas plantas que em consequência da doença apresentam sintomas típicos de mosaico, caracterizado por estrias paralelas às nervuras, como pode ser visualizado na Figura 3.

Dos quatro genótipos estudados (Tabela 8), o teor de clorofila foi reduzido drasticamente em função da infecção viral em três, sendo que, para Embrapa 53 o teor de clorofila foi aproximadamente cinco vezes menor nas plantas infectadas quando comparadas às sadias, essa mesma tendência seguiu-se para BRS Ulisses, no qual os teores de clorofila foram quatro vezes menores nas plantas infectadas em relação às sadias, e IPR 111, com redução cerca de três vezes nas plantas infectadas.

Na linhagem PFT 307 não houve diferença entre plantas sadias e infectadas o que evidencia a caracterização como altamente tolerante ou resistente deste genótipo ao SBWMV, conforme já havia sido observado para as outras variáveis analisadas no presente estudo.

Resultados semelhantes foram encontrados por Jidão et al. (2004) em plantas de alface infectadas por *Lettuce mosaic virus* – LMV, assim como por Gonçalves et al. (2005) em plantas de cana-de-açúcar infectadas pelo *Surgarcane yellow leaf virus* – ScYLV, sugerindo que para clorofila, o tipo de translocação não é determinante. Em ambos os casos, na translocação célula-a-célula como o LMV e SMWMV ou via floema, como o ScYLV ocorre a destruição de cloroplastos o que se expressa na redução nos teores de clorofila.

Plantas de trigo infectadas por BYDV também apresentaram redução no teor de clorofila quando comparadas as plantas sadias (LANZARINI, 2006).

Esses resultados confirmam a estreita relação entre os fatores analisados, pois a presença do SBWMV causou a destruição

dos cloroplastos e alterou o metabolismo das células, provocando a diminuição do teor de clorofila em todos os genótipos, com exceção da linhagem PFT 307.

**Tabela 8-** Teor de clorofila em quatro genótipos de triticales infectados com o SBWMV e respectivos controles assintomáticos

TEOR DE CLOROFILA ( $\mu\text{g}$ de clorofila. $\text{mg}^{-1}$ de MF)		
Genótipos	Infectadas	Sadias
IPR 111	B 9,54 b	A 27,80 a
Embrapa 53	B 4,94 d	A 22,63 b
BRS Ulisses	B 7,15 c	A 28,20 a
PFT 307	A 28,92a	A 29,21 a

CV 3,2%

Médias precedidas da mesma letra maiúscula na linha e seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

O nível de estresse representado pelo aumento da atividade da peroxidase está relacionado com a diminuição do teor de clorofila, pois a redução da taxa fotossintética interfere no desenvolvimento das plantas e, a diminuição dos teores de açúcares totais está também relacionada com a movimentação do vírus célula-a-célula, provocando alterações que impedem o acúmulo de açúcares, o que pode interferir na conversão de açúcar em ATP que é a energia para as células realizarem seus processos metabólicos.

Os genótipos IPR 111, Embrapa 53 e BRS Ulisses que foram os mais afetados pelo vírus em todos os fatores analisados

foram também os que apresentaram maior incidência e índice de doença, sugerindo que, ainda que considerados moderadamente resistentes, os genótipos expostos a condições favoráveis para o desenvolvimento da doença, aliado à alta pressão de inóculo, podem mudar o comportamento frente às condições adversas.

#### **4 CONCLUSÃO**

O presente estudo permite concluir que:

- a) O SBWMV causa alterações no metabolismo de plantas de triticales, aumenta a atividade da peroxidase e, diminui o teor de proteínas solúveis, o teor de açúcares totais e o teor de clorofila.
- b) Nos genótipos suscetíveis ocorre aumento gradativo da doença, acompanhado de alterações no metabolismo.
- c) A linhagem PFT 307 mostrou-se resistente ao vírus.
- d) Os genótipos Embrapa 53, IPR 111 e BRS Ulisses são suscetíveis ao vírus.
- e) A atividade da peroxidase pode ser utilizada como um marcador bioquímico de resistência de triticales ao SBWMV.

## CAPÍTULO 2

### EFEITO DO SBWMV SOBRE A INCIDÊNCIA, ÍNDICE DE DOENÇA E CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS, EM GENÓTIPOS DE TRITICALE

KARINA GRANDO TOLEDO<sup>1</sup>, JUREMA SCHONS<sup>2</sup> E ALFREDO DO NASCIMENTO JÚNIOR<sup>3</sup>

**RESUMO-** O *Soil borne wheat mosaic virus*- SBWMV é transmitido pelo *Polymyxa graminis* e causa danos a cultura de cereais de inverno, sendo que a cultura do triticale dependendo do genótipo, pode ter sua produção comprometida pela presença desse patógeno. Com o objetivo de avaliar a incidência e o índice de doença (ID%) causado pelo SBWMV em genótipos de triticale, conduziu-se um experimento no campo experimental da Embrapa Trigo - Passo Fundo/RS nos anos de 2007 e 2008 em duas épocas de semeadura, em solo naturalmente infestado pelo *P. graminis*. O cálculo da incidência foi feito a partir do número de plantas sintomáticas e o ID (%) foi calculado através da fórmula de McKinney's  $ID = 100 \cdot [\frac{\sum(f.v)}{n.x}]$ . O ID (%) e a incidência (Inc.%) foram mais elevados em 2008 quando comparado

---

<sup>1</sup>Bióloga, mestranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMV) da Universidade de Passo Fundo (UPF), Área de Concentração em Fitopatologia.

<sup>2</sup>Orientadora, Bióloga, Doutora em Ciências Biológicas, professora do PPGAgro da FAMV e ICB/UPF.

<sup>3</sup>Co-orientador, Eng.-Agr., Doutor em Fitotecnia, e pesquisador da Embrapa-Trigo.

ao ano de 2007, sendo que, alguns genótipos que mostraram aparente tolerância ao mosaico do trigo em 2007 não tiveram o mesmo comportamento em 2008 mostrando-se suscetíveis ao vírus. Em todos os genótipos testados, as plantas infectadas apresentaram redução de estatura e de número de espigas quando comparada às plantas sadias.

**Palavras –chave:** *X Triticosecale*, *Polymyxa graminis*, virose.

**EFFECT OF SBWMV ON DISEASE INCIDENCE, DISEASE  
INDEX AND AGRONOMIC TRAITS IN TRITICALE  
GENOTYPES**

**KARINA GRANDO TOLEDO, JUREMA SCHONS E  
ALFREDO DO NASCIMENTO JÚNIOR**

**ABSTRACT-** The *Soil borne wheat mosaic virus* (SBWMV) transmitted by *Polymyxa graminis* causes damage to winter cereal crops such as triticale, which may have its production affected by the disease. The disease incidence and disease index (ID%) were evaluated in field experiments carried out at Embrapa Trigo, in Passo Fundo county, state of Rio Grande do Sul. Triticale genotypes were cultivated in *P. graminis* naturally infested soil in 2007 and 2008, under two sowing dates. Disease incidence was determined based upon the number of symptomatic plants and the disease index used the McKinney's formula, quoted by Tanaka (1990),  $ID = 100[\Sigma(fv)]/(nx)$ . Both variables were higher in 2008. Some genotypes that showed apparent tolerance to wheat mosaic in 2007 were susceptible under higher disease pressure in 2008. For all genotypes, infected plants showed reduction in height and number of spikes.

**Key-words:** *X Triticosecale*, *Polymyxa graminis*, virus

## 1 INTRODUÇÃO

O triticale e o centeio são produtos de grande importância para o Brasil, com elevada produção e qualidade de grãos, movimentando anualmente, aproximadamente 75 milhões de reais, diretamente pela comercialização de grãos no País (NASCIMENTO JUNIOR & BIANCHIN, 2008).

Um dos fatores que limitam a cultura do triticale são as viroses e entre elas o mosaico do trigo causado pelo SBWMV, que infecta também o centeio, cevada, triticale e *Bromus* spp. Os sintomas são mais proeminentes nos estádios iniciais da cultura e raramente após o espigamento (REIS et al., 1997).

O *Soil borne wheat mosaic virus* causa danos em cereais de inverno, entre eles o triticale. O vírus é transmitido pelo vetor *P. graminis*, através da colonização dos pelos radiculares (BARR, 1979). Os esporos de repouso do vetor podem permanecer 10 anos no solo, em condições favoráveis. Após esse período, o plantio de hospedeiro suscetível ocorre à infestação das raízes pelo vetor e o vírus é liberado (CADLE-DAVIDSON et al., 2003).

Segundo Chen & Wilson (1995), o SBWMV pode causar danos de até 80% na cultura do trigo, enquanto que Schons & Dalbosco (1999), observaram danos de até 63%.

O presente estudo teve como objetivo avaliar, ao longo do desenvolvimento da cultura, genótipos de triticale quanto a incidência



(%) e o índice de doença (ID%) promovidos pelo SBWMV em dois anos de semeadura.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Local de execução**

O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Trigo em Passo Fundo/RS, onde foram avaliadas a incidência e o índice de doença. As demais análises foram realizadas no Laboratório de Virologia Vegetal da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo (FAMV/UPF).

### **2.2 Instalação, condução e delineamento experimental no ano de 2007**

Doze genótipos de triticales (*X Triticosecale* W.) - IPR 111, IAC 5-Canindé, IAPAR 23-Arapoti, CEP 28-Guará, BRS Ulisses, BRS 203, Embrapa 53, BRS Minotauro, BRS Netuno, BRS 148, Fundacep 48 e PFT 307 – foram semeados em duas épocas, 07/06/07 e 07/07/2007, em solo naturalmente infestado com o vetor do SBWMV, o plasmodioforomiceto *P. graminis*. A semeadura foi realizada em sucessão à cultura de soja, em uma densidade de aproximadamente 200 sementes/m<sup>2</sup>. A adubação constou de uma aplicação de base, com 400 kg.ha<sup>-1</sup> de uma fórmula 5-25-25 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-

K<sub>2</sub>O), e outra em cobertura, com 50 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, na forma de uréia.

O experimento no campo foi organizado em delineamento de blocos ao acaso, com três repetições, nos quais cada unidade experimental constou de uma linha com três metros de comprimento, espaçadas entre si por 0,2 m. No ano de 2007 ao longo da linha de cada genótipo, marcou-se um metro linear. No início do afilhamento realizou-se desbaste de plantas, dentro de cada parcela, deixando 20 plantas para avaliação de incidência e de severidade, tendo dois genótipos como controle BRS 148 (tolerante) e BRS 203 (suscetível).

A fim de minimizar a ocorrência de doenças fúngicas, cinco aplicações de fungicidas foram realizadas sucessivamente com auxílio de pulverizador de barra, tracionado por trator agrícola, em 14/08 (tebuconazole, 75 L.ha<sup>-1</sup>), 22/08 (propiconazole + ciproconazole, 0,3 L.ha<sup>-1</sup>), 13/09 (tebuconazole, 0,75 L.ha<sup>-1</sup>), 03/10 (trifloxistribina + tebuconazole, 0,6 L.ha<sup>-1</sup>), e 17/10/07 (tebuconazole, 0,75 L.ha<sup>-1</sup>).

Também foram aplicados inseticidas com objetivo principal de evitar a ocorrência de pulgões, em 19/06 (tiametoxana + triflumurom, 0,75 kg.ha<sup>-1</sup> + 0,30 L.ha<sup>-1</sup>); 09/08 (tiametoxana, 0,75 Kg.ha<sup>-1</sup>); em 14/08; 22/08; 03/10 e 17/10 (permetrina, 0,80 L.ha<sup>-1</sup>).

Os herbicidas foram aplicados em 02/06 (glifosato + metsulforon-metílico, 4,0 L.ha<sup>-1</sup> + 0,06 kg.ha<sup>-1</sup>); 09/08 (bentazona + metsulforon-metílico, 1,2 L.ha<sup>-1</sup> + 0,06 kg.ha<sup>-1</sup>) e em 29/08 (bentazona

+ metsulfuron-metílico,  $1,2 \text{ L.ha}^{-1} + 0,06 \text{ kg.ha}^{-1}$ ), com o auxílio de pulverizador de barras e canhão, tracionados por trator agrícola.

### **2.3 Instalação, condução e delineamento experimental no ano de 2008**

Em 2008, foram utilizados treze genótipos que encontram-se apresentados na Tabela 1 com a respectivos cruzamentos e origem. A semeadura foi realizada nos dias 12/06/08 e 02/07/2008, em sucessão à cultura de feijão. A densidade de semeadura foi de aproximadamente  $300 \text{ sementes.m}^2$ , a adubação de base foi feita com  $300 \text{ kg.ha}^{-1}$  de NPK na fórmula (5:25:25) e a cobertura realizada a lanço no início do afilhamento, com  $50 \text{ kg.ha}^{-1}$  de nitrogênio na forma de uréia.

Em 2008 o experimento em campo foi organizado no delineamento de blocos ao acaso, com três repetições, onde cada unidade experimental constou de uma linha com três metros de comprimento, espaçadas entre si por 0,2 m. Foram marcadas 15 plantas para avaliação da incidência e severidade e como controles foram usados os genótipos PFT 307 (tolerante) e PFT 0608 (suscetível).

As aplicações de fungicida foram realizadas com auxílio de pulverizador de barra, tracionado por trator agrícola em 02/07 (azoxistrobina + ciproconazole,  $0,4 \text{ L.ha}^{-1}$ ); 29/07 (trifloxistrobina +

tebuconazole,  $0,75 \text{ L.ha}^{-1}$ ); 26/08 (tebuconazole,  $0,75 \text{ L.ha}^{-1}$ ) e em 24/09 (azoxistrobina + ciproconazole,  $0,3 \text{ L.ha}^{-1}$ ).

Os inseticidas foram utilizados em 02/07 (permetrina,  $0,13 \text{ L.ha}^{-1}$ ); 16/07 (tiametoxam + lambda-cialotrina,  $0,15 \text{ L.ha}^{-1}$ ); 23/07 (permetrina,  $0,65 \text{ L.ha}^{-1}$ ); 29/07 (tiametoxam + lambda-cialotrina,  $0,15 \text{ L.ha}^{-1}$ ); 26/08 (clorpirifós,  $1,0 \text{ L.ha}^{-1}$ ) e 24/09 (clorpirifós,  $1,0 \text{ L.ha}^{-1}$ ).

Os herbicidas foram aplicados em 16/07 (iodosulfuron-metílico,  $0,1 \text{ kg.ha}^{-1}$ ); 23/07 (bentazona,  $2,0 \text{ L.ha}^{-1}$ ); 24/07 (iodosulfuron-metílico,  $0,1 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) e em 05/08/08 (clodinafop-propargil,  $0,25 \text{ L.ha}^{-1}$ ), com auxílio de pulverizador de barra, tracionado por trator agrícola.

Os demais procedimentos foram idênticos aos descritos para o ano de 2007. Foi fornecida irrigação suplementar sempre que considerado necessário nos dois anos de modo a manter o solo próximo a capacidade de campo.

## **2.4 Variáveis analisadas**

A natureza do agente causal da virose foi confirmada através de teste sorológico DAS-Elisa (Double Antibody Sandwich – Enzyme Linked Immunosorbent Assay).

Foram avaliados o índice de doença (ID%) e a incidência (Inc.%) em treze genótipos de triticales em 2008 e doze genótipos em 2007. Também foram avaliadas as características agrônômicas de

cinco genótipos de triticales selecionados na segunda época de semeadura do ano de 2008.

## 2.5 Incidência e Severidade 2007 e 2008

A incidência e severidade em 2007 foram determinadas visualmente aos 62, 85, 115 e 123 dias após a semeadura, e, em 2008, aos 62, 75, 95 e 108 dias após a semeadura. O índice de doença (ID%) foi obtido a partir da fórmula de Mickinney's onde:  $ID (\%) = 100 \cdot [ \sum (f.v) ] / (n.x)$ , utilizando os critérios descritos no Capítulo 1.

**Tabela 1-** Genótipos de triticales avaliados quanto à incidência, severidade e características agronômicas (\*\*) ao SBWMV, nos anos de 2007(\*) e 2008; cruzamentos e local de origem

Genótipos	Cruzamentos	Origem
**CEP 28-Guará	DAMAN (TATU4/ARD1)	Cimmyt
*Embrapa 53	LT1117.82/CIVET/TATU	Cimmyt
*BRS 148	YOGUI/TATU	Cimmyt
*Fundacep 48	ERISO/FAHAD3	Cimmyt
*PFT 307	PFT312/PFT511	Embrapa trigo
**IPR 111	ANOAS5/STIER13	Cimmyt
**IAC 5-Canindé	LT978.82/ASAD/TARASCA	Cimmyt
*IAPAR 23-Arapoti	CIN/CNO//BGL/3/MERINO	Cimmyt
*BRS Minotauro	OCTO92-3 (PF89358/CBR1)/TCLBR4	Embrapa trigo
*BRS Netuno	POLLMER//2*ERISO/BULL1	Cimmyt
**BRS Ulisses	ERIZO/NIMIR	Cimmyt
*BRS 203	LT-1/RHINO	Cimmyt
**PFT 0608	CAAL/RA23	Cimmyt

## **2.6 Características agronômicas**

Foram escolhidos cinco genótipos de triticales (IAC 5-Canindé, CEP 28-Guará, IPR111, BRS Ulisses, PFT 0608) os quais apresentavam maior incidência e maiores notas de severidade, na segunda época de semeadura de 2008.

A avaliação foi realizada aos 78 dias após a semeadura. Em cada parcela foram medidas 10 plantas sintomáticas e 10 plantas assintomáticas de cada genótipo nas três repetições. Foram avaliadas as seguintes características: estatura de plantas, número de afilhos e número de espigas por planta.

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1 Incidência e índice de doença em 2007 e 2008**

Na primeira época de semeadura do ano de 2007 (Tabela 2) os genótipos avaliados podem ser classificados em três grupos de acordo com o momento em que apresentaram maior incidência e índice de doença. Os genótipos CEP 28-Guará, Embrapa 53, BRS 148, Fundacep 48 e PFT 307 apresentaram a maior incidência e o maior índice de doença foram observados aos 62 dias após a semeadura, enquanto IPR 111, IAC 5-Canindé, IAPAR 23-Arapoti, BRS Minotauro e BRS Netuno, aos 85 dias após a semeadura.

Os genótipos BRS Ulisses e BRS 203 apresentaram a maior incidência e índice de doença aos 123 dias após a semeadura.

Entretanto o maior ID (%) aos 62 dias após a semeadura foi registrado nos genótipos BRS Netuno e CEP 28- Guará 13% em ambos os genótipos, e a maior incidência em BRS Netuno (55,5%) seguido de CEP 28- Guará (52,5%), enquanto que a menor incidência e índice de doença foram observados no genótipo BRS 203 com 10,7 e 2,5% respectivamente.

Aos 85 dias após a semeadura a maior incidência e índice de doença foi observada em IPR 111 e a menor incidência e índice de doença em BRS 148. Já aos 115 dias após a semeadura a maior incidência e índice de doença foram registrados nos genótipos BRS 203 e BRS Ulisses, respectivamente, sendo a menor incidência em PFT 307. Resultados semelhantes foram observados aos 123 dias após a semeadura.

Sabendo-se previamente que BRS Ulisses é suscetível ao SBWMV e, PFT 307 resistente, pode-se inferir que o aumento progressivo da doença é mais danoso para a planta quando a doença é mais elevada, em torno dos 60 dias após a semeadura, reduzindo ao longo do ciclo da cultura, indicando a recuperação da planta.

A mesma tendência, com pequenas oscilações, foi mantida na segunda época de semeadura (07/07) do ano de 2007 conforme apresentado na Tabela 3. A redução nos valores de incidência de alguns genótipos ao longo do ciclo pode ser explicada pela emissão de novas folhas assintomáticas.

**Tabela 2-** Incidência (Inc.%) e índice de doença (ID%) causado pelo SBWMV em quatro épocas após a semeadura (referente à 1ª época – 07/06/2007)

Genótipos	DIAS APÓS A SEMEADURA							
	Incidência (%)			Índice de doença (%)				
	62	85	115	123	62	85	115	123
CEP 28-Guará	52,5	32	23,2	22,8	A 13,0 a	A 7,8 a	A 8,6 a	A 7,2 a
Embrapa 53	40,7	28	18,3	18,3	A 8,7 a	A 6,4 a	A 5,0 a	A 5,0 a
BRS 148	30,5	12,9	13,3	8,3	A 6,2 a	A 2,5 a	A 5,4 a	A 1,6 a
Fundacep 48	34	20,7	19	20,6	A 6,6 a	A 4,2 a	A 4,6 a	A 4,6 a
PFT 307	48,3	29	0	0	A 3,5 a	A 6,8 a	A 0,0 a	A 0,0 a
IPR 111	45,7	71,6	21,4	30	A 11,0 a	A 19,7 a	A 12,3 a	A 11,0 a
IAC 5-Canindé	30,6	47	30,7	32	A 7,4 a	A 12,0 a	A 9,4 a	A 9,6 a
IAPAR 23-Arapoti	37,9	51,8	32,1	29,3	A 8,6 a	A 17,3 a	A 14,0 a	A 10,7 a
BRS Minotauro	20	50	23,2	8,3	A 4,0 a	A 10,3 a	A 5,6 a	A 1,6 a
BRS Netuno	55,5	62	24,5	21,4	A 13,0 a	A 15,0 a	A 10,3 a	A 7,4 a
BRS Ulisses	20,3	40	30,3	35,7	A 5,8 a	A 14,0 a	A 15,0 a	A 15,3 a
BRS 203	10,7	32,1	33,7	43,3	A 2,5 a	A 8,0 a	A 8,6 a	A 9,2 a

Médias precedidas da mesma letra maiúscula na linha e seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).



**Tabela 3** - Incidência (Inc.%) e índice de doença (ID%) da virose causada pelo SBWMV em quatro épocas após a semeadura (referente a 2<sup>a</sup> época – 07/07/2007)

Genótipos	DIAS APÓS A SEMEADURA			Índice de doença (%)		
	Incidência (%)			Índice de doença (%)		
	62	85	115	62	85	115
CEP 28-Guará	35	65	68,3	A 13,6 abc	AB 29,0 bcd	B 33,0 bc
Embrapa 53	28,3	22,5	16,6	A 7,6 abc	A 9,2 abc	A 7,6 a
BRS 148	3,4	8,3	0	A 0,73 a	A 2,0 a	A 0,0 a
Fundacep 48	48,3	25	23,3	A 12,3 abc	A 10,3 abcd	A 9,0 ab
PFT 307	3,3	3,3	0	A 0,6 a	A 0,6 a	A 0,0 a
IPR 111	50	58,3	35,6	A 17,3 abc	A 20,3 abcd	A 16,2 abc
IAC 5-Canindé	5,5	8,9	10,7	A 4,3 ab	A 5,4 ab	A 5,8 a
IAPAR 23-Arapoti	55,5	73,3	73,3	A 26,8 bc	A 34,5 d	A 34,6 c
BRS Minotauro	50,8	41,6	20	A 18,0 abc	A 17,5 abcd	A 9,6 ab
BRS Netuno	53,3	17,8	15,5	A 10,6 abc	A 8,8 abc	A 6,1 a
BRS Ulisses	71,6	83	85	A 30,3 c	A 32,5 cd	A 34,8 c
BRS 203	11,6	16,6	10	A 4,0 ab	A 3,3 a	A 2,0 a

Médias precedidas da mesma letra maiúscula na linha e seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Na segunda época de semeadura do ano de 2007 houve maior Inc. (%) e ID (%) quando comparado a 1ª época. Este fato pode estar relacionado com as condições ambientais mais favoráveis a infecção e expressão dos sintomas, conforme já relatado por Cadle-Davidson et al. (2003).

Com exceção do genótipo PFT 307 todos os outros apresentaram aumento gradativo no ID (%) e na incidência na primeira época de semeadura do ano de 2008 (Tabela 4).

Conforme se pode observar na Tabela 4 os maiores valores de ID (%) foram apresentados aos 108 dias após a semeadura, sendo que, o genótipo IAC 5-Canindé foi o mais severamente atacado, seguido pelo PFT 0608, os quais apresentaram ID (%) superiores a 80%. Com índice de doença entre 50% e 79% estão BRS Ulisses, IAPAR 23-Arapoti, CEP 28-Guará, IPR 111, e BRS Minotauro.

Resultados semelhantes foram encontrados também para a segunda época de plantio (Tabela 5), quando os genótipos CEP 28-Guará, IAPAR 23-Arapoti, IAC 5-Canindé foram os que apresentam índices mais elevados do SBWMV. Aos 108 dias, apresentaram ID (%) igual ou superior a 80% e incidência de 100%. Nos demais genótipos o ID (%) variou de 5,77% para PFT 307 a 74,66% em BRS Netuno.

Os valores foram mais elevados tanto para incidência quanto para ID (%) na segunda época do segundo ano de plantio (2008) para a maioria dos genótipos, com exceção do genótipo PFT 307, que demonstrou elevada tolerância nos dois anos.

**Tabela 4** - Incidência e índice de doença (ID%) da virose causada pelo SBWMV em quatro épocas após a semeadura (referente à 1ª época de plantio 12/06/2008)

Genótipos	DIAS APÓS A SEMEADURA											
	Incidência (%)				Índice de doença (%)							
	62	75	95	108	62	75	95	108	62	75	95	108
CEP 28-Guará	100	100	100	100	A 23,1abcd	B 45,7 bcde	B 51,6 cde	B 58,6 cd				
Embrapa 53	15,5	100	100	100	A 3,0 a	B 22,6 ab	AB 22,0 ab	B 24,8 ab				
BRS 148	26,6	100	100	100	A 6,2 a	AB 24,2 ab	B 31,0 abc	B 37,3 bc				
Fundacep 48	48,8	100	100	100	A 10,6abc	B 32,8 ab	B 35,0 bc	B 43,1 bc				
PFT 307	17,7	53,3	51	51	A 3,5 a	A 10,6 a	A 9,7 a	A 9,6 a				
IPR 111	66	100	100	100	A 20,0abcd	B 46,6 bcde	B 51,6 cde	B 55,1 cd				
IAC-5 Canindé	100	100	100	100	A 34,6 cd	B 66,6 de	BC 77,0 f	C 88,4 f				
IAPAR 23- Arapoti	100	100	100	100	A 23,0abcd	B 44,4 bcde	B 53,3 cdef	B 61,7 cde				
BRS Netuno	59,9	100	100	100	A 12,0abcd	B 41,7 bcd	B 42,0 bcd	B 48,0 bc				
BRS Minotauro	41,8	100	100	100	A 8,4 ab	B 36,4 bc	B 40,5 bcd	B 50,6 c				
BRS Ulisses	100	100	100	100	A 33,1 bcd	B 59,7 cde	B 63,2 def	B 76,4 def				
BRS 203	48,8	100	100	100	A 10,5 abc	B 31,7 ab	B 31,3 abc	B 37,3 bc				
PFT 0608	100	100	100	100	A 36,6 d	B 67,5 e	B 75,0 ef	B 85,3 ef				

Médias precedidas da mesma letra maiúscula na linha e seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

**Tabela 5** - Incidência e índice de doença ID% de virose causado pelo SBWMV em quatro épocas após a semeadura (referente a 2ª época de plantio 02/07/2008)

Genótipos	DIAS APÓS A SEMEADURA			Índice de doença (%)			
	62	75	95	62	75	95	108
CEP 28-Guará	100	100	100	A 66,6 e	A 81,3 e	A 80,0 b	A 84,0 c
Embrapa 53	100	100	100	A 49,7 bcde	A 57,7 bcde	A 66,0 b	A 66,6 bc
BRS 148	100	100	100	A 19,9 ab	AB 40,8 abc	B 60,0 b	B 53,7 bc
Fundacep 48	100	100	100	A 28,8 abc	AB 40 ab	B 54,2 b	AB 48,6 b
PFT 307	26,6	55	44,4	A 13,3 a	A 12,4 a	A 8,8 a	A 5,7 a
IPR 111	100	100	100	A 35,1 abcd	AB 44,4 bcd	AB 51,5 b	B 60 bc
IAC-5 Canindé	100	100	100	A 57,3 cde	A 71,5 cde	A 73,7 b	A 80 c
IAPAR 23- Arapoti	100	100	100	A 37,7 abcde	B 67,5 bcde	B 80 b	B 81 c
BRS Minotauro	100	100	100	A 43,1 abcde	AB 49,7 bcd	B 68,4 b	B 73,3 bc
BRS Netuno	100	100	100	A 51 bcde	A 60 bcde	A 69,7 b	A 74,6 bc
BRS Ulisses	100	100	100	A 54,4 cde	A 74,6 de	A 68,0 b	A 70,3 bc
BRS 203	100	100	100	A 51,9 cde	A 45,7 bcd	A 52,8 b	A 57,3 bc
PFT 0608	100	100	100	A 60,4 de	A 64 bcde	A 71,5 b	A 74 bc

Médias precedidas da mesma letra maiúscula na linha e seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Este fato pode ser explicado pela quantidade de chuvas e temperatura favoráveis ocorridas durante a condução dos experimentos, uma vez que a disponibilidade de água no solo após a semeadura é extremamente importante para que o vetor possa migrar para as radículas das plântulas recém estabelecidas.

Também Dalbosco et al. (2002a) encontraram incidência e ID (%) diferentes em duas épocas de plantio sugerindo que as condições ambientais são decisivas para o estabelecimento da doença e a cada ano, dependendo da combinação temperatura/umidade a dinâmica da doença pode se alterar.

Segundo Cadle-Davison et al. (2006b) apenas três dias de diferença na época de semeadura pode refletir em diferenças significativas na incidência da doença. Esta colocação, por si só, explica que há pouca probabilidade de os resultados serem constantes em semeaduras distintas podendo-se apenas observar a tendência dos genótipos em determinadas condições.

Os resultados encontrados no presente estudo mostram que o genótipo Embrapa 53 apresentou ID (%) de 66,6% e incidência de 100% na segunda época de plantio de 2008, mostrando-se suscetível ao SBWMV, enquanto que PFT 307 teve incidência menor que variou de 26,6% a 44%.

Campbell et al. (1975) verificou incidência de 6 a 7% em cultivares resistentes e de até 100% em cultivares suscetíveis ao mosaico do trigo. Resultados semelhantes foram encontrados no presente no ano de 2007, onde o genótipo resistente PFT 307 apresentou incidência de 3,3% e o genótipo suscetível IAPAR 23-

Arapoti esse valor chegou a 73%. Já no ano de 2008 a incidência e o índice de doença foram mais elevados inclusive nos genótipos considerados resistentes em função da alta pressão de inoculo e condições de temperatura e umidade favoráveis ao estabelecimento da doença.

As diferenças encontradas entre os dois anos e épocas de semeadura (2007 e 2008) podem ser explicadas pelas condições ambientais de cada ano e época.

Na primeira época de semeadura de 2007 (12/06/2007) os valores de incidência e ID (%) foram baixos, fato que pode ser atribuído a baixa precipitação pluvial 68 mm, mesmo com a irrigação complementar fornecida não tenha sido suficiente para que ocorresse a transmissão do SBWMV, pois a temperatura também ficou abaixo da média (13 °C). Pois Segundo Driskel et al., (2002) temperaturas inferiores a 14 °C não favorecem o vetor.

No entanto na segunda época de semeadura de 2007 (07/07/07) aos 123 dias o BRS Ulisses apresentou ID (%) de 34,8% e incidência de 85%. Esse aumento na incidência e no índice de doença para quase todos os genótipos (Tabelas 3), pode ser explicado pela grande quantidade de chuvas em julho 325 mm, ou seja, 172 mm a mais que a média normal para o mês, esse fato aliado a temperatura que chegou a máxima absoluta de 19 °C entre os dias 11 e 31 favoreceram a migração dos zoósporos do vetor para o sistema radicular das plantas e conseqüente transmissão do vírus.

No ano de 2008 tanto na primeira quanto na segunda época de semeadura (07/06/08 e 12/07/08) os valores de incidência e índice de doença foram semelhantes sendo que a incidência ficou em 100% em todos os genótipos, com exceção de PFT 307, cujo índice de doença chegou a 88% no IAC 5-Canindé.

No mês de junho, a precipitação pluvial ficou em torno de 232 mm, bem acima da média normal para o mês; já em julho a precipitação ficou abaixo da média, mas não causou impacto, pois a grande quantidade de chuvas em junho aliada a baixa evaporação nessa época do ano não afetou o solo.

Todos esses fatores aliados à temperatura, ressaltando que o mês de julho registrou alta de 1,9 °C sobre a temperatura do solo e disponibilidade de inoculo foram primordiais para o estabelecimento da virose do mosaico do trigo o que se repetiu nos meses seguintes, quando as condições ambientais, com temperaturas amenas, também foram favoráveis para expressão dos sintomas da doença.

### **3.2 Características agronômicas**

Foram encontradas diferenças significativas foram encontradas para todos os aspectos analisados referentes às características agronômicas (Apêndice E). Observou-se diminuição na estatura das plantas infectadas quando comparadas plantas sadias e infectadas (Tabela 6). O genótipo CEP 28- Guará apresentou a maior

diferença percentual 30,8%, seguido pelo genótipo IPR 111 30,6% e BRS Ulisses 30% quando comparou-se plantas infectadas às saudáveis.

Nos genótipos IAC 5-Canindé e PFT 0608 a redução percentual foi de 29,5% e 25,6% respectivamente em função da infecção por SBWMV. A redução na estatura das plantas infectadas causa danos à planta e pode comprometer a produção de grãos. Estes resultados confirmam os encontrados por Dalbosco et al. (2002), quando a redução em sete cultivares de trigo infectados com SBWMV variou de 4,2% a 27,5%, nas cultivares de triticale avaliadas a redução percentual foi de 9,5% na Embrapa 53 e 12,2% na IAPAR 23-Arapoti.



**Figura 1-** Sintomas de redução de porte e de perfilhamento em planta de triticale (PFT 0608) infectada pelo SBWMV.



**Tabela 6-** Estatura, número de afilhos e número de espigas em cinco genótipos de triticales infectados com o SBWMV e respectivos controles sadios

Genótipos	Estatura (cm)		*Variação (%) {(S-I)/S}*100	Número de afilhos		Variação (%) {(S-I)/S}*100	Número de espigas		Variação (%) {(S-I)/S}*100
	Infectada	Sadia		Infectada	Sadia		Infectada	Sadia	
<b>IPR 111</b>	B 63,4 b	A 91,4 c	30,6	B 1,9 a	A 2,9 a	34,5	A 0,2 a	A 2,4 b	91,8
<b>IAC 5-Canindé</b>	B 51 a	A 72,4a	29,5	A 4,8 c	B 2,6 a	-84,6	A 0,0 a	A 0,6 a	100
<b>CEP 28- Guará</b>	B 56,6 ab	A 81,8 b	30,8	A 3,73 bc	A 2,9 a	-27,6	B 0,0 a	A 2,2 b	100
<b>BRS Ulisses</b>	B 57,4 ab	A 82 b	30	A 3 b	A 2,6 a	-15,4	B 0,6 a	A 2,2 b	72,7
<b>PFT 0608</b>	B 57,7 ab	A 77,6 ab	25,6	A 2,08 a	A 2,46 a	12,5	B 0,26 a	A 2,3 b	88,7
<b>CV 5 (%)</b>				<b>CV 18.37 (%)</b>		<b>CV 43.75 (%)</b>			

\* **Variação percentual** {(Sadia-Infectada)/Sadia}\*100

Médias precedidas da mesma letra maiúscula na linha e seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Segundo Souza et al. (2005), em genótipos suscetíveis ao mosaico do trigo, nos quais a infecção inicia-se precocemente as plantas são severamente atrofiadas (Figura 2); A planta infectada do genótipo IPR 111 teve uma redução de 30,6% na estatura quando comparado a planta sadia (Tabela 6).



**Figura 2-** Redução de estatura provocada pelo SBWMV em triticale (IPR 111). Planta da esquerda infectada e da direita sadia.

Os sintomas causados pelo SBWMV dependem da cultivar utilizada e da idade do hospedeiro no momento da infecção,

sendo ambos os fatores altamente influenciados pelas condições ambientais (BRAKKE, 1971; BRUHEL, 1987).

Campbell et. al. (1975), encontrou redução de 4,7% na estatura de plantas de trigo suscetíveis ao mosaico do trigo. Esse mesmo resultado foi encontrado por Dalbosco et al. (2002b) em cultivar de trigo resistente ao mosaico, também Hunger et al. (1989) encontraram redução de 4,2% em genótipo resistente, reforçando a afirmação de que a expressão dos sintomas do mosaico, bem como os danos provocados pela virose, dependem da reação de cada genótipo e das condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento da doença.

A incidência de 100% em todas as avaliações do ano de 2008 e um índice de doença que superou 80% mostra a estreita relação entre estes fatores e os danos provocados pelo SBWMV no genótipo CEP 28- Guará, que teve sua estatura drasticamente reduzida quando infectado pela virose. A presença do vírus foi confirmada por teste DAS-Elisa, representando um avanço nas técnicas de diagnóstico no Brasil, pois até então os trabalhos realizados, baseavam-se apenas na sintomatologia e verificação da presença dos esporos de repouso do vetor no sistema radicular.

Acompanhando o CEP 28-Guára, os demais genótipos como o IAC 5-Canindé, BRS Ulisses e IPR 111, que em condições extremamente favoráveis ao desenvolvimento da virose em 2008, sofreram redução de estatura (fator que pode representar diminuição na produção de grãos) Figura 2, também apresentaram incidência e índice de doença elevados nas avaliações.

O genótipo IPR 111 apresentou maior número de afilhos nas plantas sadias com 34,5% a mais que em plantas infectadas pelo SBWMV (Tabela 6), mesmo comportamento foi observado no PFT 0608 com 12,5% mais afilhos nas plantas sadias em relação às infectadas, enquanto os genótipos IAC 5-Canindé, CEP 28- Guará, BRS Ulisses, demonstraram reação contrária, sendo que o número de afilhos foi maior em plantas infectadas, essas variações podem ser explicadas pela reação de cada genótipo em relação à presença do vírus.

Em alguns genótipos a virose induziu um afilhamento excessivo, nos genótipos IPR 111 e PFT 0608 houve diminuição de estatura e de afilhos em plantas infectadas, nos demais ocorreu o aumento de afilhos acompanhado da diminuição da estatura Figura 3, o que reforça a afirmação de que essas diferenças podem ser devidas a reação de cada genótipo à virose. O genótipo IAC 5-Canindé apresentou um aumento de 84,6% no número de afilhos nas plantas infectadas em relação as sadias. O número de afilhos em plantas infectadas aumentou 27,6% no genótipo CEP 28- Guará e 15,4% no BRS Ulisses (Tabela 6). Campbell et al. (1975) observaram que plantas de trigo infectadas com SBWMV apresentaram um número de afilhos reduzido quando comparadas a plantas sadias, contrariando os resultados obtidos por Hunger & Sherwood (1985) que constataram em plantas suscetíveis ao mosaico do trigo SBWMV um afilhamento excessivo quando infectados pelo vírus.

Dalbosco et al. (2002b) constataram nas cultivares de trigo BR 32 e Embrapa 16 maior número de afilhos em plantas sem sintomas de mosaico, por outro lado observaram super afilhamento nas plantas infectadas nas cultivares OR 1 IAC 5-Maringá e Embrapa 17 onde a variação foi de 32,4%, 20% e 11,4% respectivamente. No entanto, em triticale, nos cultivares Embrapa 53 e IAPAR 23 não houve diferença, entre plantas infectadas e sadias.

O número de espigas por plantas foi mais elevado nas plantas sadias em todos os genótipos (Tabela 6), enquanto plantas infectadas apresentaram um número reduzido de espigas. Apesar de a virose ter provocado um aumento no número de afilhos nos genótipos IAC 5-Canindé, CEP 28- guará e BRS Ulisses, isso não significou o aumento do número de espigas nas plantas infectadas, sugerindo que o excesso de afilhos consome energia na fase vegetativa não priorizando a fase reprodutiva nestes genótipos.

A infecção viral inibiu 100% da formação de espigas nos genótipos IAC 5-Canindé e CEP 28-Guará, onde as plantas infectadas pelo vírus não apresentavam espigas (Tabela 6).

Já nos genótipos IPR 111, PFT 0608 e BRS Ulisses a infecção viral inibiu 91,8%, 88,7% e 72,7% respectivamente, a formação de espigas.

Os genótipos IAC 5-Canindé, BRS Ulisses e PFT 0608 foram os que sofreram as maiores alterações em função da infecção por SBWMV, quando analisadas as características agrônômicas, estes também foram os que apresentaram maior incidência e índice de

doença no ano de 2008, mostrando que quanto maior a incidência e índice de doença da virose nas plantas, maiores serão os danos sofridos pelas mesmas.

Dados semelhantes foram encontrados por Lanzarini (2006) onde plantas infectadas com BYDV tiveram o número de espigas drasticamente reduzido. Apesar do tipo de movimentação viral ser diferente do SBWMV, nesse caso, o dano provocado foi o mesmo.



**Figura 3**– Planta de tritcale (PFT 0608), infectada por SBWMV, mostrando número de afilhos, de espigas e estatura reduzidos, quando comparada à planta sadia

Como ilustram as Figuras 1 e 2 os danos provocados pela virose do mosaico do trigo em genótipos de triticales, são redução na estatura, diminuição em alguns casos, do número de afixhos, dependendo da resposta de cada genótipo à virose, redução do número de espigas acompanhados de necrose total ou parcial dos tecidos. Os genótipos que apresentam os maiores danos são também aqueles que apresentam maior índice de doença e incidência da doença causada pelo SBWMV.

#### **4 CONCLUSÕES:**

- a) Além da presença do vetor virulífero e da água livre no solo a temperatura entre 14 e 23 °C é fator determinante para o estabelecimento da doença causada pelo SBWMV.
- b) A incidência do SBWMV está fortemente relacionada com os níveis de tolerância apresentados por cada genótipo.
- c) O SBWMV reduz: a estatura de plantas e o número de espigas em triticales.
- d) O SBWMV pode aumentar o número de afixhos, este fato está relacionado com a reação de cada genótipo ao vírus.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, M. J.; SWABY, A. G. Factors affecting the production and motility of zoospores of *Polymyxa graminis* and their transmission of *Barley yellow mosaic virus* (BaYMV). *Ann. Appl. Biol.* v.112, p.69-78, 1988.

ALLAIN, C. C.; POON, L. C.; CHAN, C. S. G.; RICHMOND, W.; FU, P. C. Enzimatic determination of total serum cholesterol. *Clinical Chemistry.*, v.20, p.470-475, 1974.

BAADER, W. J. Formação enzimática de compostos carbonílicos no estado triplete a partir de substratos Enólicos: Uma abordagem cinética. *Química Nova*, v.12, n.4, p.325, 1989.

BAIER, C. A.; NEDEL, J. L.; REIS, E. M. WIETHÖLTER, S. Triticale: cultivo e aproveitamento. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, Brasil, 1994.

BARBOSA, M. M. Controle genético da resistência ao vírus do mosaico do trigo em *Triticum aestivum* L. Thell 1996. Dissertação (Mestrado em Agronomia/genética). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 1996.

BARR, D.J.S. Morphology and host range of *Polymyxa graminis*, *Polymyxa betae* and *Ligniera pilorum* from Ontario and some other areas. *Can. J. Plant pathology*, v.1, p.85-94, 1979.



BEHL, M. K.; CHOWFLA, S. C. Alteration in metabolism induced by necrotic strain of *Potato virus Y* in tomato cultivars. *Indian J. Mycol. Plant pathology*, v.2, p.205-207, 1991.

BINOTTO-MISSIURA, F. B. Alterações metabólicas promovidas pelo *Papaya ringspot virus type W* em plantas de melancia. 2005. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2005.

BIRECKA, H.; CATALFAMO, J. L.; URGAN, P. Cell wall and protoplast isoperoxidases in tobacco plants in relation to mechanical injury and infection with *Tobacco mosaic virus*. *Plant Physiology*, v. 55, p. 611-619, 1975.

BOWEN, K. L.; MURPHY, J. F.; FLANDERS, K. L.; MASK, P. L.; LI, R. Incidence of viruses infecting winter wheat in Alabama. *Plant Disease*, v. 87, p. 288-293, 2003.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye-binding. *Anal. Biochem.*, v. 72, p. 248-254, 1976.

BRAKKE, M. K. *Soil borne wheat mosaic virus*. In: Descriptions of Plant viroses. p. 77. 1971.

BRAKKE, M.K.; ESTES, A.P.; SCHUSTER, M.L. Transmission of soil-borne wheat mosaic virus. *Phytopathology*, v. 55, p. 79-86. 1965.

BROETTO, F.; CASA, A. M.; MALAVOLTA, E.; LOPES, C.R. Isoenzymatic polymorphism and activity of peroxidases of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under saline stress. *Sci. Agric.*, v. 54, n. 3, Piracicaba, 1997.

BROWN, F. The classification and nomenclature of viruses. Summary of results of meeting of the International Committee on Taxonomy of Viruses in Edmonton, Canada, August 1987. *Intervirology*, v. 30, p. 181-186, 1989.

BRUHEL, G. W. *Wheat soilborne mosaic*. In: Soilborne plant pathogens. New York: Maxmillan. p. 264-124, 1987.

CADLE-DAVIDSON, L.; SCHINDELBECK, R. R.; VAN ES, H. M.; GRAY, S. M.; BERGSTROM, G. C. Using Air Pressure Cells to Evaluate the Effect of Soil Environment on the Transmission of Soilborne Viruses of Wheat. *Phytopathology*, v. 93, n. 9, p. 1131-1136, 2003.

CADLE-DAVIDSON, L.; SORRELLS, M. E.; GRAY, S. M.; BERGSTROM, G. C. Identification of Small Grains Genotypes Resistant to *Soil borne wheat mosaic virus*. *Plant Disease*, v. 90, n. 8, p. 1039-1044, 2006a.

\_\_\_\_\_. Identification of Small Grains Genotypes Resistant to *Wheat spindle streak mosaic virus*. *Plant Disease*, v. 90, n. 8, p. 11045-1050, 2006b.

CAETANO, V.R.; PIEROBON, C.R.; LUZZARDI, G.C.; PRESTES, A.M. Mosaico do trigo começa a causar problema. Pelotas. Instituto

de Pesquisa Agropecuária do Sul (IPEAS. Indicação de pesquisa, 13). 1971.

CAETANO, V. R. Mosaico do trigo transmitido pelo solo "*wheat soilborne mosaic virus*" Tobamovirus. In: Fundação Cargill. Trigo no Brasil. Campinas, v.2, p.563-570, 1982.

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

CAMPBELL, L.G.; HEYNE, E.G.; GRONAU, D.M.; NIBLET, C. Effect of soilborne wheat mosaic virus on wheat yield. *Plant Disease*, v.59, p. 472-476, 1975.

CARVALHO, M.G. Viroses vegetais. *Fitopatologia Brasileira*, v.6, p.299-300, 1981.

CARVALHO, F. I. F.; NASCIMENTO JUNIOR, A.; PIANA, C. F. B. Triticale. In: BARBIERE, R. L.; STUMPF, E. R. T. Origem e evolução de plantas cultivadas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p.909, 2008.

CHEN, J.; STUART, A.; MACFARLANE, S.A.; WILSON, T.M.A. Effect of cultivation temperature on the spontaneous development of deletions in *Soilborne wheat mosaic furovirus* RNA 2. *Phytopathology*, v.85, p.299-306, 1995.

CHEN, J.; WILSON, T. M. A. Taxonomy of rigid rod-shaped viruses transmitted by fungi. *Agronomie*, v.15, p.421-426, 1995.

CLARK, M. F.; ADAMS, A. N. Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. *Journal General Virology*, v.34, p.475-483, 1977.

COLOMBO, C. R. Efeito do tratamento de sementes com inseticida imidacloprid sobre a virose do nanismo amarelo da cevada em aveia. 2002. Dissertação de mestrado, Universidade de Passo Fundo – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Passo Fundo – RS, 2002.

Comissão Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo, 2005. Indicações Técnicas da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 2005. Cruz Alta, RS: FUNDACEP. p.162, 2005.

Comissão Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo, 2008. Indicações Técnicas da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 2008. Cruz Alta, RS: FUNDACEP. p.48, 2008.

DALBOSCO, M.; SCHONS, J.; PRESTES, A. M. Incidência e índice de doença do mosaico do trigo em cereais de inverno e gramíneas de verão, associados ao *Polymyxa graminis*. *Fitopatologia Brasileira*, v.27, n.1, p.48-52, 2002a.

DALBOSCO, M.; SCHONS, J.; PRESTES, A. M.; CECCHETTI, D. Efeito do vírus do mosaico do trigo sobre o rendimento de trigo e triticale. *Fitopatologia Brasileira*, v.27, n.1, p.53-57, 2002b. Suplemento.

DAVIES, D. D; GIOVANELLI, J.; REES, T. Bioquímica vegetal. Barcelona: Omega, p.504, 1969.

DRISKEL, B. A.; DOSS, P.; LITTLEFIELD, L. J.; WALKER, N. R.; VERCHOT-LUBICZ, J. *Soilborne wheat mosaic virus* Movement Protein and RNA and *Wheat spindle streak mosaic virus* Coat Protein Accumulate Inside Resting Spores of Their Vector, *Polymyxa graminis*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, v.17, n.7, p.739-748, 2004.

DRISKEL, B. A.; HUNGER, R. M.; PAYTON, M. E.; VERCHOT-LUBICZ, J. Response of hard red winter wheat to *Soilborne wheat mosaic virus* Using Novel Inoculation Methods. *Phytopathology*, v.92, n.4, p.347-354, 2002.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HALMITON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, v.28, p.350-356, 1956.

EVERSMEYER, M.G.; WILLIS, W.G.; KRAMER, C.L. Effect of soil fumigation on occurrence and damage caused by soilborne wheat mosaic. *Plant Disease*, v.67, p.1000-1002. 1983.

FAJARDO, Thor V.M.; EIRAS, M.; SANTOS, H. P.; NICKEL O.; KUHN, G. B. Detecção e caracterização biológica e molecular de *Rupestris stem-pitting associated virus* e seu efeito na fotossíntese de videiras. *Fitopatologia Brasileira*, v.29, n.2, p.209-214, 2004.

FAO. FAOSTAT 2009. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. acesso em: 26 fevereiro de 2009.

FATIBELLO, O. Filho; VIEIRA, I.C. Uso analítico de tecidos e de extratos brutos vegetais como fonte enzimática. *Química nova*, v.25, n.3, p.455-464, 2002.

GONÇALVES, M.C.; VEGA, J.; OLIVEIRA, J.G.; GOMES, M.M.A. *Sugarcane yellow leaf virus* infection leads to alterations in photosynthetic efficiency and carbohydrate accumulation in sugarcane leaves. *Fitopatologia Brasileira*, v.30, n.1, p.10-16, 2005.

HADIDI, A.; KHETARPAL, R. K.; KOGANEZAWA, H. Plant virus disease control. APS PRESS, 2002.

HAMMERSCHMIDT, R.; NUCKLES, E.; KUC, J. Association of enhanced peroxidase activity with induced systemic resistance of cucumber to *Colletotrichum lagenarium*. *Physiology Plant Pathology*, v.20, p.73-80. 1982.

HIMMEL, P.T.; SIMMONS, F.W.; HEWINGS, A.D.; GLAWE, D.A. Effects of soil water status on infection of soft red winter wheat by *Soilborne wheat mosaic virus*. *Canadian Journal of Plant Pathology*, v.14, p.147-151. 1992.

HOPKINS, W. G. *Introduction to plant physiology*. New York: John Wiley & Sonns, 464 p, 1995.

HULL, R. Matthews' Plant Virology. 4 ed. New York. *Academic Press*, 2002.

HUNGER, R. M.; SHERWOOD, J. L. Use of symptomatology and virus concentration for evaluating resistance to wheat *Soilborne mosaic virus*. *Plant Disease*, v.69, p.848-850, 1989.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE; GRUPO DE COORDENAÇÃO DE ESTATÍSTICAS AGROPECUÁRIAS, GCEA Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, Janeiro 2009. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_200706\\_5.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_200706_5.shtm). Acesso em: 26 fevereiro. 2009.

JADÃO, A. S.; PAVAN, M. A.; KRAUSE-SAKATE, R.; ZERBINI, F. M. Efeitos na fotossíntese e área foliar de cultivares de alface inoculadas mecanicamente com patótipos do Lettuce mosaic virus e *Lettuce mottle virus*. *Fitopatologia Brasileira*, v.29, n.1, p.7-11, 2004.

KANYUKA, K.; WARD, E.; ADAMS, M. J. Polymyxa graminis and the cereal viruses it transmits: a research challenge. *Molecular Plant Pathology*, v.4, p.393-406, 2003.

KAPOORIA, R. G.; NDUNGURU, J.; CLOVER, G. R. G. First Reports of *Soil borne wheat mosaic virus* and *Wheat spindle streak mosaic virus* in Africa. *Plant disease*, v.84, n.8, p.921, 2000. Disease notes.

KAYS, E. J. Postharvest physiology of perishable plant products. New York: V. N. Reinhold, 1991, 532 p.

LANGENBERG, W. G. No resistance found to *Polymyxa graminis*, vector of *Soil-borne wheat mosaic virus*, in sorghum, corn and wheat cultivars. *Annu. Wheat Newls*, v.30, p.145-146, 1984.

LANZARINI, A. C. Alterações metabólicas, eficiência de transmissão e danos promovidos pelo *Barley yellow dwarf virus* (BYDV-PAV) em cinco cultivares de trigo 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2006.

LECHINOSKI, A.; FREITAS, J. M. N.; CASTRO, D. S.; LOBATO, A. K. S.; NETO, C. F. O.; CUNHA, R. L. M. Influência do estresse hídrico nos teores de proteínas e aminoácidos solúveis totais em folhas de teça (*Tectona grandis* L. f.). *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v.5, p.927-929, 2007. Suplemento 2.

MACIEL, H. P. F.; GOUVÊA, C. M. C. P.; PASTORE, G. M. Extração e caracterização parcial de peroxidase de folhas de *Copaifera langsdorffii* Desf. *Ciênc. Tecnol. Aliment*, v.27, n.2, p. 221-225, 2007.

MAGALHÃES, A. C. N. Fotossíntese. In: FERRI, M. G. Fisiologia vegetal. São Paulo: EPU: Ed. da Universidade de São Paulo, p.3-331, 1979.

MAGALHÃES, P. C. et al. Alterações nos níveis relativos de açúcares solúveis totais e de proteínas em plantas de milho infectadas com mollicutes. *Revista brasileira de milho e sorgo*, v.4, n.3, p.335-343, 2005.

MARTINS, T. D.; LAVORENTI, N. A.; URASHIMA, A. S. Comparação entre métodos de avaliação de transmissão de *Pyricularia grisea* através de sementes em triticales. *Fitopatologia Brasileira*, v.29, n.4, p.425-428, 2004.



MORALES, F. El entorchamiento del arroz: un modelo para el manejo integrado de enfermedades virales. In: Foro Arroceros latinoamericano. v.7, n.1, p.12-15, Copyright, 2001.

MUNDSTOCK, C. M. Cultivo dos cereais de estação fria: trigo, cevada, aveia, centeio, alpiste e triticales. Porto Alegre: UFRGS, 1983. 265 p.

NASCIMENTO JUNIOR, A.; WIETHÖLTER, S.; BAIER, A. C. Triticale production in Brazil. *Triticale topics*, v.1, p.20-21, 2005.

NASCIMENTO JUNIOR, A.; BIANCHIN, V.; TOLEDO, K. G.; KLEIN, C. B.; FERREIRA, S. A.; MORAES, M. C.; ARCARI, G.A.; SCHONS, J.; LAU, D. . Reação de genótipos de centeio e de triticales à virose do mosaico. In: II REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE TRIGO E TRITICALE, 2008, Passo Fundo. II REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE TRIGO E TRITICALE. Passo Fundo : Embrapa Trigo, v.1, 2008.

NASCIMENTO JUNIOR, A.; BIANCHIN, V. Triticales: situação atual, mundial e brasileira. In: II REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE TRIGO E TRITICALE, 2008, Passo Fundo. II REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE TRIGO E TRITICALE. Passo Fundo : Embrapa Trigo, v.1, 2008.

NETO, C. F. O.; LOBATO, A. K. S.; COSTA, R. C. L. Teor de proteínas solúveis totais em folhas de duas cultivares de feijão-caupi sob estresse hídrico. [S.n.t.].

NICOLINI-TEIXEIRA, F. N.; SCHONS, J.; COLOMBO, C. R.; SOUZA, R. Avaliação de *Barley yellow dwarf virus* em genótipos de aveia. *Revista Brasileira Agrociência*, Pelotas, v.12, n.4, p.423-427, 2006.

PISA, I. M. T.; LIMA, G. P. P.; BRASIL, O. G. Atividade de peroxidase e níveis de proteínas em plantas de abacaxizeiro micropropagadas em meio salino. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.9, n.4, p.361-366, 2003.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. Rio de Janeiro, 5 edição, ed. Guanabara Koogan, p.1-711, 1992.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; FORCELINI, C. A. Doenças do Trigo. In: FILHO, A. B.; Kimati, H.; AMORIM, L. *Manual de Fitopatologia*. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres Ltda, v.2, p.725-735, 1997.

SCHONS, J. Efeito do vírus do enrolamento da folha da batata sobre os teores de poliaminas, proteínas, açúcares e atividade da peroxidase em cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.) com diferentes níveis de resistência. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu, 1997.

SCHONS, J.; DALBOSCO, M. Effects of SBWMV on the levels of protein and activity of peroxidases in wheat. *Virus reviews* Supplement I, v.5, n.2, p.88, 2000.

SCHONS, J.; DALBOSCO, M.; PANISSON, E.; BOLLER, W.; SOUZA, R. Danos causados pelo *Barley yellow dwarf virus* em trigo. *Fitopatologia Brasileira*, v.24 (Suplemento), p.359, 2000.

SCHONS, J.; DALBOSCO, M. Identificação de estirpes do vírus do nanismo amarelo da cevada. *Fitopatologia Brasileira*, n.24, p.359, 1999.

SCHONS, J.; PAVAN, M. A.; BRASIL, O. G. Efeito do PRSV-W sobre os níveis de proteínas solúveis e atividade da peroxidase em melancia (*Citrullus lanatus* Thurb Mansf.). *Fitopatologia brasileira*, v.20, 1995. Suplemento.

SHIRAKO, Y.; BRAKKE, M. K. Two purified RNAs of *Soil borne wheat mosaic virus* RNA II, *Journal Genetic Virology*, v.65. p.855-858, 1984.

SOARES, R. M.; MARINGONI, A. C.; LIMA, G. P. P. Ineficiência de acibenzolar-S-methyl na indução de resistência de feijoeiro comum à murcha-de-Curtobacterium. *Fitopatologia Brasileira*, v.29, n.4, 2004.

SOUZA, R.; SCHONS, J.; BRAMMER, S.; PRESTES, A.; SCEREN, P.; NICOLINI-TEIXEIRA, F.; CECCHETTI, D.; LANZARINI, A. C. Efeito do *Soil borne wheat mosaic virus* sobre o metabolismo de cinco genótipos de trigo com diferentes níveis de resistência a doença. *Fitopatologia Brasileira*, v.30, n.4, p.400-403, 2005.

SLYKHUIS, J. T. Differentiation of transmission and incubation temperatures for *Wheat spindle streak mosaic virus*. *Phytopathology*, v.64, p.554-557. 1974.

TANAKA, M.A.S. Patogenicidade e transmissão por semente do agente causal da ramulose do algodoeiro. Tese de doutorado. Piracicaba: ESALQ, 1990.

TORRANCE, L.; MAYO, M. A. Proposed re-classification of furoviruses. *Arch. Virol.*, v.142, p.435-439, 1997.

VAN LOON, L. C.; CALLOW, J. A. Transcription and translation in the diseases plant. In: Callow JA (Ed.) *Biochemical Plant Pathology*. John Wiley & Sons, Chichester. p.385-414, 1983.

VAN LOON, L. C.; VAN KAMMEN, A. Polycrylamide gel disc electrophoresis of the soluble leaf protein from *Nicotiniana tabacum* var. "Sansum" and "Sansum NN". Changes in protein constution after infection with *Tobacco mosaic virus*. *Virology*, v.4, p.199-211, 1970.

VAN REGENMORT; FAUQUET, C.M.; BISHOP D.H.L. *Virus Taxonomy – Classification and Nomenclature of viruses*. San Diego: Academic Press, 2000, p.904-908.

VAÏANOPOULOS, A. C.; LEGRÈVE, C. L.; MOREAU, V.; STEYER, S.; MARAITE, H.; BRAGARDE, C. Widespread Occurrence of *Wheat spindle streak mosaic virus* in Belgium. *Plant Disease*, v.90, n. 6, p.723-728. 2006.

ZHOU YH; PENG YH; LEI JL; ZOU LY; ZHENG, JH.; YU JQ. Effects of potato virus YNTN infection on gas exchange and photosystem 2 function in leaves of *Solanum tuberosum* L. *Photosynthetica*. v.42, p.417-423, 2004.

ZERBINI JR., F. M.; CAERVALHO, M. G.; ZAMBOLIM, E. M. Introdução à virologia vegetal. Ed. 1a. Viçosa: Editora UFV, 2006. 145 p.

WADSWORTH, D. F.; YOUNG, H. C. A *Soil borne wheat mosaic virus* in Oklaroma. *Plant Disease Reporter*, v.37, p.27-29, 1953.

WIESE, M. V. Wheat (soilborne) mosaic. In: WIESE, M. V. Compendium of wheat diseases. St. Paul: The American Phytopathological Society, 1977, p.7, p. 27-29, 1953.

71-73.

WU, YUE-XUAN; TIEDEMANN, A. V. Evidence for Oxidative Stress Involved in Physiological Leaf Spot Formation in Winter and Spring Barley. *Phytopathology*, v.92, n.2, p.145-155, 2002.

## **APÊNDICE**

**APÊNDICE A** – Tabela da análise da variância dos valores de atividade peroxidase, capítulo 1.

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
genótipo	3	0.166617	0.055539	26.659	0.0000
condição	1	0.212817	0.212817	102.152	0.0000
genótipo*condição	3	0.105350	0.035117	16.856	0.0001
bloco	2	0.003900	0.001950	0.936	0.4154
erro	14	0.029167	0.002083		
Total corrigido	23	0.517850			
CV (%) =	20.99				
Média geral:	0.2175000	Número de observações:	24		

**APÊNDICE B** – Tabela da análise da variância dos valores de proteínas solúveis, capítulo 1.

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
genótipo	3	5963.136012	1987.712004	80.486	0.0000
condição	1	4050.022204	4050.022204	163.993	0.0000
genótipo*condição	3	1493.150379	497.716793	20.153	0.0000
bloco	2	69.125358	34.562679	1.400	0.2792
erro	14	345.749242	24.696374		
Total corrigido	23	11921.183196			
CV (%) =	7.61				
Média geral:	65.2654167	Número de observações:	24		

**APÊNDICE C – Tabela análise da variância dos valores de açúcares totais, capítulo 1.**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
genótipo	3	2265.568283	755.189428	53.454	0.0000
condição	1	765.914017	765.914017	54.214	0.0000
genótipo*condição	3	392.973483	130.991161	9.272	0.0012
bloco	2	38.718675	19.359338	1.370	0.2861
erro	14	197.788192	14.127728		
Total corrigido	23	3660.962650			
CV (%) =	7.07				
Média geral:	53.1975000	Número de observações:	24		

**APÊNDICE D - Tabela análise da variância dos valores de clorofila, capítulo 1**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
genótipo	3	766.630212	255.543404	630.264	0.0000
condição	1	1230.804038	1230.804038	3035.614	0.0000
genótipo*condição	3	403.701146	134.567049	331.892	0.0000
bloco	2	0.380633	0.190317	0.469	0.6349
erro	14	5.676367	0.405455		
Total corrigido	23	2407.192396			
CV (%) =	3.22				
Média geral:	19.8020833	Número de observações:	24		



**Apêndice E-** análise da variância das variáveis estatura, número de afilhos e número de espigas por plantas.

TABELA DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	Estatura Pr>Fc	Afilhos Pr>Fc	Espigas Pr>Fc
Genótipo	5	0.0000	0.0006	0.0000
condição	1	0.0000	0.0003	0.0000
Genótipo*condição	5	0.2956	0.0000	0.0004
Bloco	2	0.8387	0.6891	0.4909
Erro	22			
Total corrigido	35			
CV (%) =		5.02	18.37	43.75
Média geral:		68.6852	3.0013	0.9277

**Apêndice F-** análise da variância do índice de doença referente à primeira época de 2007.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
gen	11	1619.780941	147.252813	3.194	0.0010
condição	3	230.718347	76.906116	1.668	0.1792
gen*condição	33	987.221128	29.915792	0.649	0.9197
bloco	2	575.567872	287.783936	6.243	0.0029
erro	93	4287.357036	46.100613		
Total corrigido	142	7700.645324			
CV (%) =	80.23				
Média geral:	8.4628671	Número de observações:	143		

**Apêndice G-** análise da variância do índice de doença referente à segunda época de 2007.

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Gen	11	12939.831032	1176.348276	14.452	0.0000
Con	2	90.339335	45.169668	0.555	0.5766
Gen*Con	22	928.690443	42.213202	0.519	0.9569
bloco	2	361.949207	180.974604	2.223	0.1158
erro	70	5697.627126	81.394673		
<b>Total corrigido</b>	<b>107</b>	<b>20018.437144</b>			
CV (%) =	67.66				
Média geral:	13.3337963	Número de observações:	108		

**Apêndice H-** análise da variância do índice de doença referente à primeira época de 2008.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
GEN	12	45292.516760	3774.376397	46.075	0.0000
CON	3	26469.410905	8823.136968	107.706	0.0000
GEN*CON	36	3121.887512	86.719098	1.059	0.4007
BLOCO	2	24.185913	12.092956	0.148	0.8629
erro	102	8355.719954	81.918823		
<b>Total corrigido</b>	<b>155</b>	<b>83263.721044</b>			
CV (%) =	23.34				
Média geral:	38.7762821	Número de observações:	156		

**Apêndice I-** análise da variância do índice de doença referente à segunda época de 2008.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
GEN	12	44103.848776	3675.320731	28.898	0.0000
CON	3	9511.588692	3170.529564	24.929	0.0000
GEN*CON	36	5177.501358	143.819482	1.131	0.3104
BLOCO	2	5816.106719	2908.053360	22.865	0.0000
erro	102	12972.458947	127.180970		
Total corrigido	155	77581.504492			
CV (%) =	20.10				
Média geral:	56.1138462	Número de observações:	156		