



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

**OCORRÊNCIA DO *Barley yellow dwarf virus* e *Cereal yellow dwarf virus*, TRANSMISSIBILIDADE DO BYDV-PAV PELO PULGÃO *Rhopalosiphum padi* E REAÇÃO DE CULTIVARES DE TRIGO AO COMPLEXO VÍRUS/VETOR**

**VÂNIA BIANCHIN**

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

Passo Fundo, março 2008

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

**OCORRÊNCIA DO *Barley yellow dwarf virus* e *Cereal yellow dwarf virus*, TRANSMISSIBILIDADE DO BYDV-PAV PELO PULGÃO *Rhopalosiphum padi* E REAÇÃO DE CULTIVARES DE TRIGO AO COMPLEXO VÍRUS/VETOR**

**VÂNIA BIANCHIN**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Jurema Schons**

**Co-orientador: Prof. Dr. José Roberto Salvadori**

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

Passo Fundo, março 2008



UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOPATOLOGIA



A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação.

*"Ocorrência de Barley yellow dwarf virus e Cereal yellow dwarf virus,  
transmissibilidade do BYDV-PAV pelo pulgão Rhopalosiphum padi e reação  
de cultivares de trigo ao complexo vírus/vetor"*

Elaborada por

VÂNIA BIANCHIN

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em  
Agronomia – Área de Fitopatologia

Aprovada em: 31/03/2008  
Pela Comissão Examinadora

Dra. Jurema Schons  
Presidente da Comissão Examinadora  
Orientadora

Dr. Vilson Antonio Klein  
Coord. Prog. Pós-Graduação em Agronomia

Dr. José Roberto Salvadori  
Embrapa Trigo  
Co-orientador

Dr. Mauro Antônio Rizzardi  
Diretor FAMV

Dr. Douglas Lau  
Embrapa Trigo

Dra. Sandra Maria Mansur Scagliusi  
Embrapa Trigo

B577o Bianchin, Vânia

Ocorrência do *Barley yellow dwarf virus* e *Cereal yellow dwarf virus*, transmissibilidade do BYDV-PAV pelo pulgão *Rhopalosiphum padi* e reação de cultivares de trigo ao complexo vírus/vetor / Vânia Bianchin. – 2008.  
107 f. : il. color. ; 24 cm.

Dissertação (Mestrado em Agronomia)  
– Universidade de Passo Fundo, 2008.  
Orientação: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Jurema Schons.  
Co-orientação: Prof. Dr. José Roberto Salvadori.

1. Trigo – Cultivo. 2. Trigo – Doenças e pragas. 3. Trigo – Inoculação. I. Schons, Jurema, orientadora. II. Salvadori, José Roberto, orientador. III. Título.

CDU 633.11

## **BIBLIOGRAFIA DA AUTORA**

Vânia Bianchin, nascida no dia 19 de maio de 1978 na cidade de São José do Ouro – RS. Engenheira Agrônoma formada no ano de 2003 pela Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC em Lages – SC. Prestou serviço na assistência técnica a produtores rurais pela Cooperativa Agrícola Mista Ourense Ltda – CAMOL, na cidade do Barracão – RS no período de 2004-2006 e ingressou no Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade de Passo Fundo - UPF em março de 2006, área de concentração em fitopatologia.

*Calar para resistir*  
*Pensar para acertar*  
*Agir para vencer*

*Aos meus pais, Adão e*  
*Leda e minha irmã*  
*Graciane em retribuição*  
*a vida, incentivo e amor.*

**DEDICO E OFEREÇO**

## **AGRADECIMENTOS**

*“Um guerreiro da luz nunca esquece a gratidão.*

*Durante a luta foi ajudado pelos anjos; forças celestiais colocaram cada coisa em seu lugar, e permitiram que ele pudesse dar o melhor de si.*

*Os companheiros comentam: “como tem sorte!”. E o guerreiro às vezes consegue mais do que sua capacidade permite.*

*Por isso quando o sol se põe, ajoelha-se e agradece o Manto Protetor a sua volta.*

*Sua gratidão, porém, não se limita ao mundo espiritual; ele jamais esquece os amigos, porque o sangue deles se misturou ao seu no campo de batalha.*

*Um guerreiro.....recorda a ajuda dos outros.....e divide com eles a recompensa.”*

*(Paulo Coelho)*

### **A Deus**

Pela vida e tudo que nela há.

### **A Família**

Agradeço novamente a Deus por ter escolhido colocar em meu caminho pessoas simplesmente imprescindíveis, sem as quais a vida não teria o mesmo sentido.

A meus pais Adão e Leda pela vida, presença, educação, apoio, incentivo, amor, pela minha irmã...

A minha irmã Graciane pela amizade, humor, companheirismo, cumplicidade, amor, carinho, apoio...

A meu namorado Alfredo pelo amor, presença constante, apoio, cumplicidade, paciência...

A meus avós, tios, primos por fazerem parte de minhas conquistas.

### **Aos Amigos**

Que são parte fundamental, uns mais íntimos outros mais distantes, mas sempre presentes. Farei somente alguns nomes por ser absolutamente necessário devido à contribuição nesta etapa vencida.

A Franciely Moschen e a Gisele Arduim pela “parceria” formando um excelente grupo de estudos e um ótimo clube da luluzinha, divido com vocês o sucesso de cada etapa vencida durante o mestrado.

A Elaine Deuner pela amizade, ombro amigo e execução dos trabalhos.

Também as colegas Virgínia, Deise, Mirela, Fernanda e todos os colegas do curso de pós-graduação.

### **Aos Orientadores...**

À orientadora Dra. Jurema Schons pelo apoio, por proporcionar o aprendizado adquirido e pela confiança depositada.

Ao co-orientador Dr. José Roberto Salvadori pela dedicação, disponibilidade, contribuição e ensinamentos.

### **Outras Pessoas**

A muitas outras pessoas que não sei se são família ou amigos ou ambos, que não farei nomes, mas que são igualmente importantes, agradeço a presença e a torcida.

### **Outros Agradecimentos**

À Universidade de Passo Fundo, aos seus professores e funcionários pela oportunidade de realizar o curso;

À CAPES pela concessão da bolsa viabilizando os estudos.

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

Aos funcionários da Embrapa Trigo que contribuíram para a realização deste trabalho, principalmente a equipe da Entomologia e da casa de apoio.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia, pelos ensinamentos e disponibilidade.

Ao CNPq e à Fapergs pelo auxílio financeiro.

## SUMÁRIO

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| <b>LISTA DE TABELAS</b> .....  | xi            |
| <b>LISTA DE FIGURAS</b> .....  | xiv           |
| <b>RESUMO</b> .....  | 1             |
| <b>ABSTRACT</b> .....  | 3             |
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....  | 5             |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....   | 7             |
| 2.1 Importância econômica e perspectivas para a cultura do trigo.....              | 7             |
| 2.2 Principais doenças virais do trigo.....  | 9             |
| 2.3 <i>Barley yellow dwarf virus</i> e <i>Cereal yellow dwarf virus</i>            | 10            |
| 2.3.1 Classificação .....  | 11            |
| 2.4 Ciclo da doença.....   | 14            |
| 2.4.1 Hospedeiros.....   | 15            |
| 2.4.2 Interação vírus – vetor – hospedeiro.....                                    | 16            |
| 2.4.2.1 Transmissão.....   | 17            |
| 2.5 Sintomas causados pela virose do nanismo amarelo da cevada em cereais.....     | 21            |
| 2.6 Danos causados por BYDV e/ou CYDV.....   | 23            |
| 2.7 Manejo virose.....   | 25            |
| 2.7.1 Controle vetor.....  | 25            |
| 2.7.2 Resistência de plantas.....  | 27            |
| 2.8 Detecção e identificação.....  | 28            |
| <b>CAPÍTULO 1</b>  |               |
| <b>OCORRÊNCIA DO BYDV E CYDV NAS PRINCIPAIS REGIÕES TRITÍCOLAS DO BRASIL</b> ..... | 30            |
| <b>RESUMO</b> .....  | 30            |
| <b>ABSTRACT</b> .....  | 32            |
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....  | 34            |
| <b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....  | 36            |
| <b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....  | 39            |
| <b>4 CONCLUSÕES</b> .....  | 43            |

|  |     |
|--|-----|
| <b>CAPÍTULO 2</b>  |     |
| <b>REAÇÃO DE CULTIVARES DE TRIGO AO</b>                      |     |
| <b>COMPLEXO <i>Barley yellow dwarf virus</i>-PAV/AFÍDEOS</b> |     |
| <b>VETORES.....</b>  | 44  |
| <b>RESUMO.....</b>   | 44  |
| <b>ABSTRACT.....</b>   | 46  |
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>                                     | 48  |
| <b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>                             | 50  |
| 2.1 Localização.....   | 50  |
| 2.2 Instalação e condução do experimento.....                | 51  |
| 2.3 Delineamento experimental.....                           | 53  |
| 2.4 Variáveis analisadas.....                                | 53  |
| 2.5 Análise estatística de dados.....                        | 55  |
| <b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                         | 56  |
| 3.1 Características morfológicas.....                        | 56  |
| 3.2 Rendimento de grãos e seus componentes.....              | 63  |
| 3.3 Concentração viral (leitura em absorbância com filtro    |     |
| de 405nm).....   | 71  |
| 3.4 Sintomatologia.....                                      | 72  |
| <b>4 CONCLUSÕES.....</b>                                     | 77  |
| <br>   |     |
| <b>CAPÍTULO 3</b>  |     |
| <b>MOVIMENTO DO BYDV-PAV NA PLANTA EM</b>                    |     |
| <b>FUNÇÃO DO REGIME TÉRMICO E EFEITO DO</b>                  |     |
| <b>TEMPO DE AÇÃO E DO NÚMERO DE VETORES</b>                  |     |
| <b>(<i>Rhopalosiphum padi</i>) NA TRANSMISSÃO DO VÍRUS</b>   |     |
| <b>EM TRIGO.....</b>   | 79  |
| <b>RESUMO.....</b>   | 79  |
| <b>ABSTRACT.....</b>   | 81  |
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>                                     | 83  |
| <b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>                             | 85  |
| <b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                         | 90  |
| <b>4 CONCLUSÕES.....</b>                                     | 97  |
| <br>   |     |
| <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                             | 99  |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                       | 100 |

## LISTA DE TABELAS

| <b>Tabela</b>                |   | <b>Página</b> |
|------------------------------|---|---------------|
| <b>REVISÃO DE LITERATURA</b> |   |               |
| 1                            | Classificação do <i>Barley yellow dwarf virus</i> até o ano de 2000.....  | 12            |
| 2                            | Classificação do <i>Barley yellow dwarf virus</i> e <i>cereal yellow dwarf virus</i> do ano 2000 até 2005....   | 13            |
| 3                            | Classificação do <i>Barley yellow dwarf virus</i> e <i>cereal yellow dwarf virus</i> vigente desde 2005.....  | 13            |
| <b>CAPÍTULO 1</b>            |   |               |
| 1                            | Número de amostras coletadas e de amostras positivas, pelo teste DAS-Elisa, para o BYDV–PAV, CYDV–RPV e infecções mistas com BYDV–PAV + CYDV–RPV, em municípios de áreas produtoras de trigo do Brasil..... | 40            |
| <b>CAPÍTULO 2</b>            |   |               |
| 1                            | Genótipos utilizados e os cruzamentos originários.....  | 52            |
| 2                            | Número médio de afilhos por planta em cultivares de trigo infectadas com BYDV–PAV através de <i>R. padi</i> , <i>S. avenae</i> e <i>S. graminum</i> e Sadias.....   | 57            |
| 3                            | Percentual de dano da estatura e massa da matéria seca do sistema radicular em plantas de trigo.....  | 59            |

|    |  |    |
|----|--|----|
| 4  | Massa da matéria seca da parte aérea (g) em cultivares de trigo infectadas com BYDV-PAV através de <i>R. padi</i> , <i>S. avenae</i> e <i>S. graminum</i> e sadias.....  | 61 |
| 5  | Número de plantas de trigo estabelecidas no campo após o afilhamento em cultivares de trigo infectadas com BYDV-PAV através de <i>R. padi</i> , <i>S. avenae</i> e <i>S. graminum</i> e sadias.....  | 64 |
| 6  | Número de espigas por planta de cultivares de trigo infectadas com BYDV-PAV através de <i>R. padi</i> , <i>S. avenae</i> e <i>S. graminum</i> e sadias.....  | 66 |
| 7  | Número de grãos por espiga em plantas de trigo de cultivares de trigo infectadas com BYDV-PAV através de <i>R. padi</i> , <i>S. avenae</i> e <i>S. graminum</i> e sadias.....  | 67 |
| 8  | Massa de mil grãos produzidos por plantas de trigo de cultivares de trigo infectadas com BYDV-PAV através de <i>R. padi</i> , <i>S. avenae</i> e <i>S. graminum</i> e sadias.....  | 68 |
| 9  | Rendimento estimado de grãos (kg/ha) de cultivares de trigo infectadas com BYDV-PAV através de <i>R. padi</i> , <i>S. avenae</i> e <i>S. graminum</i> e sadias.....  | 70 |
| 10 | Índice de doença (ID) calculado com base nos sintomas. Avaliação 1 (estádio 3) e avaliação 2 (estádio 10.1) em cultivares de trigo infectadas com BYDV-PAV através de <i>R. padi</i> , <i>S. avenae</i> e <i>S. graminum</i> e sadias..... | 74 |

|    |  |    |
|----|--|----|
| 11 | Índice de doença (ID) calculado com base nos sintomas. Avaliação 3 (estádio 10.5) ) em cultivares de trigo infectadas com BYDV-PAV através de <i>R. padi</i> , <i>S. avenae</i> e <i>S. graminum</i> e sadias..... | 75 |
| 12 | Correlações entre as variáveis analisadas em cultivares expostas ao complexo BYDV-PAV/afídeos vetores e plantas sadias.....  | 77 |

### CAPÍTULO 3

|   |   |    |
|---|---|----|
| 1 | Horários e temperaturas para a condição de simulação do dia de inverno.....   | 85 |
| 2 | Concentração do BYDV-PAV (Absorbância – 405 nm) em plantas de trigo, cultivar Embrapa 16, em relação ao número de afídeos ( <i>Rhopalosiphum padi</i> ) portadores do BYDV-PAV em função do tempo de transmissão..... | 95 |

## LISTA DE FIGURAS

| <b>Figura</b>                |   | <b>Página</b> |
|------------------------------|---|---------------|
| <b>REVISÃO DE LITERATURA</b> |   |               |
| 1                            | Ciclo de vida das espécies causadoras da virose do nanismo amarelo da cevada em cereais.....  | 15            |
| 2                            | Modelo de aquisição e transmissão (forma persistente circulativa, não propagativa) de vírus por afídeos vetores (GILDOW & GRAY, 1993).....  | 20            |
| <b>CAPÍTULO 1</b>            |   |               |
| 1                            | Percentual de participação dos Estados na produção brasileira de trigo (elaborado com dados da Companhia..., 2008).....                     | 37            |
| 2                            | Amarelecimento do ápice das folhas. Sintoma observado em plantas coletadas nas áreas produtoras de trigo no ano de 2006.....                | 38            |
| 3                            | Municípios onde foi detectada a presença de BYDV-PAV e/ou CYDV-RPV em plantas de trigo coletadas no ano de 2006.....                        | 41            |
| <b>CAPÍTULO 2</b>            |   |               |
| 1                            | Estatura média (cm) de cultivares de trigo infectadas com BYDV-PAV por <i>R. padi</i> , <i>S. avenae</i> e <i>S. graminum</i> e sadias..... | 58            |

|   |  |    |
|---|--|----|
| 2 | Massa da matéria seca do sistema radicular (g) de cultivares de trigo infectadas com BYDV-PAV por <i>R. padi</i> , <i>S. avenae</i> e <i>S. graminum</i> e sadias.....   | 62 |
| 3 | Concentração viral (A 405 nm = absorvância total – 2 vezes o controle negativo da placa) em cultivares de trigo infectadas com BYDV-PAV....  | 72 |
| 4 | Índice de doença (ID) calculado com base nos sintomas. Avaliação 1, 2 e 3, estágio 3, 10.1 e 10.5.3 (escala Feekes – Large), em cultivares expostas ao complexo BYDV-PAV/afídeos vetores ( <i>R. padi</i> , <i>S. avenae</i> e <i>S. graminum</i> )..... | 76 |

### CAPÍTULO 3

|   |   |    |
|---|---|----|
| 1 | Concentração de BYDV-PAV (absorvância de 405 nm) no ápice e na base das folhas e na raiz de trigo, cultivar Embrapa 16, em plantas submetidas a temperatura constante (TC) e temperaturas simulando um dia de inverno (SDI), dias após a eliminação dos vetores <i>Rhopalosiphum padi</i> ..... | 92 |
| 2 | Concentração do BYDV-PAV (absorvância – 405 nm) em plantas de trigo, cultivar Embrapa 16, em função do tempo de transmissão e do números de afídeos ( <i>Rhopalosiphum padi</i> ).....  | 94 |
| 3 | Concentração do BYDV-PAV (absorvância – 405 nm) em plantas de trigo, cultivar Embrapa 16, com diferentes tempos de transmissão, em função do número de afídeos ( <i>Rhopalosiphum padi</i> ) transmissores do vírus.....  | 97 |

**OCORRÊNCIA DO *Barley yellow dwarf virus* e *Cereal yellow dwarf virus*, TRANSMISSIBILIDADE DO BYDV-PAV PELO PULGÃO *Rhopalosiphum padi* E REAÇÃO DE CULTIVARES DE TRIGO AO COMPLEXO VÍRUS/VETOR**

**VÂNIA BIANCHIN<sup>1</sup>, JUREMA SCHONS<sup>2</sup> E JOSÉ ROBERTO SALVADORI<sup>3</sup>**

**RESUMO** – Muitas são as enfermidades que provocam reduções do rendimento do trigo (*Triticum aestivum* L.) e a virose conhecida como nanismo amarelo da cevada (VNAC), causada por *Barley yellow dwarf virus* (BYDV) e *Cereal yellow dwarf virus* (CYDV) é a doença viral mais importante dos cereais de inverno. Com o objetivo de verificar a ocorrência das espécies de BYDV e/ou CYDV foi realizado um levantamento em regiões tritícolas do Brasil. Foram coletadas plantas de trigo dos Estados de Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Com a utilização da técnica de DAS-Elisa, foi possível observar a presença de BYDV-PAV, CYDV-RPV e plantas com infecções mistas de BYDV-PAV e CYDV-RPV, distribuídas em 14 dos 18 pontos de coleta. Objetivando verificar a reação dos genótipos de trigo, foram testadas 21 cultivares. Avaliou-se título viral, número de filhotes por planta, estatura, massa da matéria seca da parte aérea e radicular, rendimento, componentes do

---

<sup>1</sup> Eng.<sup>a</sup>-Agr.<sup>a</sup>., 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 Entomologia., professor da PPGAgro e FAMV da UPF e pesquisador da Embrapa-Trigo.

rendimento e índice de doença, obtido através da incidência e severidade dos sintomas nas plantas. Danos significativos foram observados em todas as características avaliadas. O rendimento foi o fator mais afetado com redução média de 47,94%. Fundacep 50, BRS Angico, BRS Guabiju e Embrapa 16 foram altamente suscetíveis e Ônix, BRS Timbaúva e Fundacep Nova Era apresentaram menor suscetibilidade, no entanto, não foram identificadas cultivares tolerantes ou resistentes ao complexo BYDV–PAV/vetores (*Rhopalosiphum padi*, *Sitobion avenae* e *Schizaphis graminum*). A transmissão do BYDV–PAV pelo afídeo *Rhopalosiphum padi* foi estudada em ensaios conduzidos sob condições controladas. A finalidade foi verificar a influência da temperatura e do tempo na movimentação e replicação do vírus na planta, após a transmissão. Independente da temperatura, a base das folhas contém menor concentração viral que a raiz e maior que o ápice das folhas. Cinco dias após a inoculação, foram detectados altos títulos virais no sistema radicular. O tempo de 12 horas foi menos eficiente para transmissão que os tempos de 24, 36 e 48 horas. Os maiores títulos virais ocorreram quando as plantas foram infestadas com cinco e dez afídeos, um único afídeo transmissor teve menor eficiência.

**Palavras-chave:** BYDV, CYDV, *Triticum aestivum*, ocorrência, inoculação.

**BYDV AND CYDV EPIDEMIOLOGY, APHID  
TRANSMISSION AND REACTION OF BRAZILIAN WHEAT  
CULTIVARS TO THE VIRUS**

**VÂNIA BIANCHIN, JUREMA SCHONS E JOSÉ ROBERTO  
SALVADORI**

**ABSTRACT** – There are many diseases causing yield losses in wheat (*Triticum aestivum* L.) and, *Barley yellow dwarf virus* (BYDV) and *Cereal yellow dwarf virus* (CYDV) are the most important viral diseases of winter cereals. The first aim of this work was to identify the occurring species of BYDV and CYDV in some wheat growing regions of Brazil, collecting plants from Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina and Rio Grande do Sul states, using monoclonal antibodies for DAS-ELISA diagnosis. It was observed the presence of BYDV-PAV, CYDV-RPV and plants with mixed infections of BYDV-PAV and CYDV-RPV in all sampled regions. A field experiment was conducted at the National Wheat Research Center (Embrapa Trigo) and 21 wheat cultivars were used to determine their susceptibility and tolerance. Evaluated traits were grain yield, yield components, number of tiller per plant, plant height, and weight of above ground plant parts and roots dry matter, virus titer and disease index obtained through disease incidence and severity of symptoms on plants. It was observed significant damage in all evaluated agronomic characteristics. Grain yield was the most affected characteristic with an average reduction of 47,94%. Fundacep 50, BRS Angico, BRS Guabiju and Embrapa 16 were highly susceptible and Ônix, BRS Timbaúva and Fundacep Nova Era less susceptible. None of the tested cultivars showed tolerance to the virus/vector complex. BYDV-

PAV/vectors (*Rhopalosiphum padi*, *Sitobion avenae* e *Schizaphis graminum*). The BYDV-PAV transmission by the aphid *Rhopalosiphum padi* was also studied under controlled conditions. Temperature and the influence of time after inoculation on virus movement and replication were evaluated. Different parts of the plants were tested for virus titer purposes. Virus titer from the basal part of the leaves was lower than from the roots and higher than from the tip part of the leaves. Five days after virus inoculation, the virus had already been translocated to the root system. Time of inoculation was also compared and checked for virus detection purposes. Twelve hours after inoculation was less effective than 24, 36 and 48 hours. A single aphid was less efficient for transmitting the virus, and the highest virus titer was observed when plants were infested with five and ten aphids.

**Keywords:** BYDV, CYDV, *Triticum aestivum*, occurrence, inoculation

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do trigo, especialmente na região sul do Brasil, desempenha papel fundamental na agricultura devido à utilização da área na estação de inverno, podendo agregar maior renda a propriedade e contribuir para cobertura do solo no período chuvoso e mais sujeito a erosão.

A fim de equilibrar custo-benefício, a cultura de inverno deve ter baixo custo de produção, sendo ideal o uso de cultivares resistentes às principais pragas e doenças. A virose do nanismo amarelo da cevada causada por *Barley yellow dwarf virus* (BYDV) e *Cereal yellow dwarf virus* (CYDV) é a enfermidade viral mais disseminada em todos os países produtores de cereais de inverno. Sob o ponto de vista econômico é a virose mais importante, causando perdas em cultivos de todo o mundo.

Muitos estudos, ainda se fazem necessários para elucidar dúvidas em relação a esta doença nas condições de cultivo do Brasil. Esse patossistema é bastante complexo e influenciado por vários fatores, tais como condições climáticas, hospedeiros, disseminação e espécies predominantes de afídeos vetores e diversidade das espécies virais.

No Brasil, até o presente momento, poucos foram os trabalhos realizados e, portanto não existe um conjunto consistente de estudos sobre a reação do germoplasma de trigo ao BYDV e/ou CYDV.

Os objetivos deste trabalho foram:

Verificar a distribuição das principais espécies de BYDV e/ou CYDV nas regiões tritícolas do Brasil, incluindo os Estados mais

importantes na produção, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e Mato Grosso do Sul.

Caracterizar a reação de 21 cultivares de trigo em relação ao complexo BYDV e/ou CYDV/afídeos.

Estudar o movimento do BYDV-PAV na planta em função do regime térmico e efeito do tempo de ação e do número de vetores (*Rhopalosiphum padi*) na transmissão do vírus em trigo.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E PERSPECTIVAS PARA A CULTURA DO TRIGO**

O trigo ocupa o segundo lugar no cenário da produção e do consumo mundial de grãos, sendo superado somente pela cultura do milho. A taxa de crescimento do consumo tem sido maior que a da produção nos últimos dez anos, ocasionando diminuição dos estoques mundiais, sinalizando preços mais elevados para as próximas safras (ASSESSORIA..., 2007).

A produção brasileira de trigo na safra de 2007/2008 foi de 3.831,4 milhões de toneladas, superior à safra anterior em 71,5% com um acréscimo da área plantada de apenas 3,5%. Isto representou a recuperação do potencial produtivo, o qual havia sido prejudicado na safra 2006/2007 por condições climáticas adversas que influenciaram diretamente e indiretamente (como a ocorrência de pragas e doenças) o desempenho das lavouras de trigo (COMPANHIA..., 2008).

No Brasil, há a estimativa de estabilização no crescimento da área plantada de trigo, o que deverá manter a produção até 2015 sem grandes alterações (ASSESSORIA..., 2007). O consumo interno tende a continuar em crescimento, devido ao aumento populacional e do consumo *per capita*, determinando maior volume de importação (ASSESSORIA..., 2007). Os estoques nacionais do grão vêm diminuindo desde o ano de 2000, exceto na última safra em que houve

acréscimo em relação ao ano anterior, no qual havia ocorrido quebra na produção (COMPANHIA..., 2008).

O Brasil cultivou, no período de 1999 a 2003, uma área média que não ultrapassou 1,72 milhão de hectares (17,2% da área apta disponível para o cultivo de trigo) com produção média que atendeu, apenas 32,7% do consumo interno desse produto, estimado pela Companhia Nacional do Abastecimento (Conab) em 10,1 milhões de toneladas para 2003 (BISOTTO, 2005).

De acordo com estudo realizado por Ignaczak et al. (2006) a área tritícola brasileira modificou com o passar dos anos. Em 1975, a região sul do Brasil era responsável por 97,9% do trigo produzido no país, sendo 69,4% no Rio Grande do Sul, 27,5% no Paraná e 1,0% em Santa Catarina. Em 1989 houve uma grande expansão da área cultivada no centro-oeste representando 15,0% da área total do país; naquele ano, o Rio Grande do Sul participou apenas com 26,3%. Já em 2003 aumentou o número de estados produtores no centro-oeste, mas diminuiu a área cultivada para 8,9%, ficando a região sul com 91,1%, da qual o Paraná teve 52,0%, o Rio Grande do Sul 35,7% e Santa Catarina 3,4%. Na safra 2007/2008 a região sul foi responsável por 93,8% da área cultivada, destes, 48,4% estão no Estado do Paraná, 39,9% no Rio Grande do Sul e 5,5% em Santa Catarina (COMPANHIA..., 2008).

## 2.2 PRINCIPAIS DOENÇAS VIRAIS DO TRIGO

A doença causada pelo Barley yellow dwarf virus (BYDV) e /ou Cereal yellow dwarf virus (CYDV) (INTERNATIONAL..., 2008) é conhecida no Brasil por virose do nanismo amarelo da cevada (VNAC) (CASA et al, 2000). Estes vírus são transmitidos por várias espécies de pulgões (Hemiptera, Aphididae) e está entre as viroses mais importantes dos cereais de inverno, juntamente com o mosaico comum do trigo causado por *Soil-borne wheat mosaic virus* (SBWMV) e *Wheat spindle streak mosaic virus* (WSSMV), transmitidos pelo fungo *Polymyxa graminis*. O *Barley stripe mosaic virus* (BSMV), transmitido por sementes e mecanicamente e o *Wheat streak mosaic virus* (WSMV), transmitido pelo ácaro *Aceria tosichela* (GILCHRIST-SAAVEDRA et al., 2005). No Brasil, até o presente momento, foram identificados somente BYDV, CYDV (CAETANO, 1972) e SBWMV (CAETANO, 1982).

As doenças causadas por vírus, bem como aquelas causadas por outros patógenos, são resultantes de uma interação entre estes, a planta hospedeira e o ambiente. Além desta interação, no caso das fitoviroses, os vetores também exercem um papel de grande relevância na epidemiologia da doença (REZENDE & MULLER, 1995).

Geralmente, os sintomas causados por doenças virais são facilmente distinguidos daqueles causados pelas demais enfermidades das plantas (ZILLINSKY, 1983). No entanto podem ser confundidos com diversos problemas fisiológicos, como, por exemplo, estresse hídrico, umidade excessiva, deficiência de nutrientes, dentre outros

(FIGUEIRA, 1997). Além do mais, os sintomas das viroses são muito parecidos entre si, sendo praticamente impossível diferenciá-las sem ajuda de testes laboratoriais. A determinação do meio de transmissão pode ser de grande ajuda para uma avaliação preliminar (ZILLINSKY, 1983).

### **2.3 *Barley yellow dwarf virus* e *Cereal yellow dwarf virus***

O *Barley yellow dwarf virus* foi descrito pela primeira vez no ano de 1951 na Califórnia (OSWALD & HOUSTON, 1951), e desde então, muitos são os estudos a respeito deste patógeno, devido a sua importância nas culturas de inverno em todo o mundo (D'ARCY & BURNETT, 1995). Contudo, poucos ainda são os trabalhos realizados no Brasil e não existe um conjunto consistente de estudos sobre a reação do germoplasma de trigo ao patógeno (BARBIERI et al., 2001).

Tanto o BYDV quanto o CYDV têm partículas isométricas com diâmetro de 25 a 30 nm, constituídos de RNA de fita simples, senso positivo. São vírus que ficam restritos ao floema da planta, não sendo possível sua transmissão mecanicamente nem por sementes, é transmitido, exclusivamente, por afídeos (HULL, 2002). Entre as diferenças do BYDV e CYDV estão, o grau de homologia e organização gênica e o mecanismos de replicação distinto com diferentes números de ORFs (Open Reading Frame), BYDV com cinco ORFs e CYDV com seis ORFs (MILLER & RASOCHOVÁ, 1997).

As partículas virais são moderadamente estáveis em relação à temperatura, sua inativação se dá entre 45 - 75 °C. Pertencem à família *Luteoviridae*, cujo nome deriva do latim *luteus* que significa amarelo, já que o sintoma predominante em plantas infectadas é o amarelecimento (INTERNATIONAL..., 2008).

### 2.3.1 CLASSIFICAÇÃO

Até o ano 2000, o BYDV era classificado em cinco estirpes que se diferenciavam pela especificidade da transmissão das espécies de vetores, pela gama de hospedeiros e virulência (MARTIN & D'ARCY, 1995). A nomenclatura das diferentes espécies de BYDV, na época consideradas estirpes ou variantes, levava as iniciais dos nomes científicos dos vetores de maior eficiência na transmissão, não sendo exigida a eficiência de 100% (POWER & GRAY, 1995).

A classificação foi feita baseada em estudos realizados, nos Estados Unidos da América, durante 35 anos em um programa experimental chamado “Sistema BYDV Nova York”. Por exemplo, BYDV-PAV foi assim denominado por ser transmitido eficientemente por *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus) e *Sitobion avenae* (Fabricius), e menos eficientemente transmitido por *Schizaphis graminum* (Rondani). Das quatro espécies de pulgões testadas (*R. padi*, *S. avenae*, *S. graminum* e *R. maidis*), somente *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) não foi capaz de transmitir BYDV-MAV, sendo que todas as demais foram aptas à transmissão das cinco espécies (estirpes) de BYDV (POWER & GRAY, 1995).

Assim sendo, RMV devido a transmissão mais eficiente por *R. maidis*; MAV por *Macrosiphum avenae* (reclassificado como *Sitobion avenae*); SGV por *S. graminum*, RPV por *R. padi* e PAV tanto por *R. padi* como por *S. avenae*. Todas as espécies (estirpes) de BYDV pertenciam à família *Luteoviridae* e gênero *Luteovirus*. Essas espécies eram divididas em dois subgrupos; PAV, MAV e SGV subgrupo 1 e RPV e RMV subgrupo 2 (MARTIN & D'ARCY, 1995) (Tabela 1).

**Tabela 1** – Classificação do *Barley yellow dwarf virus* até o ano de 2000

| Família: <i>Luteoviridae</i> | Estirpe   |
|------------------------------|---|
| Gênero: <i>Luteovirus</i>    |   |
| Sub-grupo 1                  | <i>Barley yellow dwarf virus</i> -PAV<br><i>Barley yellow dwarf virus</i> -MAV<br><i>Barley yellow dwarf virus</i> -SGV |
| Sub-grupo 2                  | <i>Barley yellow dwarf virus</i> -RPV<br><i>Barley yellow dwarf virus</i> -RMV  |

O Comitê Internacional de Taxonomia de Vírus, no ano de 2000 apresentou uma nova classificação para o BYDV. A família continuou *Luteoviridae*, e o vírus foi reclassificado em gêneros distintos e em espécies e não mais em estirpes. Neste processo foram acrescentadas duas novas espécies. O BYDV-PAV, BYDV-MAV e BYDV-RGV continuaram pertencendo ao gênero *Luteovirus*. A nomenclatura do BYDV-RPV foi alterada para vírus do nanismo amarelo dos cereais (*Cereal yellow dwarf virus*, CYDV-RPV) e passou a ser uma espécie do gênero *Polerovirus*. As espécies BYDV-RMV, BYDV-GPV,

BYDV-SGV não foram classificadas quanto ao gênero (VAN REGENMORTEL et al., 2000) (Tabela 2).

**Tabela 2** – Classificação do *Barley yellow dwarf virus* e *cereal yellow dwarf virus* do ano 2000 até 2005

| Família: <i>Luteoviridae</i>       | Espécie   |
|------------------------------------|---|
| Gênero: <i>Luteovirus</i>          | <i>Barley yellow dwarf virus</i> -PAV<br><i>Barley yellow dwarf virus</i> -MAV<br><i>Barley yellow dwarf virus</i> -RGV |
| Gênero: <i>Polerovirus</i>         | <i>Cereal yellow dwarf virus</i> -RPV   |
| Não classificadas quanto ao gênero | <i>Barley yellow dwarf virus</i> -RMV<br><i>Barley yellow dwarf virus</i> -GPV<br><i>Barley yellow dwarf virus</i> -SGV |

**Tabela 3** – Classificação do *Barley yellow dwarf virus* e *cereal yellow dwarf virus* vigente desde 2005

| Família: <i>Luteoviridae</i>       | Espécie   |
|------------------------------------|---|
| Gênero: <i>Luteovirus</i>          | <i>Barley yellow dwarf virus</i> -PAV<br><i>Barley yellow dwarf virus</i> -MAV<br><i>Barley yellow dwarf virus</i> -PAS |
| Gênero: <i>Polerovirus</i>         | <i>Cereal yellow dwarf virus</i> -RPV<br><i>Cereal yellow dwarf virus</i> -RPS  |
| Não classificadas quanto ao gênero | <i>Barley yellow dwarf virus</i> -RMV<br><i>Barley yellow dwarf virus</i> -GPV<br><i>Barley yellow dwarf virus</i> -SGV |

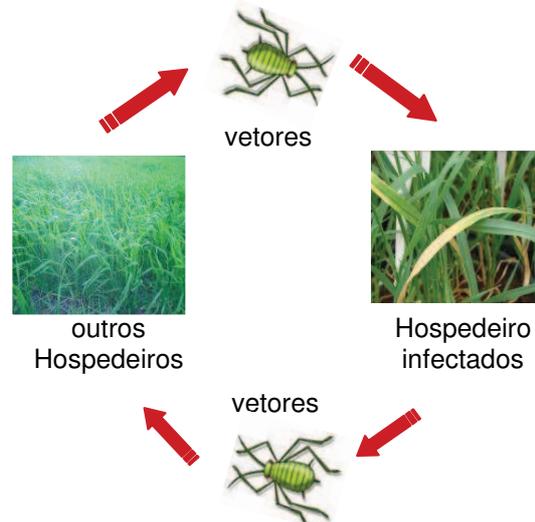
Por decisão do Comitê Internacional de Taxonomia de Vírus, em 2005 foi apresentada uma nova classificação para o BYDV, onde continuam válidas, apenas, as espécies BYDV-PAV e BYDV-MAV no gênero *Luteovirus* com a inclusão da espécie BYDV-PAS. O

CYDV-RPV pertencente ao gênero *Polerovirus*, juntamente com uma nova espécie: CYDV-RPS. O BYDV-RMV, BYDV-SGV e BYDV-GPV continuam sem classificação quanto ao gênero; todas as espécies citadas pertencem à família *Luteoviridae* (FAUQUET, 2005) (Tabela 3).

## **2.4 CICLO DA DOENÇA**

As espécies causadoras da virose do nanismo amarelo da cevada são biotróficas, isto é, são replicadas em hospedeiros vivos e sobrevivem no interior de seus vetores (AGRIOS, 1997). A planta infectada serve como fonte de inóculo, principalmente para cultivos comerciais onde são registrados danos significativos. A transmissão se dá através da alimentação dos afídeos vetores em plantas infectadas e posterior migração para outras plantas hospedeiras infectando-as e causando doença (Figura 1) em presença de condições ambientais favoráveis (ROCHOW, 1969).

Têm sido encontradas diferenças genéticas entre isolados de uma mesma espécie de vírus de procedências geográficas distintas, comprovando que as condições ambientais influenciam na variabilidade das espécies, provavelmente, pela diversidade de espécies hospedeiras, pelas condições climáticas e pelas numerosas espécies de pulgões capazes de transmitir o BYDV e/ou CYDV (MASTARI et al., 1998; BENCHARKI et al., 2002; MILLER et al., 2002; WANG et al., 2002).



**Figura 1** - Ciclo de vida das espécies causadoras da virose do nanismo amarelo da cevada em cereais.

#### 2.4.1 HOSPEDEIROS

O BYDV e o CYDV possuem uma ampla gama de hospedeiros com mais de 150 espécies dentro da família *Poaceae*. Além das plantas cultivadas para a produção de grãos, também plantas forrageiras e plantas sem interesse econômico são afetadas pelo vírus (INTERNATIONAL..., 2008).

Dentre as plantas cultivadas estão a cevada, aveia, centeio, trigo (OSWALD & HOUSTON, 1951), triticale, milho, arroz e plantas forrageiras anuais e perenes (INTERNATIONAL..., 2008). O grande número de espécies hospedeiras se deve, principalmente, a grande diversidade de espécies vetoras, com hábitos alimentares diferentes e

aos mecanismos variados de adaptação desenvolvidos pelos vírus para garantir a sobrevivência (D'ARCY, 1995).

No estado de Indiana (Estados Unidos da América), Fargette et al. (1982) analisaram várias espécies de forrageiras perenes e algumas anuais a fim de verificar a possibilidade das mesmas estarem servindo como reservatório do BYDV que passaria a causar doença mais tarde na cultura do trigo. Confirmando a hipótese, 50% das plantas analisadas estavam infectadas pelo vírus, no entanto, a espécie predominante foi o BYDV-RPV, o que causou controvérsia, pois a espécie predominante no trigo foi o BYDV-PAV. Este fato sugeriu que as espécies reservatórios do vírus patógeno do trigo eram outras, permitindo inferir que o milho poderia estar fazendo a “ponte verde”.

#### **2.4.2 INTERAÇÃO VÍRUS – VETOR – HOSPEDEIRO**

Há uma grande dificuldade em estudar a epidemia de viroses transmitidas por afídeos, porque um isolado de vírus pode ser transmitido com diferentes graus de eficiência por distintos clones de uma mesma espécie do vetor. Da mesma forma, um clone do mesmo afídeo pode diferir na eficiência de transmissão de vários isolados do mesmo vírus, assim como a mesma espécie de afídeo pode transmitir várias espécies de vírus. As relações são extremamente complexas e, ainda, fortemente influenciadas pelo meio ambiente (HARRINGTON, 2002).

Os sintomas na planta hospedeira diferem entre as espécies de vírus ou até entre isolados da mesma espécie, sob condições diferentes

de temperatura, umidade, luminosidade, dentre outras. Isto dificulta a avaliação visual de cultivares resistentes ou tolerantes e a determinação do período de latência (tempo considerado entre o início da infecção e a ação do vírus sobre a planta) (HARRINGTON, 2002).

#### 2.4.2.1 TRANSMISSÃO

O BYDV e o CYDV são transmitidos por diversas espécies de afídeos (Hemiptera, Aphididae), sendo que dez foram citadas em trigo no Brasil (CAETANO, 1973). Conforme Salvadori & Tonet (2001), entre estas, as espécies mais importantes, são: *Schizaphis graminum* (Rondani), *Metopolophium dirhodum* (Walker) e *Sitobion avenae* (Fabricius). Também ocorrem as espécies *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus), *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) e *Rhopalosiphum rufiabdominale* (Sasaki), sendo que a ocorrência de *R. padi* tem aumentado nos últimos anos.

Determinada pelas condições climáticas, a predominância das espécies varia de acordo com a região. Salvadori & Tonet (2001) consideram que *M. dirhodum* e *S. avenae* predominam em regiões mais meridionais do Brasil, especialmente em primaveras de temperatura amena e pouco chuvosa; *S. graminum* é a espécie de distribuição geográfica mais abrangente, predominando onde o clima é mais quente e seco, como no norte do Paraná e em áreas de latitude inferior. No Rio Grande do Sul, *S. graminum* apresenta uma densidade populacional maior no outono e em regiões de temperatura relativamente mais elevada (vale do Rio Uruguai e fronteira oeste).

Quanto ao *R. padi*, os autores consideram que a espécie tem apresentado tendência de crescimento na ocorrência, tanto no Rio Grande do Sul, como no Paraná (SALVADORI & TONET, 2001).

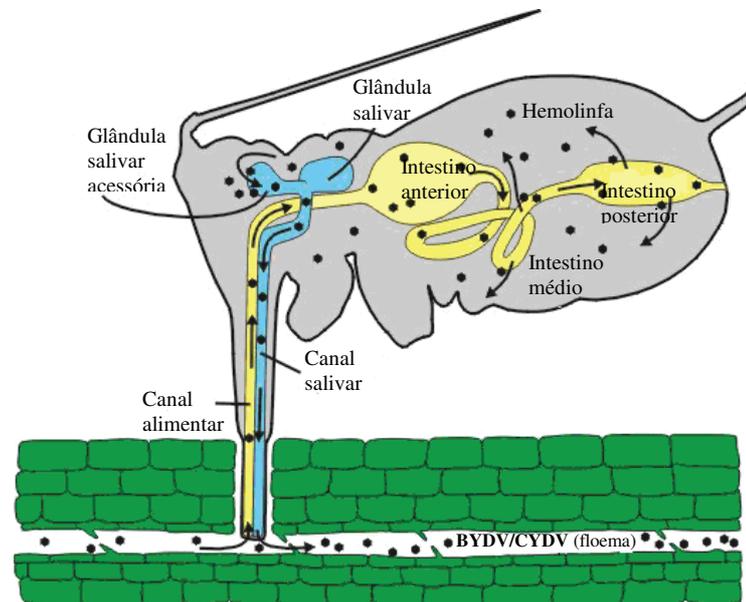
Nas diversas regiões produtoras do Rio Grande do Sul, predominantemente há a ocorrência do *S. graminum* e *R. padi* desde a emergência das plântulas até afilhamento. No estágio de emborrachamento até a floração, podem ocorrer associados a estas duas espécies, *M. dirhordum* e *S. avenae*. A partir da floração ocorre o *S. graminum* e *R. padi*, especialmente, *S. avenae*. Em geral, as populações e os prejuízos causados pelos afídeos se dão de maio a novembro, em períodos quentes e secos, com intensidades que variam de região e de ano para ano (SILVA, 2005).

Nas regiões de clima mais frio, a incidência de *S. graminum* pode se restringir às fases de emergência e de afilhamento e ir além destas fases nas demais regiões. *M. dirhodum* ocorre, normalmente, pouco mais tarde que *S. graminum* e estabelece colônias nas folhas; em geral, ocorre do estágio de afilhamento ao espigamento das plantas (SALVADORI & TONET, 2001). *S. avenae* também ocorre mais tarde que *S. graminum*, instalando-se inicialmente nas folhas, principalmente, na folha bandeira, de onde passa para as espigas nas quais se concentra na base das espiguetas para sugar a seiva. *R. padi* instala-se no colmo, às vezes próximo ao solo, nas folhas e nas espigas. *R. rufiabdominale* vive nas raízes e na base do colmo, multiplicando-se mais acentuadamente em épocas de seca (SALVADORI & TONET, 2001).

A transmissão do BYDV/CYDV é do tipo persistente circulativa, não propagativa, ou seja, o afídeo é capaz de transmitir o vírus por toda a vida, entretanto, não ocorre replicação no interior do inseto (ROCHOW, 1969). O vírus persiste nos insetos inclusive durante as ecdises, mas não são transmitidos para sua prole (ROCHOW, 1969).

O desenvolvimento dos afídeos é do tipo paurometabólico, caracterizado por formas jovens (ninfas) semelhantes aos adultos, diferindo basicamente por serem de menor tamanho, ápteras e reprodutivamente imaturas. Nas condições de clima do Brasil, reproduzem-se viviparamente por partenogênese telítoca, isto é, as fêmeas se reproduzem sem a ocorrência de machos e parem ninfas fêmeas. Os adultos que podem ser ápteros ou alados, sendo que estes últimos têm função de disseminação e podem ser levados pelo vento por centenas de quilômetros (SALVADORI & TONET, 2001). As infestações originam-se de alados que migram de plantas espontâneas, de lavouras próximas ou até de outras regiões (SALVADORI & TONET, 2001).

O modelo de aquisição e transmissão de BYDV/CYDV pelos vetores foi descrito por Gildow e Gray (1993). Para ser adquirido, o vírus precisa ser ingerido pelo pulgão através da alimentação no floema infectado, passar pelos intestinos anterior e posterior e cair na hemolinfa do inseto. Via sistema circulatório, o vírus é transportado até as glândulas salivares onde a proteína capsidial do vírus é reconhecida e interage com a glicoproteína da lâmina basal da glândula salivar acessória. Quando o inseto volta a se alimentar, o vírus é excretado pelo canal salivar, infectando as plantas (Figura 2).



**Figura 2:** Modelo de aquisição e transmissão (forma persistente circulativa, não propagativa) de vírus por afídeos vetores (adaptado de Gildow & Gray, 1993).

Um afídeo pode ser portador de um vírus e não ser um transmissor eficiente, por este motivo não devem ser utilizados testes de populações de afídeos virulíferos como referência para inferir a distribuição geográfica da doença (HARRINGTON, 2002).

O estágio de desenvolvimento do afídeo é um fator de grande influência na eficiência de transmissão. Halstead & Gill (1971) demonstraram que ninfas de *S. graminum* são mais eficientes na aquisição e na transmissão de BYDV-SGV que adultos. Gill (1970) obteve resultados semelhantes para a transmissão de BYDV-RMV e BYDV-SGV por *R. maidis*.

O período de aquisição do vírus pelo vetor é mais um fator que interfere na transmissão. Power & Gray (1995) colocam que este

período deve ser de 24 a 48 horas para que a transmissão seja ótima e que períodos mais longos não apresentariam ganhos significativos.

Outro fator que influencia a transmissão foi destacado por Foxe & Rochow (1975), os quais observaram que altos títulos virais tornaram a transmissão mais eficiente em vetores não específicos, em comparação a baixos títulos. Gray et al. (1991) reportaram que o título do vírus interfere significativamente na transmissão de várias combinações de BYDV e vetor, mas que transmissões mais eficientes podem ser mais afetadas pelo tempo de aquisição do que pelo título viral.

## **2.5 SINTOMAS CAUSADOS PELA VIROSE DO NANISMO AMARELO DA CEVADA EM CEREAIS**

Os sintomas da virose variam de acordo com espécie, cultivar, idade e condição fisiológica da planta hospedeira, o tempo de infecção, a quantidade do vírus transmitido, a espécie do vírus e a condição ambiental. A alta intensidade luminosa e temperaturas entre 15 e 18 °C, geralmente, favorecem a expressão dos sintomas causados pela virose (D'ARCY, 1995). Algumas vezes a doença é silenciosa causando danos sem a presença de sintomas evidentes (D'ARCY, 1995).

Segundo Figueira (1997), os sintomas mais freqüentes da virose causada por BYDV e/ou CYDV são a diminuição do porte da planta, (com encurtamento dos entrenós) e a perda da cor verde das folhas, podendo tornar-se amareladas ou avermelhadas. Podem também

causar a diminuição no crescimento das raízes e redução do afilamento (embora o aumento do afilamento possa também ser observado em algumas cultivares de cevada) (FIGUEIRA, 1997). Pode, também, ser verificado o retardamento na floração e redução no tamanho da inflorescência, além de provocar esterilidade e falha na formação de grãos, diminuindo o peso e o número de grãos por espiga (FIGUEIRA, 1997).

Os sintomas evoluem do ápice para a base da folha e nos estágios mais avançados da infecção toda a planta pode se tornar amarelada. Plantas de arroz infectadas com BYDV apresentam cores que variam de amarelo a laranja, e folhas de trigo e centeio apresentam-se, normalmente, amareladas ou, raramente, avermelhadas (FIGUEIRA, 1997). As plantas de aveia apresentam folhas de cor laranja e mais frequentemente vermelho púrpura ou com aspecto de queimadura, dependendo das condições ambientais e da cultivar (FIGUEIRA, 1997). As plantas de milho apresentam sintomas nas folhas inferiores, cujas pontas tornam-se de cor vermelha, púrpura ou amarela (FIGUEIRA, 1997).

Nos principais cereais de inverno, trigo, aveia, cevada, centeio e triticale, quando a inoculação do vírus ocorre na fase de plântula, os sintomas apresentados são clorose e nanismo; e posteriormente, as folhas tornam-se amarelas, podendo mostrar um leve avermelhamento e, algumas vezes, o limbo foliar torna-se enrijecido, de aspecto lanciolado, podendo apresentar margens serrilhadas (BURNETT, 1990).

Fisiologicamente, os sintomas são explicados pela ocorrência de uma série de eventos dependentes dos fatores de influência descritos. Inicialmente ocorre um grande decréscimo na fotossíntese e acréscimo da respiração, o que leva a um rápido acúmulo de carboidratos no local da síntese em folhas infectadas. Isto implica em pouco carboidrato translocado para o sistema radicular e o meristema apical, onde é mais importante, causando desnutrição da planta e resultando na redução do crescimento. Em um evento subsequente ocorre o acúmulo de nitrogênio nas folhas doentes, levando à deficiência nos pontos de crescimento, o que intensifica os sintomas de clorose e nanismo (JENSEN, 1968a; JENSEN, 1968b; JENSEN, 1969).

## **2.6 DANOS CAUSADOS POR BYDV E/OU CYDV**

Dano é conceituado por Nutter et al. (1993) como qualquer redução na qualidade e/ou na quantidade da produção. Os sintomas causados pela doença são reflexos da interferência na fisiologia da planta. As reduções no porte e na produção de clorofila acarretam a diminuição na produtividade e as doenças que causam sintomas mais severos, em geral, causam maiores danos econômicos (SALAZAR, 1995).

A maioria dos cereais de interesse econômico é suscetível a BYDV/CYDV, incluindo trigo (*Triticum aestivum*), trigo - duro (*Triticum durum*), milho (*Zea mays*), cevada (*Hordeum vulgare*), aveia branca (*Avena sativa*), arroz (*Oryza sativa*), centeio (*Secale cereale*) e sorgo (*Sorghum bicolor*) (BURNETT, 1983).

Lanzarini et al. (2007) observaram que as cultivares de trigo apresentam níveis diferentes de suscetibilidade ao BYDV-PAV. De cinco cultivares analisadas, a menor redução de produtividade foi observada na cultivar BRS Camboatá (34,17%) e a maior redução foi constatada na cultivar BRS 179 (60,81%). No ano de 1999, os danos causados pelo BYDV em trigo chegaram a 63% em experimento realizado em Passo Fundo - RS (SCHONS et al., 2000).

Barbieri et al. (2000) estudaram os danos da virose em seis cultivares de trigo e chegaram a conclusão que BR 14, BR 34 e BR 35 não apresentaram diferenças estatísticas quanto ao rendimento de grãos em relação a testemunha; já as cultivares IAC 5-Maringá, Embrapa 16 e CEP 24 apresentaram redução de 52,9%, 35,5 e 16,8%, respectivamente, em relação a testemunha.

Em aveia branca, foi observada redução média no rendimento de 16,6% e, mínima de 39,0% no peso de grãos por panícula causada por BYDV (MEDEIROS et al., 1996). Em 1997, nas 17 cultivares que constituíram o ensaio de cultivares de aveia, em Passo Fundo, RS, os danos no rendimento de grãos causados pelo BYDV variaram entre 3,93% na cultivar UPF 14 a 52,14%, na cultivar UFRGS 16 (SCHONS et al., 1999a).

Os danos causados no rendimento de grãos dependem de inúmeros fatores que influenciam o desenvolvimento da virose, como espécie infectada, eficiência de transmissão pelos vetores, espécie do vírus, cultivar, condições ambientais, dentre outras. Nos Estados Unidos da América foram quantificadas reduções na produção de grãos maiores que 90% em três cultivares de aveia, altamente

suscetíveis, infectadas com o vírus no estágio de afilhamento (ENDO & BROWN, 1962).

## **2.7 MANEJO DA VIROSE**

O sucesso no controle de doenças virais depende dos vetores envolvidos e da relação com o hospedeiro na transmissão da doença (ZILLINSKY, 1983).

A decisão sobre as medidas de controle para determinada virose deve ser avaliada com bastante critério, de maneira que a aplicação do método atinja os objetivos de forma satisfatória (REZENDE & MULLER, 1995).

### **2.7.1 CONTROLE DO VETOR**

Para o controle de afídeos na cultura do trigo, a pulverização das plantas com inseticida é recomendada quando forem atingidos os seguintes níveis de ação: 10% de plantas infestadas do estágio de emergência ao afilhamento, 10 afídeos por afilho do estágio de alongamento ao emborrachamento e 10 afídeos por espiga, do espigamento ao estágio de grão em massa (REUNIÃO..., 2007). O número de afídeos deve ser monitorado através de amostragens semanais ao acaso, na bordadura e no interior da lavoura para que sejam representativas (SALVADORI & TONET, 2001).

O tratamento de sementes com inseticidas para o controle dos vetores vem se tornando uma técnica viável, apesar do aumento no

custo da produção (SALVADORI & TONET, 2001). Segundo Colombo (2002), as plantas submetidas ao tratamento de sementes com imidacloprido apresentam menor incidência da virose em relação às não tratadas. Entretanto, todas as cultivares de aveia estudadas apresentaram sintomas da virose, mesmo quando as sementes foram tratadas com inseticida. A observação de Colombo (2002) reitera a afirmação de Casa et al. (2000) de que, embora, o tratamento de sementes seja altamente eficaz a eficiência no controle da virose não é de 100%.

Conforme concluiu Silva et al. (2004) os inseticidas imidacloprido e tiametoxam, na dose de 24,5g i.a./100 kg de sementes de trigo, controlaram os pulgões vetores de BYDV/CYDV na fase inicial de desenvolvimento da cultura, superando a ação do clorpirifós, com três aplicações na parte aérea.

Um programa de controle biológico dos afídeos transmissores da virose do nanismo amarelo da cevada foi realizado no período de 1978 a 1992 pela Embrapa Trigo através da liberação nas lavouras de trigo do Rio Grande do Sul, de 14 espécies de microimenópteros parasitóides, oriundas da Europa e Oriente Médio. Algumas destas espécies apresentaram boa adaptação e houve a diminuição da população de afídeos e a redução no uso de inseticidas (SALVADORI & SALLES, 2002).

### **2.7.2 RESISTÊNCIA DE PLANTAS**

Segundo Cooper e Jones (1983), planta resistente é aquela que tem capacidade de interferir em qualquer etapa do ciclo infeccioso do vírus tendo, conseqüentemente, menor título viral, e não é afetada significativamente em sua produtividade, diante das mesmas condições que plantas suscetíveis; tolerantes são aquelas plantas que, mesmo com alta concentração do vírus, têm produtividade próxima à das não infectadas.

Levando em conta este conceito, no Brasil, não há relatos de estudos na busca de caracterização de cultivares para o nível de resistência, e sim, para verificação de tolerância, baseada em avaliações visuais e comparação da produtividade em plantas infectadas e não infectadas com BYDV/CYDV.

A utilização de cultivares resistentes/tolerantes é o método mais eficiente e de menor custo na produção dos cereais de inverno para o controle de doenças virais. No entanto, tem exigido esforços desmedidos com pouco sucesso uma vez que a introdução de genes de resistência sem a perda das características agronômicas desejáveis é bastante difícil, por isso os esforços tendem a se concentrar na transformação genética (PLUMB & JOHNSTONE, 1995). Existem genótipos de trigo e aveia obtidos através da engenharia genética que conferem até imunidade a algumas espécies de BYDV (ABBOTT et al., 2002).

Um bom nível de tolerância a estes vírus tem a cultivar de trigo Anza, estudada nos Estados Unidos da América, conferida pelo gene

parcialmente dominante *Bdv1* que estaria associado aos genes *Lr34* e *Yr18* que conferem resistência de planta adulta à ferrugem da folha e do colmo (SINGH et al., 2002).

O cromossomo 3 da cevada, que contém o gene *Yd2*, também tem sido introduzido em linhagens de trigo, onde tem expressado resistência ao BYDV/CYDV. No entanto, o gene não confere boas características agronômicas ao trigo, não tendo boa aceitação pelos melhoristas (BURNETT et al., 1995; BURNETT & PLUMB, 1998 ).

Cruzamentos de sucesso têm sido feitos com a espécie de trigo selvagem *Thinopyrum intermedium*, que contém o gene *Bdv2*, que tem expressado altas produtividades em algumas linhas de trigo, apesar de o trigo selvagem não ter sido selecionado para características agronômicas desejáveis (AYALA et al., 2001a; AYALA et al., 2001b; LARKIN et al., 2002; HENRY et al., 2002; VAN GINKEL & HENRY, 2002).

## **2.8 DETECÇÃO E IDENTIFICAÇÃO**

Os métodos de detecção de fitopatógenos têm tido importantes avanços nos últimos anos com relação a precisão e rapidez de diagnóstico. No campo da virologia, isto permitiu elucidar a etiologia de várias doenças. A diagnose de enfermidades causadas por vírus, por serem entidades pequenas e difíceis de trabalhar, foi bastante beneficiada com o desenvolvimento das técnicas de detecção e identificação, as quais permitiram esclarecer muitas dúvidas (DOCAMPO & LENARDÓN, 1999).

Atualmente, os testes de detecção mais utilizados por virologistas de todo o mundo, podem ser divididos em três grupos: métodos biológicos, sorológicos e moleculares (ZERBINI Jr. et al., 2006).

Nos métodos biológicos estão incluídas as observações em microscópio eletrônico, a verificação de inclusões causadas pelo vírus nas células do hospedeiro e os testes em hospedeiros diferenciais (ZERBINI Jr. et al., 2006). Estas análises servem somente como auxiliares no diagnóstico tendo em vista que são demoradas e imprecisas (informação pessoal, Sérgio L. Lenardón).

Os métodos sorológicos são os mais utilizados em análises de rotina por serem rápidos, relativamente simples e de baixo custo; requerem laboratórios menos equipados e, para a maioria dos vírus, são satisfatoriamente precisos (ALMEIDA & LIMA, 2001; ZERBINI Jr. et al., 2006). A maior limitação destas técnicas é a indisponibilidade de anti-soros de boa qualidade para todos os vírus de interesse (ZERBINI Jr. et al., 2006). Para as espécies de BYDV/CYDV, por serem muito relacionadas, são necessários anti-soros monoclonais o que dificulta ainda mais a aquisição comercial (DOCAMPO & LENARDÓN, 1999).

As técnicas moleculares são mais sensíveis que as sorológicas. A PCR (reação em cadeia da polimerase), que é a mais difundida, ainda é uma técnica cara para detecção massal, mas se torna uma alternativa atraente quando as amostras são em menor número. O maior problema desta técnica não é a limitação econômica e sim a ocorrência de falsos positivos, porque a grande sensibilidade pode levar a ampliações de agentes contaminantes (ZERBINI Jr. et al., 2006).

## CAPÍTULO 1

### OCORRÊNCIA DO BYDV E CYDV NAS PRINCIPAIS REGIÕES TRITÍCOLAS DO BRASIL

VÂNIA BIANCHIN<sup>1</sup>, JUREMA SCHONS<sup>2</sup> E JOSÉ ROBERTO  
SALVADORI<sup>3</sup>

**RESUMO** – Várias doenças afetam a produção do trigo (*Triticum aestivum* L.), dentre elas, está a virose do nanismo amarelo da cevada (VNAC), que é a enfermidade mais importante dos cereais de inverno e está distribuída em todo o mundo. Espécies de *Barley yellow dwarf virus* (BYDV) e de *Cereal yellow dwarf virus* (CYDV) são capazes de infectar mais de 150 espécies de plantas dentro da família *Poaceae* sendo transmitidas por diversas espécies de afídeos (Hemiptera, Aphididae). O patossistema desta doença é complexo e a predominância das espécies depende das condições de ambiente em cada região de cultivo. Com o objetivo de verificar a ocorrência das espécies de vírus causadoras da virose do nanismo amarelo da cevada, presentes nas principais regiões tritícolas do Brasil foram coletadas, no ano de 2006, 130 amostras (plantas de trigo) em 18 municípios

---

<sup>1</sup>Eng<sup>a</sup>.-Agr<sup>a</sup>., 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 Entomologia., professor da PPGAgro e FAMV da UPF e pesquisador da Embrapa-Trigo.

abrangendo os estados de Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. As plantas foram segmentadas em subamostras de folhas, colmos e raízes e analisadas pelo teste sorológico DAS-Elisa com anti-soros monoclonais para BYDV-PAV, BYDV-MAV e CYDV-RPV. Foram identificadas plantas infectadas com BYDV-PAV, CYDV-RPV e plantas com infecções mistas de BYDV-PAV e CYDV-RPV, com 75%, 12,5% e 12,5% respectivamente, distribuídos em catorze dos dezoito municípios amostrados. Sendo, portanto, BYDV-PAV o vírus de maior ocorrência.

**Palavras-chave:** BYDV-PAV, CYDV-RPV *Triticum aestivum*.

**BYDV AND CYDV OCCURENCE IN THE MAIN WHEAT  
GROWING REGIONS OF BRAZIL**

**VÂNIA BIANCHIN, JUREMA SCHONS E JOSÉ ROBERTO  
SALVADORI**

**ABSTRACT** – There are many diseases causing yield losses in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Barley yellow dwarf virus* (BYDV) and *Cereal yellow dwarf virus* (CYDV) are the most important viral diseases of winter cereals. BYDV and CYDV species are common worldwide and there are more than 150 host species within the *Poaceae* family. They are transmitted by aphid species (Hemiptera, Aphididae). The pathosystem is complex and the predominance of the species depends on the environmental conditions in each growing region. In order to verify the occurrence of BYDV and CYDV common species, wheat plants were collected, in 2006 in the main wheat growing regions of Brazil, 130 samples (wheat plants) and 18 counties (Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina and Rio Grande do Sul states), using monoclonal antibodies for DAS-ELISA for BYDV-PAV, BYDV-MAV and CYDV-RPV diagnosis using plants subdivided into leaves, stems and roots subsamples. It was observed the presence of BYDV-PAV, CYDV-RPV and plants with mixed infections of BYDV-PAV and CYDV-RPV, with 75%, 12,5% and 12,5%, respectively, distributed in fourteen of the eighteen counties sampled. One may conclude that BYDV-PAV was the virus of highest occurrence.

**Keywords:** *Yellow dwarf viruses, Triticum aestivum*, DAS-ELISA, distribution.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil produziu em torno de 3.8 milhões de toneladas de trigo (*Triticum aestivum* L.) na safra 2007/2008, com uma área de cultivo de 1.757 milhões de hectares, distribuídos nas regiões sul, sudeste e centro-oeste (COMPANHIA..., 2008). A região sul foi responsável por 93,8% da área cultivada, destes, 48,4% estão no Estado do Paraná, 39,9% no Rio Grande do Sul e 5,5% em Santa Catarina (COMPANHIA..., 2008).

A virose do nanismo amarelo da cevada, causada por espécies de *Barley yellow dwarf virus* - BYDV e *Cereal yellow dwarf virus* - CYDV, é a enfermidade viral de maior impacto econômico para os cereais de inverno em todo o mundo (D'ARCY & BURNETT, 1995). Tem como hospedeiros mais de 150 espécies da família *Poaceae*, dentre elas, plantas anuais e perenes, exploradas economicamente, plantas invasoras ou simplesmente, plantas nativas distribuídas pelo mundo todo. Muitas destas plantas servem como fonte de inóculo para os cereais cultivados (INTERNATIONAL..., 2008).

As espécies de BYDV/CYDV são transmitidos por diversas espécies de afídeos (Hemiptera, Aphididae). As mais importantes em trigo no Brasil são: *Schizaphis graminum* (Rondani), *Metopolophium dirhodum* (Walker), *Sitobion avenae* (Fabricius), *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus), *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) e *Rhopalosiphum rufiabdominale* (Sasaki) (SALVADORI & TONET, 2001).

Na classificação mais recente, o Comitê Internacional de Taxonomia de Vírus classificou o *Barley yellow dwarf virus* e *Cereal yellow dwarf virus* como pertencentes à família *Luteoviridae*, onde as espécies, BYDV-PAV, BYDV-MAV e BYDV-PAS fazem parte do gênero *Luteovirus*. As espécies CYDV-RPV e CYDV-RPS, são integrantes do gênero *Polerovirus*. Já as espécies BYDV-RMV, BYDV-SGV e BYDV-GPV ainda não foram classificadas quanto ao gênero (FAUQUET, 2005).

Os fatores climáticos interagem com os demais fatores e o aquecimento global tende a impor mudanças nestas relações (HARRINGTON, 2002). As diferenças genéticas entre isolados de uma mesma espécie do vírus têm sido relatadas por muitos pesquisadores em distintas áreas geográficas, comprovando que o efeito do ambiente é determinante, provavelmente, pela diversidade de espécies hospedeiras, pela variação das condições climáticas e pelas numerosas espécies de pulgões capazes de transmitir o BYDV e/ou CYDV (MASTARI et al., 1998; BENCHARKI et al., 2002; MILLER et al., 2002; WANG et al., 2002).

Segundo Fabre et al. (2005), com a elevação da temperatura de 5 °C para 15 °C aumenta o número de afídeos alados, os quais são responsáveis pela infecção primária na lavoura e são agentes de disseminação do BYDV/CYDV. Nesta condição, também é observada maior eficiência de aquisição do vírus pelos vetores, aumentando o número de afídeos virulíferos.

Os estudos sobre a distribuição das espécies de BYDV/CYDV são escassos, no Brasil. Há somente um relato feito por Schons e

Dalbosco (1999) e nenhum trabalho sobre a diversidade genética das espécies. O conhecimento das espécies de vírus é de grande importância para os trabalhos de melhoramento na obtenção de cultivares tolerantes/resistentes, pois uma cultivar pode ser severamente afetada por uma espécie de BYDV/CYDV e não por outra (LISTER & RANIERI, 1995).

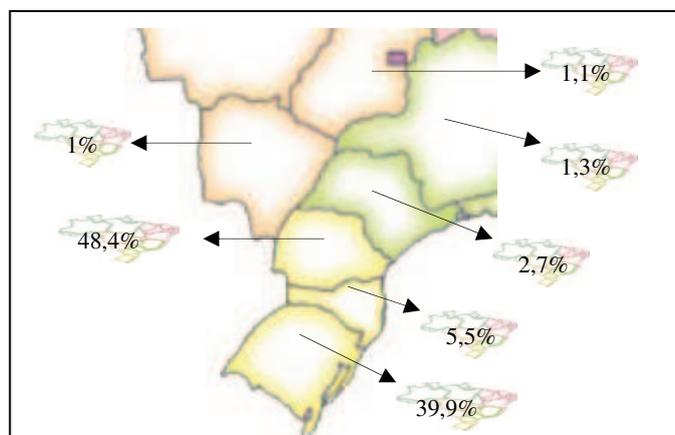
Conduziu-se este estudo com o objetivo de verificar a ocorrência das espécies de BYDV-PAV, BYDV-MAV e CYDV-RPV nas regiões tritícolas do Brasil, incluindo estados importantes na produção de trigo como Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e Mato Grosso do Sul.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Foram coletadas, no ano de 2006, 130 amostras de trigo, em 18 municípios de regiões produtoras do Brasil, sendo, 54 amostras no estado do Rio Grande do Sul, 53 no Paraná, 20 em Mato Grosso do Sul e três em Santa Catarina (Tabela 1). O maior número de coletas nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul justificam-se pela maior participação dos mesmos, na produção nacional (Figura 1).

A amostragem das plantas de trigo foi realizada no estágio de espigamento, onde é mais fácil a visualização dos sintomas característicos da virose. 81% das plantas coletadas apresentavam sintomas, sendo que o mais encontrado foi o amarelecimento do ápice das folhas (Figura 2).

O tempo para a chegada das amostras ao laboratório foi de três a sete dias, o que demandou um acondicionamento adequado para manter a integridade dos tecidos vegetais. Para tanto, foram coletadas plantas inteiras, juntamente com solo umedecido, envolto por sacos plásticos e devidamente identificados.



**Figura 1** - Percentual de participação dos estados na produção brasileira de trigo (elaborado com dados da Companhia..., 2008).

Ao chegarem ao laboratório, as plantas foram acondicionadas em câmara fria para em seguida serem lavadas, segmentadas em amostras de folha, colmo e raiz, e, posteriormente, envoltas em papel alumínio e armazenadas a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Esta segmentação foi necessária tendo em vista que o órgão com maior concentração do vírus é bastante variável em plantas que estão em condições de campo.

As análises foram realizadas no laboratório de virologia vegetal da Universidade de Passo Fundo - UPF, na cidade de Passo Fundo-RS. Para identificação das espécies de BYDV/CYDV foi utilizada a

técnica de DAS-Elisa (Doble Antibody Sandwich - Enzyme Linked Imunosorbent Assay), que dentre as técnicas sorológicas é uma das mais sensíveis e apropriadas para detecção de vírus restrito ao floema, como é o caso. Foram utilizados anti-soros monoclonais (Agdia Inc. Elkhart-in-USA), anti BYDV-PAV, BYDV-MAV e CYDV-RPV.



**Figura 2** - Amarelecimento do ápice das folhas. Sintoma observado em plantas coletadas nas áreas produtoras de trigo no ano de 2006.

Cada amostra foi macerada separadamente em tampão de extração (sulfito de sódio, polivinilpirolidona, albumina e tween 20) na proporção de 1:10 em cadinhos de porcelana esterilizados e com nitrogênio líquido, seguindo o protocolo para o teste de DAS-Elisa descrito por Clark e Adams (1977). A reação colorimétrica foi quantificada em espectrofotômetro de placa, leitora de Elisa, modelo Rosys Anthos 2010 com leitura da absorbância de 405 nm.

A reação foi considerada positiva quando o valor da absorbância (405 nm) da amostra foi superior a duas vezes o valor da absorbância do controle negativo (planta de trigo livre de vírus) de cada placa.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Das amostras analisadas 43,0% foram positivas para pelo menos uma das espécies de BYDV/CYDV testadas. 54,5% das plantas que apresentaram alta concentração viral no colmo e/ou raiz não continham o vírus nas folhas. Apesar da armazenagem a -20 °C ser um procedimento comum para esse tipo de análise, é possível que ocorram perdas na qualidade da amostra e os vírus presentes em baixa concentração podem não ser detectados por Elisa, assim sendo, algumas amostras podem ter sido afetadas.

Foram detectadas as espécies BYDV-PAV e CYDV-RPV, sendo que das amostras infectadas 75,0% apresentavam a espécie BYDV-PAV, 12,5% CYDV-RPV e 12,5% infecção mista com a presença de ambas as espécies virais (Tabela 1).

A distribuição geográfica das espécies de vírus por Estado e município encontra-se na tabela 1 e figura 3. Catorze dos dezoito municípios amostrados apresentaram pelo menos uma espécie dos vírus testados.

No estado de Mato Grosso do Sul, apenas uma amostra apresentou vírus (CYDV-RPV), oriunda do município de Antônio João. No Paraná, as coletas realizadas nos municípios de Rolândia e Londrina, apresentaram 72,7% e 30,0% de infecções,

respectivamente. Em Rolândia as infecções ocorreram somente por BYDV-PAV, em Londrina houve infecções com BYDV-PAV e infecções mistas e, em Guarapuava uma única amostra apresentou infecção (BYDV-PAV) (Figura 3).

**Tabela 1** - Número de amostras coletadas e de amostras positivas, pelo teste DAS-Elisa, para o BYDV-PAV, CYDV-RPV e infecções mistas com BYDV-PAV + CYDV-RPV, em municípios de áreas produtoras de trigo do Brasil

| Municípios           | Estado | Nº amostras | BYDV PAV           | PAV + RPV           | CYDV RPV            |
|----------------------|--------|-------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| Antônio João         | MS     | 5           | -                  | -                   | 1                   |
| Maracaju             | MS     | 10          | -                  | -                   | -                   |
| Ponta Porã           | MS     | 5           | -                  | -                   | -                   |
| Guarapuava           | PR     | 10          | 1                  | -                   | -                   |
| Londrina             | PR     | 33          | 19                 | 5                   | -                   |
| Rolândia             | PR     | 10          | 3                  | -                   | -                   |
| Campos Novos         | SC     | 3           | 2                  | -                   | -                   |
| Carazinho            | RS     | 5           | 4                  | -                   | -                   |
| Giruí                | RS     | 5           | -                  | -                   | 1                   |
| Itaqui               | RS     | 5           | -                  | -                   | -                   |
| Palmeira das Missões | RS     | 4           | 1                  | -                   | -                   |
| Passo Fundo          | RS     | 8           | 8                  | -                   | -                   |
| Santa Rosa           | RS     | 3           | -                  | -                   | 1                   |
| Santo Ângelo         | RS     | 5           | -                  | -                   | 1                   |
| São Luiz Gonzaga     | RS     | 5           | 2                  | 2                   | 1                   |
| São Martinho         | RS     | 5           | 1                  | -                   | 2                   |
| Sarandi              | RS     | 5           | -                  | -                   | -                   |
| Três de Maio         | RS     | 4           | 1                  | -                   | -                   |
| <b>TOTAL</b>         |        | <b>130</b>  | <b>42</b><br>(75%) | <b>7</b><br>(12,5%) | <b>7</b><br>(12,5%) |

Das coletas realizadas no estado do Rio Grande do Sul, os municípios em que foi detectado BYDV-PAV foram: Carazinho, Palmeira das Missões, Passo Fundo e Três de Maio (Figura 3). Amostras com CYDV-RPV foram encontradas nos municípios de

Giruá, Santa Rosa e Santo Ângelo (Figura 3). Os locais que apresentaram as duas espécies, em infecções mistas ou não, foram São Luiz Gonzaga e São Martinho (Figura 3). Em Santa Catarina, o vírus BYDV-PAV foi detectado no município de Campos Novos (Figura 3).



**Figura 3** - Municípios onde foi detectada a presença de BYDV-PAV e/ou CYDV-RPV em plantas de trigo coletadas no ano de 2006.

Os resultados obtidos concordam, em parte, com Schons e Dalbosco (1999), em coletas realizadas, no ano de 1998, nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná e Mato Grosso do Sul, onde 75% das plantas apresentaram-se infectadas com BYDV-PAV, 20% com BYDV-MAV e 5% com BYDV-SGV. No presente estudo BYDV-PAV manteve 75% de ocorrência, BYDV-MAV não foi encontrado em nenhuma amostra e BYDV-SGV, que havia sido encontrado no Mato Grosso do Sul por Schons e Dalbosco (1999), não foi testado, por não haver anti-soro disponível. Entretanto, é possível que BYDV-SGV esteja presente pelo menos no estado de Mato Grosso do Sul, por ser transmitido mais eficientemente por *S. graminum* que predomina em locais quentes e secos (SALVADORI & TONET, 2001).

Os resultados obtidos nas regiões produtoras de trigo do Brasil, concordam com grande parte dos estudos epidemiológicos feitos em diferentes regiões do mundo (ABOULATA, 2002; HABEKUB & SCHLIEPHAKE, 2002, PARK et al., 2002; TRUOL, 2002). Por exemplo, na região central da Alemanha, em coletas realizadas de 1995 a 2002, houve predominância absoluta da espécie BYDV-PAV e a espécie BYDV-MAV foi encontrada em uma única amostra no ano de 1992; CYDV-RPV e BYDV-RMV não foram observadas (HABEKUB & SCHLIEPHAKE, 2002). Na Argentina, análises de amostras oriundas de todas as áreas tritícolas do País em diferentes anos, resultaram em maior frequência de BYDV-PAV, sendo que nas regiões marginais aos cultivos foram encontradas muitas infecções mistas com diferentes espécies (TRUOL, 2002).

#### 4 CONCLUSÕES

Nas condições em que foram conduzidos os trabalhos pode-se concluir que:

- a) *Barley yellow dwarf virus*–PAV é a espécie predominante na cultura do trigo no Brasil.
- b) Os vírus causadores do nanismo amarelo da cevada (BYDV e/ou CYDV) estão presentes em todos os Estados estudados.

## CAPÍTULO 2

### REAÇÃO DE CULTIVARES DE TRIGO AO COMPLEXO

#### *Barley yellow dwarf virus-PAV/AFÍDEOS VETORES*

VÂNIA BIANCHIN<sup>1</sup>, JUREMA SCHONS<sup>2</sup> E JOSÉ ROBERTO  
SALVADORI<sup>3</sup>

**RESUMO** – Foi estudado em condições de campo junto a Embrapa – Trigo, em Passo Fundo – RS, no ano de 2006, a reação de 21 cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) ao complexo BYDV-PAV/afídeos vetores (*Rhopalosiphum padi*, *Sitobion avenae* e *Schizaphis graminum*). Foram determinados o número de afilhos por planta, estatura, massa da matéria seca da parte aérea e radicular, rendimento de grãos e seus componentes (estabelecimento de plantas, número de espigas por planta, número de grãos por espiga, massa de mil grãos), título viral (DAS-Elisa) e índice de doença, obtido através da incidência e da severidade dos sintomas da doença. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Danos significativos foram observados em todas as variáveis analisados, sendo que o rendimento

---

<sup>1</sup>Eng<sup>a</sup>.-Agr<sup>a</sup>., 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 Entomologia., professor da PPGAgro e FAMV da UPF e pesquisador da Embrapa-Trigo.

de grãos foi a característica mais afetada, redução 47,94% na média das cultivares. Este valor variou 30,30% na cultivar BRS Timbaúva a 61,43% na cultivar Fundacep 50. A avaliação dos sintomas (índice de doença) apresentou 87,71% de correlação com o rendimento de grãos, mostrando-se útil na determinação dos níveis de suscetibilidade ou tolerância em trigo. As cultivares Fundacep 50, BRS Angico, BRS Guabiju e Embrapa 16 foram altamente suscetíveis e as cultivares Ônix, BRS Timbaúva e Fundacep Nova Era apresentaram menor suscetibilidade. BYDV-PAV foi a única espécie detectada tendo sido significativamente distintas as concentrações do vírus entre plantas infestadas e sem infestação com pulgões virulíferos. Nenhuma das cultivares testadas apresentou tolerância ao complexo vírus/vetor quando a variável analisada foi rendimento.

**Palavras-chave:** BYDV-PAV, *Triticum aestivum*, DAS-Elisa e danos.

**REACTION OF BRAZILIAN WHEAT CULTIVARS TO  
COMPLEX Barley yellow dwarf virus-PAV/VECTORS**

**VÂNIA BIANCHIN, JUREMA SCHONS E JOSÉ ROBERTO  
SALVADORI**

**ABSTRACT** – The experiment was conducted in 2006 at the National Wheat Research Center (Embrapa Trigo) in Passo Fundo, Rio Grande do Sul state. Twenty one wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) were used to determine their susceptibility and tolerance to the BYDV-PAV and vectors (*Rhopalosiphum padi*, *Sitobion avenae* e *Schizaphis graminum*). It was evaluated: grain yield, yield components (plant population, number of spikes per plant, grains per spike and 1000 seeds weight), plant tillers, plant stature, leaves/stems dry matter and roots dry matter), virus titer (DAS-ELISA) and disease index, obtained through disease incidence and severity of symptoms in plants. The data were subjected to analysis of variance and mean were compared by Tukey test at level of 5% probability. It was observed significant damage in all evaluated agronomic characteristics. Grain yield was the most affected characteristic with an average reduction of 47,94%, ranging from 30.30% in the cultivar BRS Timbaúva to 61.43% in the cultivar Fundacep 50. The disease incidence and severity of symptoms showed 87.71 % of correlation with grain yield and it can be useful to determining levels of susceptibility or tolerance in wheat. Fundacep 50, BRS Angico, BRS Guabiju and Embrapa 16 were highly susceptible and Ônix, BRS Timbaúva and Fundacep Nova Era were

susceptible. None of the tested cultivars were tolerant to the virus/vector complex. Only BYDV-PAV was detected by DAS-Elisa and the virus titer on the infested plants were significantly higher than in the healthy ones. None of the tested cultivars showed tolerance to the virus/vector complex when yield component was evaluated.

**Keywords:** BYDV-PAV, *Triticum aestivum*, DAS-Elisa, damage.

## 1 INTRODUÇÃO

Os agentes causais da doença conhecida no Brasil como virose do nanismo amarelo da cevada (VNAC) (Casa et al., 2000) são classificados como *Barley yellow dwarf virus* (BYDV) e *Cereal yellow dwarf virus* (CYDV). Do gênero *Luteovirus*, fazem parte as espécies BYDV-PAV, BYDV-MAV e BYDV-PAS; e ainda não classificados quanto ao gênero, estão BYDV-RMV, BYDV-SGV e BYDV-GPV. Do gênero *Polerovirus*, as espécies CYDV-RPV e CYDV-RPS (FAUQUET, 2005).

As espécies de BYDV/CYDV são transmitidos por diversas espécies de afídeos (Hemiptera, Aphididae) (HALBERT & VOEGTLIN, 1995) e são causadores de danos econômicos em cereais de inverno no mundo todo (D'ARCY, 1995).

O nível dos danos causados pela doença depende de muitos fatores, como condições climáticas no ano de cultivo, densidade populacional e espécie predominante de afídeo, espécies e cultivares de hospedeiros, e eficiência de transmissão, dentre outros (D'ARCY & BURNETT, 1995).

Os principais sintomas da doença são: amarelecimento das folhas, nanismo, diminuição no número de afilhos e espigas e, conseqüentemente, número e peso de grãos (FIGUEIRA, 1997). Fisiologicamente, isto é explicado pela ocorrência de uma série de eventos dependentes dos fatores de influência descritos. Inicialmente ocorre um grande decréscimo na fotossíntese e acréscimo da respiração, o que leva a um rápido acúmulo de carboidratos no local

da síntese em folhas infectadas. Isto implica em pouco carboidrato translocado para o sistema radicular e o meristema apical, onde é mais importante, causando desnutrição da planta e resultando na redução do crescimento. Em um evento subsequente ocorre o acúmulo de nitrogênio nas folhas doentes, levando à deficiência nos pontos de crescimento, o que intensifica os sintomas de clorose e nanismo (JENSEN, 1968a; JENSEN, 1968b; JENSEN, 1969).

De acordo com Cooper e Jones (1983), plantas resistentes a viroses possuem mecanismos intrínsecos que determinam a baixa replicação do vírus e, por conseguinte, menor título viral e rendimentos superiores à plantas não resistentes, quando comparadas nas mesmas condições. Plantas tolerantes são aquelas plantas que mesmo com alta concentração do vírus têm produtividade próxima às não infectadas.

De modo geral, os programas de melhoramento têm conseguido poucos genes de resistência em cereais, entretanto, genes de tolerância são identificados com maior frequência. Um bom exemplo é a cultivar de trigo Anza, estudada nos Estados Unidos da América, cuja tolerância é conferida por um gene parcialmente dominante *Bdv1*, que estaria associado aos genes *Lr34* e *Yr18* que conferem resistência de planta adulta à ferrugem da folha e do colmo (SINGH et al., 2002).

Outras tentativas têm tido algum êxito, como, por exemplo, a introdução do cromossomo 3 da cevada em linhas de trigo, o qual contém o gene *Yd2* e tem expressado resistência a BYDV/CYDV em trigo. Porém, este gene não confere boas características agronômicas

ao trigo e não tem boa aceitação pelos melhoristas (BURNETT et al., 1995, BURNETT & PLUMB, 1998).

Na falta de resistência em materiais de elite nos programas de melhoramento de trigo, buscou-se genes na espécie de trigo selvagem *Thinopyrum intermedium*, o qual possui o gene *Bdv2*. Em relação às demais características agronômicas, os materiais oriundos de cruzamentos com *T. intermedium* se aproxima das espécies cultivadas, o que indica a possibilidade de grandes avanços nos próximos anos (AYALA et al, 2001a; AYALA et al, 2001b; HENRY et al., 2002; LARKIN et al., 2002; VAN GINKEL & HENRY, 2002).

Segundo Barbieri et al. (2001), muitas informações foram geradas sobre esta virose em nível mundial, desde sua descoberta. Contudo poucos trabalhos foram realizados no Brasil fazendo com que a reação do germoplasma brasileiro de trigo ao BYDV e/ou CYDV seja pouco conhecida.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de caracterizar a reação de 21 cultivares de trigo em relação ao complexo BYDV-PAV/afídeos vetores.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Localização**

O experimento foi conduzido em condições de campo, na sede da Embrapa Trigo, em Passo Fundo - RS, no ano de 2006. As análises sorológicas (DAS-Elisa) foram realizadas no laboratório de virologia

vegetal da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo (UPF).

## **2.2 Instalação e condução do experimento**

Foram semeadas, no dia 20 de junho de 2006 (emergência em 27 de junho), 21 cultivares de trigo (Tabela 1). Destas, 19 são recomendadas pela Comissão Sul e Centro-Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale para cultivo (REUNIÃO..., 2007). A densidade de semeadura foi de 60 sementes por metro e a adubação de base e de cobertura foi realizada segundo as recomendações técnicas para a cultura do trigo (COMISSÃO..., 2002). A aplicação de nitrogênio em cobertura foi no estágio de desenvolvimento 2 da escala modificada Feekes – Large (LARGE, 1954) que corresponde ao início de afilhamento.

Os tratamentos com fungicida (propiconazole + ciproconazole ou (trifloxistrobina + tebuconazole) foram realizados através de aplicações na parte aérea das plantas com intervalos de 15 a 20 dias. Foi monitorada a presença de outros insetos que não os vetores, a fim de evitar danos indesejáveis ao estudo. Foi aplicado inseticida duas vezes durante o cultivo, nos dias 23 de agosto (clorpirifós etílico) e 22 de setembro (lambda-cialotrina).

A infestação artificial com vetores virulíferos foi feita através da colocação de folhas de trigo contendo em média 10 afídeos/planta de três espécies *Schizaphis graminum*, *Sitobion avenae* e *Rhopalosiphum padi*, na linha central de cada parcela. Tanto as plantas fonte de inóculo como os afídeos foram testados por DAS-Elisa para BYDV-

PAV, BYDV-MAV, BYDV-SGV, BYDV-RMV e CYDV-RPV e apresentaram reação sorológica positiva para BYDV-PAV. Os pulgões utilizados foram da criação pertencente ao laboratório de entomologia da Embrapa Trigo, iniciada a partir de indivíduos coletados em campo, no ano de 2005.

**Tabela 1 - Genótipos utilizados e os cruzamentos originários**

| <b>Genótipo</b>     | <b>Cruzamento</b>   |
|---------------------|---|
| <b>Trigo BR 23</b>  | Corre Caminos/Alondra Sib/3/IAS 54-20/Cotiporã//CNT 8   |
| <b>Trigo BR 35</b>  | IAC 5*2/3/CNT 7*3/Londrina//IAC 5/Hadden  |
| <b>BRS 177</b>      | PF 83899 /PF 813 // F27141  |
| <b>BRS 179</b>      | BR 35/PF 8596/3/ PF 772003*2/PF 813//PF 83899   |
| <b>BRS 194</b>      | CEP 14 / BR 23 // CEP 17  |
| <b>BRS 208</b>      | CPAC 89118/3/BR 23//CEP 19/PF 85490   |
| <b>BRS 220</b>      | Embrapa 16/TB 108   |
| <b>BRS Angico</b>   | PF 87107/2*IAC 13   |
| <b>BRS Buriti</b>   | Embrapa 27/Klein Orion  |
| <b>BRS Camboatá</b> | Sel 14 (seleção de plantas dentro da linhagem PF 93232, oriunda da seleção de plantas baixas ocorrentes) em Embrapa 16 (Hulha Negra/CNT 7//Amigo/CNT 7) |
| <b>BRS Camboim</b>  | Embrapa 27*4/Klein Cartucho//PF 869114/BR 23  |
| <b>BRS Canela</b>   | BRS 120/PF 91204*2//Anahuac 75  |
| <b>BRS Guabiju</b>  | PF 86743/BR23   |
| <b>BRS Guamirim</b> | Embrapa 27/ Buck Nandu/ PF 93159  |
| <b>BRS Louro</b>    | PF 869114/BR 23   |
| <b>BRS Timbaúva</b> | BR 32/PF 869120   |
| <b>Embrapa 16</b>   | Hulha Negra/CNT 7//Amigo/CNT 7  |
| <b>Fundacep 50</b>  | PG 876//BR 34/CRDN  |
| <b>F. Nova Era</b>  | CEP 88132/PG 876//BR 34/CRDN  |
| <b>Ônix</b>         | CEP 24/Rubi Sib   |
| <b>Safira</b>       | PF 9099/OR-1//Granito   |

Tabela elaborada com base nas fontes: Souza (2004), Indicações...(2005) e Empresa...(2008).

A infestação foi feita 13 dias após a emergência no estádio 1 (início da emissão da terceira folha). Os afídeos foram eliminados com a aplicação de inseticida 44 dias após a infestação.

As parcelas foram de três linhas de um metro de comprimento cada, espaçadas 0,20 m. A linha central foi considerada área útil para coleta de dados e medição das variáveis.

### **2.3 Delineamento experimental**

O delineamento foi de blocos ao acaso com quatro repetições com arranjo fatorial, 2 (sadio e infectado) x 21 (cultivares), utilizado como testemunha sadia, plantas com tratamento de sementes com inseticida imidacloprido e sem a infestação artificial de afídeos virulíferos e, infectado, sem tratamento de sementes e com infestação natural e artificial.

### **2.4 Variáveis analisadas**

Foram avaliadas características morfológicas da planta como: o número de afilhos, massa da matéria seca da parte aérea e do sistema radicular e estatura das plantas. Esta última foi medida desde a base da planta até o ápice da espiga do colmo principal de cada planta. Foi determinado o rendimento de grãos e seus componentes: número de plantas estabelecidas (contagem após o afilhamento), número de espigas por planta, número de grãos por espiga e massa de mil grãos, 15 dias após à colheita, para uniformização da umidade.

Para a determinação do título viral (concentração de vírus na planta) retirou-se aleatoriamente uma planta sintomática de cada parcela, 90 dias após a infestação com os vetores.

As plantas coletadas foram acondicionadas em câmara fria a 10 °C, em seguida lavadas, segmentadas em amostras de folha, colmo e raiz, envoltas em papel alumínio e armazenadas a -20 °C.

Cada amostra foi macerada separadamente com auxílio de nitrogênio líquido e posteriormente adicionado tampão de extração (sulfito de sódio, polivinilpirolidona, albumina e “tween 20”) na proporção de 1:10, em cadinhos de porcelana esterilizados. O protocolo usado para a técnica sorológica de DAS-Elisa (Doble Antibody Sandwich - Enzyme Linked Imunosorbent Assay) foi descrito por Clark e Adams (1977). Foram utilizados anti-soros monoclonais para BYDV-PAV, BYDV-MAV e CYDV-RPV (Agdia Inc. Elkhart-in-USA).

A reação colorimétrica foi quantificada por absorvância em espectrofotômetro de placa, leitora de Elisa, modelo Rosys Anthos 2010, a 405 nm. Considerou-se a reação positiva quando o valor da absorvância da amostra foi superior a duas vezes o valor da absorvância do controle negativo (planta de trigo livre de vírus) de cada placa.

Os sintomas foram avaliados visualmente em três estádios de desenvolvimento da cultura conforme escala de Feekes modificada (LARGE, 1954), estágio 3 (afilhos formados), estágio 10.1 (primeiras espigas visíveis) e estágio 10.5.3 (final da floração). A escala de descrição dos sintomas causados por BYDV e/ou CYDV utilizada foi:

Zero = plantas sem sintomas visíveis.

1 = Leve amarelecimento e/ou descoloração nas folhas. Planta com estatura normal e aparência vigorosa.

2 = Moderado amarelecimento de folhas. Nenhum sinal de nanismo ou redução de afilhos. Vigor de planta pouco afetado.

3 = Moderado a severo amarelecimento de folhas e/ou leve avermelhamento nas pontas. Leve nanismo. Vigor de planta moderadamente afetado.

4 = Severo amarelecimento da maioria das folhas e/ou moderado avermelhamento nas pontas. Espigas pequenas. Nanismo moderado. Vigor da planta fortemente afetado. Afilhamento reduzido.

5 = Completo amarelecimento de todas as folhas e/ou avermelhamento intenso. Redução no número de afilhos. Pouca ou nenhuma espiga. Nanismo acentuado. Considerável esterilidade. Maturação forçada ou secamento das folhas.

O índice de doença (ID) foi calculado através da fórmula de Mckinney utilizada para avaliações de intensidade de doenças.

$$\text{ID} = \text{Som.}[(f.v) / (n.x)]$$

Onde:

**f** = número de plantas com a mesma nota

**v** = nota observada

**n** = número total de plantas avaliadas

**x** = nota máxima da escala

## 2.5 Análise estatística dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, através

do programa Estat - Sistema para análises estatísticas (pólo computacional/departamento de ciências exatas – UNESP – Campus Jaboticabal). Foi realizada análise de correlações e traçados gráficos com auxílio do programa Microsoft Excel. Para as análises estatísticas, os dados de índice de doença e valores de absorbância foram transformados ( $\sqrt{x+0,5}$ ) para ajuste da normalidade. Na confecção de tabelas e gráficos utilizaram-se os valores sem transformação.

Os percentuais de danos foram transformados ( $e^{(x/100)}$  onde  $e = 2,7182$ ) e, posteriormente analisados pelo programa SASM-Agri - Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas (CANTERI et al., 2001).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Características morfológicas**

A redução no afilhamento é um dos sintomas que, normalmente, ocorre em trigo infectado por BYDV e/ou CYDV, observado por Caetano (1972) plantas infectadas apresentaram redução no desenvolvimento dos afilhos ou morte, antes da cultura completar o ciclo. No presente trabalho houve diferenças significativas entre plantas expostas e não ao complexo BYDV-PAV/vetores em todas as cultivares testadas (Tabela 2). Diferentemente de Lanzarini et al. (2007) que observaram diferença, somente, nas cultivares de trigo BRS 179 e BRS Angico. Já Nicolini-Teixeira et al. (2006) verificaram que, em algumas cultivares de aveia, houve indução do afilhamento

em plantas infectadas, ocorrendo de 1% a 156% mais afilhos que plantas sadias.

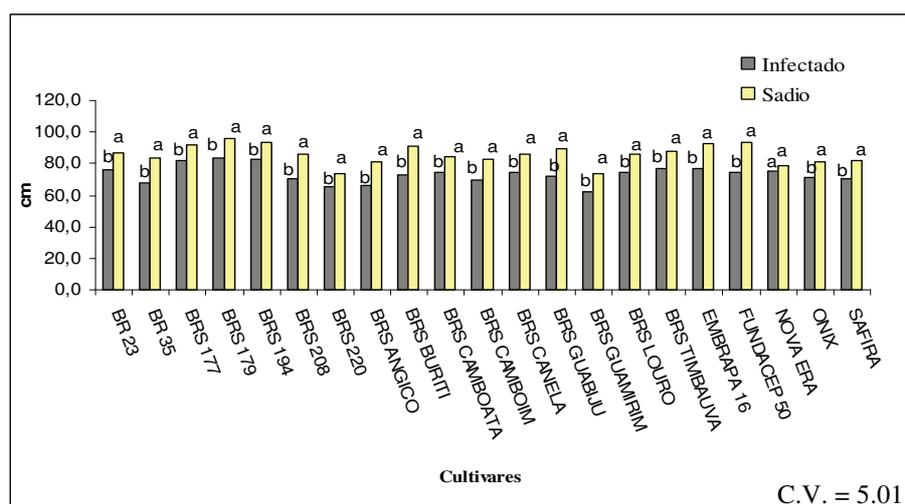
**Tabela 2** - Número médio de afilhos por planta em cultivares de trigo infectadas com BYDV-PAV através de *R. padi*, *S. avenae* e *S. graminum* e sadias

| Cultivares          | Infectado     | Sadio         | Danos<br>(S-I)/S*100 |
|---------------------|---------------|---------------|----------------------|
| <b>BR 23</b>        | 1,99          | 2,13          | 5,19                 |
| <b>BR 35</b>        | 1,96          | 2,07          | 6,55                 |
| <b>BRS 177</b>      | 2,11          | 2,17          | 2,93                 |
| <b>BRS 179</b>      | 1,76          | 2,09          | 16,61                |
| <b>BRS 194</b>      | 1,74          | 2,18          | 19,38                |
| <b>BRS 208</b>      | 1,67          | 1,87          | 10,01                |
| <b>BRS 220</b>      | 1,88          | 2,10          | 11,07                |
| <b>BRS Angico</b>   | 1,91          | 2,33          | 17,53                |
| <b>BRS Buriti</b>   | 1,82          | 2,38          | 24,13                |
| <b>BRS Camboatá</b> | 2,07          | 2,20          | 6,80                 |
| <b>BRS Camboim</b>  | 2,11          | 2,58          | 19,01                |
| <b>BRS Canela</b>   | 2,05          | 2,17          | 6,83                 |
| <b>BRS Guabiju</b>  | 1,85          | 2,03          | 10,44                |
| <b>BRS Guamirim</b> | 2,29          | 2,63          | 12,57                |
| <b>BRS Louro</b>    | 1,66          | 2,07          | 19,26                |
| <b>BRS Timbaúva</b> | 2,51          | 2,50          | 0,24                 |
| <b>Embrapa 16</b>   | 1,79          | 2,21          | 19,37                |
| <b>Fundacep 50</b>  | 1,56          | 1,98          | 19,22                |
| <b>F. Nova Era</b>  | 2,14          | 2,32          | 6,78                 |
| <b>Ônix</b>         | 2,00          | 1,94          | -2,91                |
| <b>Safira</b>       | 2,04          | 1,95          | -6,67                |
| <b>Média Total</b>  | <b>B 1,95</b> | <b>A 2,19</b> | <b>A 10,68</b>       |
| <b>C.V.</b>         | <b>14,56%</b> |               | <b>6,00%</b>         |

Médias precedidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A estatura é uma das características mais influenciadas pela virose do nanismo amarelo da cevada, como o próprio nome sugere, na maioria dos cereais de inverno. As plantas infectadas apresentaram menor estatura do que as plantas sadias em todas as cultivares, exceto

cultivar Fundacep Nova Era, sugerindo uma possível tolerância a redução da estatura causado pelo vírus (Figura 1). Resultados semelhantes foram encontrados por Lanzarini et al. (2007), onde as cinco cultivares de trigo estudadas apresentaram diferenças significativas na estatura entre plantas saudas e infectadas com BYDV-PAV. Gray et al. (1994) testaram uma cultivar de aveia com três isolados de BYDV-MAV e dois de BYDV-RMV e em todos os casos houve redução no porte de plantas quando comparadas com plantas não infectadas.



**Figura 1** - Estatura média (cm) em cultivares de trigo infectadas com BYDV-PAV por *R. padi*, *S. avenae* e *S. graminum* e saudas.

Médias acompanhadas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Os percentuais de danos na estatura da cultivar Fundacep Nova Era foi significativamente menor que na cultivar Fundacep 50, a qual

apresentou maior percentual de dano com 20,31%, e não diferiu das demais cultivares testadas (Tabela 3).

**Tabela 3** – Percentual de dano da estatura e massa da matéria seca do sistema radicular em plantas de trigo

| Cultivares          | Estatura          |    | Massa da matéria seca do sistema radicular |     |
|---------------------|-------------------|----|--|-----|
|                     | Danos (S-I)/S*100 |    | Danos (S-I)/S*100                          |     |
| <b>BR 23</b>        | 12,22             | ab | 19,54                                      | abc |
| <b>BR 35</b>        | 19,08             | ab | 32,74                                      | abc |
| <b>BRS 177</b>      | 11,09             | ab | 0,43                                       | abc |
| <b>BRS 179</b>      | 13,52             | ab | 17,71                                      | abc |
| <b>BRS 194</b>      | 11,14             | ab | 5,97                                       | abc |
| <b>BRS 208</b>      | 18,09             | ab | 24,98                                      | abc |
| <b>BRS 220</b>      | 11,07             | ab | 44,33                                      | a   |
| <b>BRS Angico</b>   | 18,21             | ab | 35,81                                      | abc |
| <b>BRS Buriti</b>   | 19,99             | ab | 41,51                                      | ab  |
| <b>BRS Camboatá</b> | 12,46             | ab | 9,09                                       | abc |
| <b>BRS Camboim</b>  | 16,29             | ab | 38,63                                      | abc |
| <b>BRS Canela</b>   | 12,93             | ab | 22,86                                      | abc |
| <b>BRS Guabiju</b>  | 19,71             | ab | 35,34                                      | abc |
| <b>BRS Guamirim</b> | 16,38             | ab | -6,44                                      | bc  |
| <b>BRS Louro</b>    | 13,61             | ab | 35,63                                      | abc |
| <b>BRS Timbaúva</b> | 11,97             | ab | 24,30                                      | abc |
| <b>Embrapa 16</b>   | 17,25             | ab | 41,77                                      | ab  |
| <b>Fundacep 50</b>  | 20,31             | a  | 43,42                                      | ab  |
| <b>F. Nova Era</b>  | 4,27              | b  | 29,82                                      | abc |
| <b>Ônix</b>         | 12,25             | ab | -14,73                                     | c   |
| <b>Safira</b>       | 13,63             | ab | 23,99                                      | abc |
| <b>Média Total</b>  | 14,62             |    | 24,00                                      |     |
| <b>C.V.</b>         | <b>5,70%</b>      |    | <b>18,26%</b>                              |     |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A média da estatura apresentou correlação de 76,95% com o rendimento de grãos (kg/ha) e de 79,24% com a massa seca da parte aérea da planta (Tabela 12). A diminuição da estatura da planta representa menor área fotossintética, resultando em menor

produtividade de grãos e de matéria seca, a qual tem interesse secundário em relação à cobertura de solo e ou produção de forragem em trigos de duplo propósito ou em outras plantas utilizadas para alimentação animal.

A massa da matéria seca da parte aérea da planta teve grandes reduções em plantas expostas ao complexo BYDV-PAV/vetores, no entanto, não houve interação com as cultivares. O percentual de dano médio foi de 40,27%, variando de 20,94 a 60,90%, destacando-se as cultivares BRS Camboatá e Fundacep Nova Era, com os menores percentuais de redução, 20,94 e 21,88%, respectivamente, embora não considerado diferente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro (Tabela 4). Esta característica implica na diminuição da produção de grãos e forragem. Diferenças significativas também foram encontradas por Gomes (2006) utilizando a cultivar de trigo Embrapa 16 quando foi infestada com dez afídeos por planta

A correlação da massa da matéria seca da parte aérea da planta com o rendimento de grãos é de 94,67% (Tabela 12), significando que a grande redução observada nesta variável indica reduções significativas no rendimento de grãos em todas as cultivares estudadas.

Para massa da matéria seca do sistema radicular, a diferença entre plantas infectadas e sadias foi significativa para a maioria das cultivares (Figura 2). Entretanto, houve interação e algumas cultivares, dentre elas, BR 23, BRS 177, BRS 179, BRS 194, BRS 208, BRS Camboatá, BRS Canela, BRS Guamirim, BRS Timbaúva, Ônix e Safira não diferiram (Figura 2), resultado semelhante foi encontrado

por Gomes (2006), em plantas de trigo infestadas com afídeos virulíferos e plantas sem infestação.

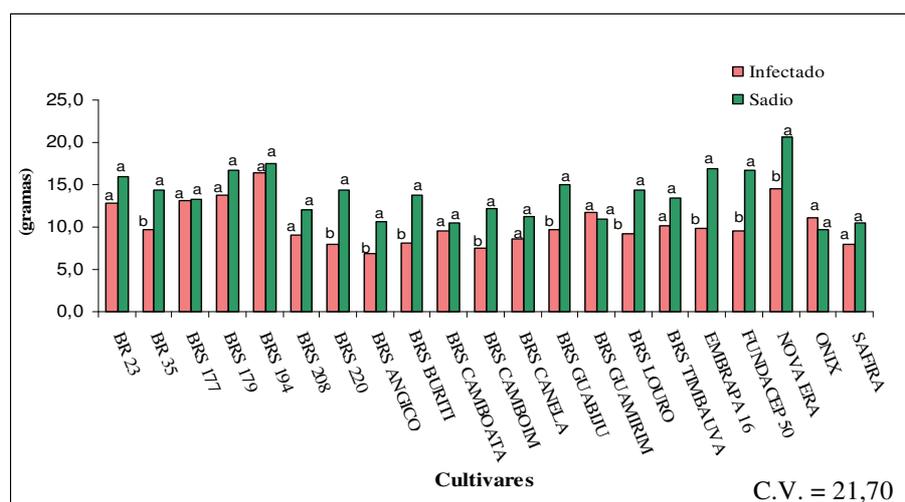
**Tabela 4** - Massa da matéria seca da parte aérea (g) em cultivares de trigo infectadas com BYDV-PAV através de *R. padi*, *S. avenae* e *S. graminum* e sadias

| Cultivares          | Infectado       | Sadio           | Danos<br>(S-I)/S*100 |
|---------------------|-----------------|-----------------|----------------------|
| <b>BR 23</b>        | 163,36          | 240,95          | 32,20                |
| <b>BR 35</b>        | 103,46          | 264,58          | 60,90                |
| <b>BRS 177</b>      | 168,22          | 285,49          | 41,08                |
| <b>BRS 179</b>      | 172,86          | 268,07          | 35,52                |
| <b>BRS 194</b>      | 172,14          | 278,06          | 38,09                |
| <b>BRS 208</b>      | 166,47          | 231,38          | 28,05                |
| <b>BRS 220</b>      | 117,35          | 241,39          | 51,39                |
| <b>BRS Angico</b>   | 116,13          | 257,53          | 54,91                |
| <b>BRS Buriti</b>   | 131,71          | 261,46          | 49,62                |
| <b>BRS Camboatá</b> | 164,18          | 207,66          | 20,94                |
| <b>BRS Camboim</b>  | 161,97          | 268,51          | 39,68                |
| <b>BRS Canela</b>   | 172,10          | 249,46          | 31,01                |
| <b>BRS Guabiju</b>  | 116,37          | 280,94          | 58,58                |
| <b>BRS Guamirim</b> | 133,06          | 224,12          | 40,63                |
| <b>BRS Louro</b>    | 152,05          | 271,64          | 44,03                |
| <b>BRS Timbaúva</b> | 180,96          | 273,03          | 33,72                |
| <b>Embrapa 16</b>   | 138,41          | 283,34          | 51,15                |
| <b>Fundacep 50</b>  | 132,56          | 246,52          | 46,23                |
| <b>F. Nova Era</b>  | 248,65          | 318,30          | 21,88                |
| <b>Ônix</b>         | 165,72          | 219,20          | 24,4                 |
| <b>Safira</b>       | 125,13          | 214,43          | 41,64                |
| <b>Média Total</b>  | <b>B 152,52</b> | <b>A 256,48</b> | <b>A 40,27</b>       |
| <b>C.V.</b>         | <b>20,13%</b>   |                 | <b>16,19%</b>        |

Médias precedidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

As cultivares BRS 220, BRS Buriti, Embrapa 16 e Fundacep 50 apresentaram os maiores danos percentuais, diferindo das cultivares Ônix e BRS Guamirim que apresentaram um incremento de 14,73% e

6,44 na massa da matéria seca do sistema radicular das plantas infectadas, respectivamente (Tabela 3).



**Figura 2** - Massa da matéria seca do sistema radicular (g) em cultivares de trigo infectadas com BYDV-PAV por *R. padi*, *S. avenae* e *S. graminum* e sadias.

Médias acompanhados da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Já Lanzarini et al. (2007) encontraram diferenças significativas para a massa da matéria seca total (parte aérea + sistema radicular) de cinco cultivares de trigo infectadas com BYDV-PAV, com dano variando de 26,5% na cultivar BRS 177 a 52,7%, na cultivar BRS 179. Caetano (1972) observou redução de 44% na massa da matéria seca total de plantas de trigo, cultivar Lagoa Vermelha, que apresentavam os sintomas de BYDV, livres de outras doenças e sem a ação de afídeos durante o desenvolvimento. Quando os afídeos foram deixados sobre as plantas até o final do ciclo da cultura, a redução foi de 82%, sugerindo neste caso o dano provocado pelo pulgão como praga.

### 3.2 Rendimento de grãos e seus componentes

Não estão apresentados os dados das variáveis, grãos por espiga, massa de mil grãos e rendimento de grãos para as cultivares BR 35, BRS 220 e BRS Guamirim, devido aos danos causados por geada durante o estágio de florescimento. As demais cultivares não foram afetadas por possuírem ciclo mais tardio.

Todas as características são importantes, direta ou indiretamente. Contudo, em culturas onde o interesse econômico é a produção de grãos, o fator de maior relevância é o rendimento. Sob este ponto de vista foram avaliados os principais componentes do rendimento, como: número de plantas estabelecidas, número de espigas por planta, número de grãos por espiga, massa de mil grãos e rendimento de grãos.

Houve diferença significativa no número de plantas estabelecidas entre as testemunhas (sadio), oriundas de sementes tratadas com imidacloprido e sem infestação de pulgões virulíferos, e plantas infectadas, sem tratamento de semente e com infestação natural e artificial de afídeos (Tabela 5). Isto indica que a exposição das plântulas ao complexo BYDV-PAV/afídeos antes do afilhamento (emissão da terceira folha) causa, em alguns casos, morte das mesmas.

O resultado obtido para o número de plantas estabelecidas difere do encontrado por Lanzarini et al. (2007) quando testaram a reação de cinco cultivares de trigo (BRS 177, BRS 179, BRS 194, BRS Angico e BRS Camboatá) infectadas por BYDV-PAV, sob condições de telado. A condição de campo em relação ao telado pode ter sido fator

determinante para a diferença nos resultados observados por ser o campo ambiente com condições não controladas, expostos a infestação natural por afídeos vetores.

**Tabela 5** - Número de plantas de trigo estabelecidas no campo após o afilhamento em cultivares de trigo infectadas com BYDV-PAV através de *R. padi*, *S. avenae* e *S. graminum* e sadias

| Cultivares          | Infectado (I)  | Sadio (S)      | Danos<br>(S-I)/S*100 |
|---------------------|----------------|----------------|----------------------|
| <b>BR 23</b>        | 47,75          | 54,25          | 11,98                |
| <b>BR 35</b>        | 44,75          | 54,25          | 17,51                |
| <b>BRS 177</b>      | 47,50          | 53,50          | 11,21                |
| <b>BRS 179</b>      | 57,00          | 52,00          | -9,62                |
| <b>BRS 194</b>      | 51,50          | 51,25          | -0,49                |
| <b>BRS 208</b>      | 45,75          | 53,75          | 14,88                |
| <b>BRS 220</b>      | 38,25          | 48,50          | 21,13                |
| <b>BRS Angico</b>   | 46,25          | 50,75          | 8,87                 |
| <b>BRS Buriti</b>   | 49,25          | 49,50          | 0,51                 |
| <b>BRS Camboatá</b> | 48,00          | 50,25          | 4,48                 |
| <b>BRS Camboim</b>  | 50,00          | 48,75          | -2,56                |
| <b>BRS Canela</b>   | 46,50          | 51,75          | 10,14                |
| <b>BRS Guabiju</b>  | 50,00          | 58,50          | 14,53                |
| <b>BRS Guamirim</b> | 51,25          | 53,50          | 4,21                 |
| <b>BRS Louro</b>    | 55,50          | 52,25          | -6,22                |
| <b>BRS Timbaúva</b> | 49,75          | 52,75          | 5,69                 |
| <b>Embrapa 16</b>   | 47,25          | 56,00          | 15,63                |
| <b>Fundacep 50</b>  | 45,75          | 52,50          | 12,86                |
| <b>F. Nova Era</b>  | 54,25          | 56,75          | 4,41                 |
| <b>Ônix</b>         | 51,75          | 56,25          | 8,00                 |
| <b>Safira</b>       | 47,00          | 55,00          | 14,55                |
| <b>Média Total</b>  | <b>B 48,80</b> | <b>A 52,95</b> | <b>A 7,70</b>        |
| <b>C.V.</b>         | <b>15,01%</b>  |                | <b>18,56%</b>        |

Médias precedidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Quanto ao número de espigas por planta, é significativa a diferença entre plantas infectadas e sadias, não ocorrendo interação entre os tratamentos (infectado e sadio) e as cultivares (Tabela 6),

ratificando o observado por Lanzarini et al. (2007) no estudo de cinco cultivares de trigo e Gomes (2006) com infestação de dez afídeos por planta na cultivar de trigo Embrapa 16. Barbieri et al. (2000) verificaram que as cultivares de trigo IAC 5-Maringá, BR 14, BR 34, BR 35 não apresentaram diferença já, para Embrapa 16 e CEP 24 o número de espigas de plantas sadias foi maior.

A correlação do número de espigas por planta com rendimento de grãos foi de 61,45% e com o número de afilhos foi de 93,77% (Tabela 12). Isto indica que a redução no número de afilhos leva a redução no número de espigas e, conseqüentemente no número e peso de grãos, resultando em diminuição do rendimento.

O número de grãos por espiga, bastante importante em avaliações de rendimento, sofreu alto percentual de dano em todas as cultivares, na média 28,99%, variando de 17,68% na cultivar Ônix a 37,59% na BRS Guabiju (Tabela 6), esta última assemelha-se ao dano médio de 38% encontrado por Caetano (1972). Houve diferença significativa entre parcelas infectadas e sadias, e as cultivares apresentaram comportamento diferenciado diante da condição imposta pelo complexo BYDV-PAV/vetores, podendo ser observado pelas médias (infectado e sadio) (Tabela 7). Este resultado está de acordo com o encontrado por Lanzarini et al. (2007) para a determinação de grãos por planta em cinco cultivares de trigo e Barbieri et al. (2000), que analisando o número total de grãos, na parcela encontraram diferenças para os cultivares Embrapa 16 e CEP 24.

**Tabela 6** – Número de espigas por planta de cultivares de trigo infectadas com BYDV–PAV através de *R. padi*, *S. avenae* e *S. graminum* e sadias

| Cultivares          | Infectado     | Sadio         | Danos<br>(S-I)/S*100 |
|---------------------|---------------|---------------|----------------------|
| <b>BR 23</b>        | 1,90          | 2,00          | 3,38                 |
| <b>BR 35</b>        | 1,86          | 1,89          | 2,44                 |
| <b>BRS 177</b>      | 1,97          | 2,09          | 6,06                 |
| <b>BRS 179</b>      | 1,64          | 2,00          | 18,94                |
| <b>BRS 194</b>      | 1,64          | 2,10          | 21,02                |
| <b>BRS 208</b>      | 1,57          | 1,72          | 6,77                 |
| <b>BRS 220</b>      | 1,25          | 1,93          | 35,22                |
| <b>BRS Angico</b>   | 1,76          | 2,23          | 20,3                 |
| <b>BRS Buriti</b>   | 1,68          | 2,13          | 21,33                |
| <b>BRS Camboatá</b> | 1,88          | 1,99          | 6,11                 |
| <b>BRS Camboim</b>  | 1,92          | 2,47          | 22,44                |
| <b>BRS Canela</b>   | 1,94          | 2,07          | 8,05                 |
| <b>BRS Guabiju</b>  | 1,74          | 1,95          | 12,54                |
| <b>BRS Guamirim</b> | 2,05          | 2,60          | 21,14                |
| <b>BRS Louro</b>    | 1,53          | 2,00          | 22,57                |
| <b>BRS Timbaúva</b> | 2,35          | 2,38          | 2,05                 |
| <b>Embrapa 16</b>   | 1,63          | 1,95          | 17,21                |
| <b>Fundacep 50</b>  | 1,43          | 1,91          | 24,58                |
| <b>F. Nova Era</b>  | 2,04          | 2,15          | 4,99                 |
| <b>Ônix</b>         | 1,86          | 1,87          | 0,89                 |
| <b>Safira</b>       | 1,89          | 1,87          | -2,77                |
| <b>Média Total</b>  | <b>B 1,79</b> | <b>A 2,06</b> | <b>A 13,11</b>       |
| <b>C.V.</b>         | <b>15,43%</b> |               | <b>28,28%</b>        |

Médias precedidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

**Tabela 7** - Número de grãos por espiga em plantas de trigo de de cultivares de trigo infectadas com BYDV–PAV através de *R. padi*, *S. avenae* e *S. graminum* e sadias

| Cultivares          | Infectado      | Sadio          | Danos<br>(S-I)/S*100 |
|---------------------|----------------|----------------|----------------------|
| <b>BR 23</b>        | 19,01 bc       | 28,33 ab       | 32,89                |
| <b>BRS 177</b>      | 17,79 cd       | 28,34 ab       | 37,23                |
| <b>BRS 179</b>      | 18,88 bc       | 27,13 ab       | 30,40                |
| <b>BRS 194</b>      | 20,47 abc      | 26,80 ab       | 23,60                |
| <b>BRS 208</b>      | 19,67 abc      | 28,76 ab       | 31,60                |
| <b>BRS Angico</b>   | 20,30 abc      | 30,59 ab       | 33,64                |
| <b>BRS Buriti</b>   | 19,17 abc      | 28,98 ab       | 33,85                |
| <b>BRS Camboatá</b> | 21,29 abc      | 28,38 ab       | 25,00                |
| <b>BRS Camboim</b>  | 19,42 abc      | 27,94 ab       | 30,49                |
| <b>BRS Canela</b>   | 23,29 ab       | 28,38 ab       | 17,94                |
| <b>BRS Guabiju</b>  | 17,23 cd       | 27,61 ab       | 37,59                |
| <b>BRS Louro</b>    | 21,16 abc      | 30,66 ab       | 30,99                |
| <b>BRS Timbaúva</b> | 21,40 abc      | 26,25 b        | 18,48                |
| <b>Embrapa 16</b>   | 17,85 cd       | 27,80 ab       | 35,81                |
| <b>Fundacep 50</b>  | 19,45 abc      | 28,86 ab       | 32,58                |
| <b>F. Nova Era</b>  | 24,53 a        | 31,79 a        | 22,82                |
| <b>Ônix</b>         | 21,15 abc      | 25,69 b        | 17,68                |
| <b>Safira</b>       | 18,33 bc       | 25,88 b        | 29,18                |
| <b>Média Total</b>  | <b>B 20,02</b> | <b>A 28,23</b> | <b>A 28,99</b>       |
| <b>C.V.</b>         | <b>8,86%</b>   |                | <b>13,10%</b>        |

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

Na média das cultivares, a massa de mil grãos teve um percentual de dano de 9,78%, variando de 3,89% na cultivar Embrapa 16 a 13,15% na cultivar Safira. Mesmo sendo menor do que nas demais variáveis estudadas, este é considerado um valor alto porque interfere diretamente no rendimento de grãos da cultura. Lanzarini et al. (2007) e Caetano (1972) encontraram percentuais maiores de dano para esta característica em trigo. A diferença entre as plantas infectadas e sadias foi significativa (Tabela 8), mas não houve interação dos tratamentos

(infectado e sadio) com as cultivares. Este resultado esta de acordo com o relatado por Lanzarini et al. (2007) e difere do encontrado por Nicolini-Teixeira et al. (2006) os quais observaram em algumas cultivares de aveia que a massa de mil grãos foi maior em plantas infectadas que em sadias, fato este que se explicar por se tratar de uma cultura diferente na qual é conhecida a compensação em panículas com menos grãos.

**Tabela 8** - Massa de mil grãos produzidos por plantas de trigo de cultivares infectadas com BYDV-PAV através de *R. padi*, *S. avenae* e *S. graminum* e sadias

| Cultivares          | Infectado      | Sadio          | Danos<br>(S-I)/S*100 |
|---------------------|----------------|----------------|----------------------|
| <b>BR 23</b>        | 31,90          | 35,50          | 10,09                |
| <b>BRS 177</b>      | 29,83          | 32,89          | 9,30                 |
| <b>BRS 179</b>      | 30,89          | 33,80          | 8,59                 |
| <b>BRS 194</b>      | 32,04          | 34,31          | 6,61                 |
| <b>BRS 208</b>      | 30,80          | 34,01          | 9,46                 |
| <b>BRS Angico</b>   | 27,90          | 30,71          | 9,16                 |
| <b>BRS Buriti</b>   | 28,70          | 32,35          | 11,28                |
| <b>BRS Camboatá</b> | 29,12          | 31,82          | 8,50                 |
| <b>BRS Camboim</b>  | 26,12          | 28,64          | 8,79                 |
| <b>BRS Canela</b>   | 28,85          | 32,17          | 10,33                |
| <b>BRS Guabiju</b>  | 28,00          | 31,24          | 10,36                |
| <b>BRS Louro</b>    | 28,49          | 31,48          | 9,49                 |
| <b>BRS Timbaúva</b> | 28,06          | 30,41          | 7,74                 |
| <b>Embrapa 16</b>   | 30,65          | 31,89          | 3,89                 |
| <b>Fundacep 50</b>  | 30,87          | 33,93          | 9,03                 |
| <b>F. Nova Era</b>  | 28,61          | 31,03          | 7,78                 |
| <b>Ônix</b>         | 28,29          | 31,78          | 10,97                |
| <b>Safira</b>       | 28,24          | 32,52          | 13,15                |
| <b>Média Total</b>  | <b>B 29,45</b> | <b>A 32,66</b> | <b>A 9,14</b>        |
| <b>C.V.</b>         | <b>4,38%</b>   |                | <b>6,00%</b>         |

Médias precedidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Os danos verificados neste trabalho são superestimados porque além da infestação natural de vetores, ainda foi feita infestação artificial com afídeos virulíferos, de maneira uniforme, e, normalmente, em lavouras comerciais ocorre infestação em focos, mostrando sintomas em reboleira. Entretanto, os resultados apresentados neste trabalho mostram o potencial de dano para cada cultivar frente ao complexo BYDV-PAV/vetores.

Outro aspecto a ser considerado ao comparar com cultivos comerciais é que não, necessariamente, as plantas expressam sintomas visíveis (D'ARCY, 1995) e sabe-se que o vírus interfere na fisiologia da planta causando danos (JENSEN, 1968a; JENSEN, 1968b), no entanto, não é conhecida a redução na produtividade destas infecções latentes.

A percentagem média de dano encontrada nos materiais foi de 47,94% e não foi verificada diferenças significativas entre as cultivares testadas, os danos variaram de 30,30% na cultivar BRS Timbaúva a 61,45% na cultivar Fundacep 50. As diferenças foram significativas entre plantas com e sem infestação, e não houve interação dos tratamentos com as cultivares (Tabela 9). Caetano (1972) encontrou redução média de produtividade de 61,6% na cultivar de trigo Lagoa Vermelha. Lanzarini et al. (2007), estudando cinco cultivares de trigo, concluíram que todas foram suscetíveis e que BRS 179 foi altamente suscetível. Barbieri et al. (2000) verificaram reduções no peso de grãos em plantas de trigo infestadas com afídeos virulíferos nas cultivares IAC 5-Maringá, Embrapa 16 e CEP 24 e não foi significativa a diferença em BR 14, BR 34 e BR 35.

**Tabela 9** - Rendimento estimado de grãos (kg/ha) de cultivares de trigo infectadas com BYDV–PAV através de *R. padi*, *S. avenae* e *S. graminum* e sadias

| Cultivares          | Infectado     | Sadio         | Danos<br>(S-I)/S*100 |
|---------------------|---------------|---------------|----------------------|
| <b>BR 23</b>        | 2725          | 5655          | 51,81                |
| <b>BRS 177</b>      | 2509          | 5307          | 52,72                |
| <b>BRS 179</b>      | 2765          | 4864          | 43,16                |
| <b>BRS 194</b>      | 2820          | 5016          | 43,78                |
| <b>BRS 208</b>      | 2159          | 4547          | 52,51                |
| <b>BRS Angico</b>   | 2200          | 5442          | 59,58                |
| <b>BRS Buriti</b>   | 2311          | 4991          | 53,70                |
| <b>BRS Camboatá</b> | 2881          | 4911          | 41,33                |
| <b>BRS Camboim</b>  | 2503          | 4996          | 49,89                |
| <b>BRS Canela</b>   | 2988          | 4930          | 39,40                |
| <b>BRS Guabiju</b>  | 2105          | 5059          | 58,38                |
| <b>BRS Louro</b>    | 2584          | 5207          | 50,38                |
| <b>BRS Timbaúva</b> | 3555          | 5100          | 30,30                |
| <b>Embrapa 16</b>   | 2141          | 4942          | 56,67                |
| <b>Fundacep 50</b>  | 1966          | 5097          | 61,43                |
| <b>F. Nova Era</b>  | 3858          | 6274          | 38,51                |
| <b>Ônix</b>         | 2884          | 4337          | 33,52                |
| <b>Safira</b>       | 2384          | 4409          | 45,93                |
| <b>Média Total</b>  | <b>B 2630</b> | <b>A 5060</b> | <b>A 47,94</b>       |
| <b>C.V.</b>         | <b>19,16%</b> |               | <b>12,85%</b>        |

Médias precedidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Mesmo sem diferença estatística das demais cultivares, destaca-se neste estudo, BRS Timbaúva e Ônix como tendo menores percentuais de dano no rendimento (kg/ha) e BRS Angico, BRS Guabiju, Embrapa 16 e Fundacep 50 com maior redução do rendimento (Tabela 9).

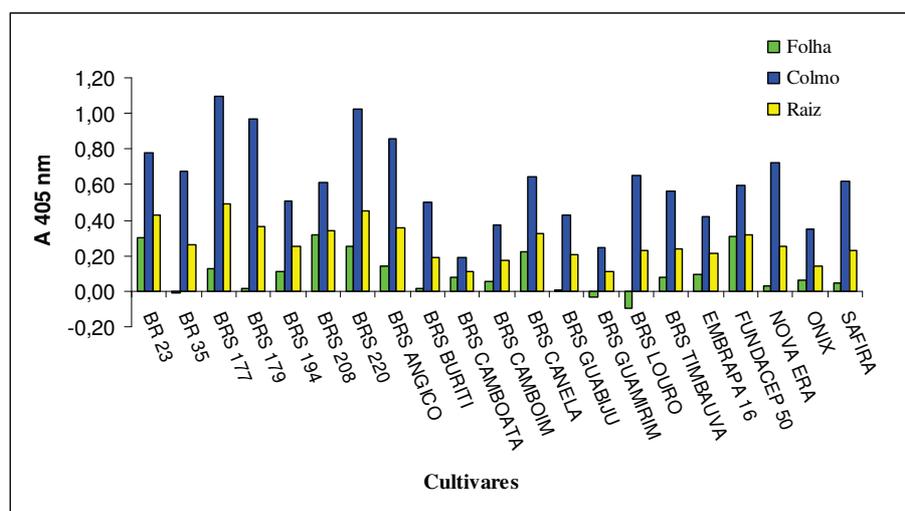
### **3.3 Concentração viral (leitura da absorbância com filtro de 405nm)**

A única espécie viral detectada foi BYDV-PAV e a concentração do vírus foi significativamente diferente entre plantas infestadas e sem infestação com pulgões virulíferos.

As plantas testemunhas, referidas no trabalho como sadias, que receberam tratamento de semente com inseticida imidacloprido, para o controle dos pulgões vetores nos estádios iniciais da cultura e, não receberam infestação artificial, foram positivas para BYDV-PAV (através de DAS-Elisa) em 10% das amostras, embora a concentração viral tenha sido bastante baixa na maioria dos casos.

Dos três órgãos da planta analisados, o colmo teve maior concentração do vírus (Figura 3). Isto pode ter sido influenciado pelo período de coleta, realizado 90 dias após a infestação e não antes como mostrou ser melhor no trabalho de transmissão (capítulo 3), onde a raiz tem maior concentração em coletas de até 15 dias após eliminação dos vetores para o tempo de transmissão de 48 horas.

As cultivares que apresentaram concentração viral mais baixa foram BRS Camboatá, BRS Camboim, BRS Guamirim e Ônix e, leitura mais elevada foi BRS 177, BRS 179, BRS 220 e BRS Angico, o que não representou, menor ou maior rendimento de grãos, respectivamente, não sendo caracterizada, portanto como resistentes e suscetíveis. A correlação dos valores de absorbância com o rendimento de grãos foi de 39,73% para análise da folha, 66,75% para o colmo e 57,88% para a raiz (Tabela 12).



**Figura 3** - Concentração viral (A 405 nm = absorvância total – 2 vezes o controle negativo da placa) em cultivares de trigo infectadas com BYDV-PAV.

### 3.4 Sintomatologia

As determinações sintomatológicas são dependentes do avaliador, embora a escala utilizada seja descritiva, é comum superestimar ou subestimar os sintomas, por isso as avaliações foram feitas sempre pela mesma pessoa.

As avaliações foram realizadas em três estádios de desenvolvimento da cultura, porque durante a fase de alongamento do colmo os sintomas tendem a desaparecer, isto é comum em algumas infecções virais, tornando-se bastante difícil determinar qual o estádio de desenvolvimento ideal para a avaliação. Contudo, a observação visual mostrou-se, extremamente válida, com elevadas correlações com o rendimento de grãos.

A primeira avaliação no estágio 3 (afilhos formados) teve 83,0% de correlação com o rendimento e a segunda e terceira avaliações, estádios 10.1 (primeiras espigas visíveis) e 10.5.3 (final da floração) apresentaram 88,0%.

A média das três avaliações visuais durante o desenvolvimento da cultura resultou em 87,71% de correlação com o rendimento de grãos e 67,68% com a concentração viral (absorbância 405 nm) do colmo das plantas. 83,92% com a massa de matéria seca da parte aérea das plantas, 75,25% com o número de grãos por espiga e 72,13% com a estatura (Tabela 12), representando uma boa ferramenta para auxiliar em avaliações de danos causados por BYDV-PAV na cultura do trigo.

Em todas as avaliações, o índice de doença nas plantas sadias se aproximou de zero, significando que os sintomas nestas plantas foram quase imperceptíveis. Na primeira e segunda avaliação houve interação entre os fatores, tratamentos e cultivares. No estágio 3, as cultivares BR 23, BRS Camboatá, BRS Timbaúva e Fundacep Nova Era apresentaram poucos sintomas, não diferindo do tratamento sadio, já no estágio 10.1, somente a cultivar BRS Timbaúva não foi diferente estatisticamente (Tabela 10). No estágio 10.5.3, todas as cultivares apresentaram diferença nos sintomas (Tabela 11). Gomes (2006) estudando os níveis de infestação de zero, dois e dez pulgões virulíferos por planta na cultivar Embrapa 16, observou diferenças significativas no índice de doença.

**Tabela 10** - Índice de doença (ID) calculado com base nos sintomas. Avaliação 1 (estádio 3) e avaliação 2 (estádio 10.1) em cultivares de trigo infectadas com BYDV–PAV através de *R. padi*, *S. avenae* e *S. graminum* e sadias

| Cultivares          | Avaliação – 1<br>Estádio 3* |         | Avaliação – 2<br>Estádio 10.1* |         |
|---------------------|-----------------------------|---------|--------------------------------|---------|
|                     | Infectada                   | Sadia** | Infectada                      | Sadia** |
| <b>BR 23</b>        | A 0,057 bcd                 | A 0,006 | A 0,313 abcdefg                | B 0,000 |
| <b>BR 35</b>        | A 0,112 bcd                 | B 0,000 | A 0,302 bcdefgh                | B 0,000 |
| <b>BRS 177</b>      | A 0,105 bcd                 | B 0,000 | A 0,209 fgh                    | B 0,000 |
| <b>BRS 179</b>      | A 0,088 bcd                 | B 0,000 | A 0,225 defgh                  | B 0,000 |
| <b>BRS 194</b>      | A 0,122 bcd                 | B 0,000 | A 0,144 gh                     | B 0,000 |
| <b>BRS 208</b>      | A 0,077 bcd                 | B 0,000 | A 0,530 abcd                   | B 0,000 |
| <b>BRS 220</b>      | A 0,094 bcd                 | B 0,000 | A 0,522 abc                    | B 0,000 |
| <b>BRS Angico</b>   | A 0,138 ab                  | B 0,000 | A 0,514 abcde                  | B 0,000 |
| <b>BRS Buriti</b>   | A 0,122 bcd                 | B 0,000 | A 0,595 ab                     | B 0,000 |
| <b>BRS Camboatá</b> | A 0,062 bcd                 | A 0,010 | A 0,241 cdefgh                 | B 0,000 |
| <b>BRS Camboim</b>  | A 0,145 ab                  | B 0,004 | A 0,392 abcdefg                | B 0,014 |
| <b>BRS Canela</b>   | A 0,117 bcd                 | B 0,000 | A 0,183 fgh                    | B 0,016 |
| <b>BRS Guabiju</b>  | A 0,118 bcd                 | B 0,000 | A 0,468 abcdef                 | B 0,000 |
| <b>BRS Guamirim</b> | A 0,027 d                   | B 0,000 | A 0,363 abcdefg                | B 0,000 |
| <b>BRS Louro</b>    | A 0,086 bcd                 | B 0,000 | A 0,228 cdefgh                 | B 0,000 |
| <b>BRS Timbaúva</b> | A 0,032 cd                  | A 0,000 | A 0,037 h                      | A 0,000 |
| <b>Embrapa 16</b>   | A 0,241 a                   | B 0,000 | A 0,623 a                      | B 0,016 |
| <b>Fundacep 50</b>  | A 0,112 bcd                 | B 0,001 | A 0,323 abcdefg                | B 0,000 |
| <b>F. Nova Era</b>  | A 0,025 d                   | A 0,000 | A 0,147 gh                     | B 0,000 |
| <b>Ônix</b>         | A 0,131 abc                 | B 0,000 | A 0,218 efgh                   | B 0,000 |
| <b>Safira</b>       | A 0,105 bcd                 | B 0,000 | A 0,601 ab                     | B 0,008 |
| <b>Média Total</b>  | A 0,101                     | B 0,001 | A 0,342                        | B 0,002 |
| <b>C.V.</b>         | <b>3,52 %</b>               |         | <b>7,61 %</b>                  |         |

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

\*Escala de crescimento para cereais de inverno, Feekes modificada (LARGE, 1954).

\*\* Não significativa (coluna).

As cultivares apresentaram reações distintas na expressão dos sintomas, dependendo do estágio de desenvolvimento. Na primeira avaliação a cultivar com maior índice de doença foi Embrapa 16, que estatisticamente não diferiu das cultivares BRS Angico, BRS Camboim e Ônix. No estágio 10.1, primeiras espigas visíveis, Embrapa 16 continuou com sintomas mais expressivos, seguido da

cultivar Safira, no entanto, outras nove cultivares não diferiram estatisticamente (Tabela 10), e, na terceira avaliação, no estágio 10.5.3, final da floração, a cultivar que apresentou maior índice foi a BRS 220 (Tabela 11).

**Tabela 11** - Índice de doença (ID) calculado com base nos sintomas. Avaliação 3 (estádio 10.5) ) em cultivares de trigo infectadas com BYDV-PAV através de *R. padi*, *S. avenae* e *S. graminum* e sadias

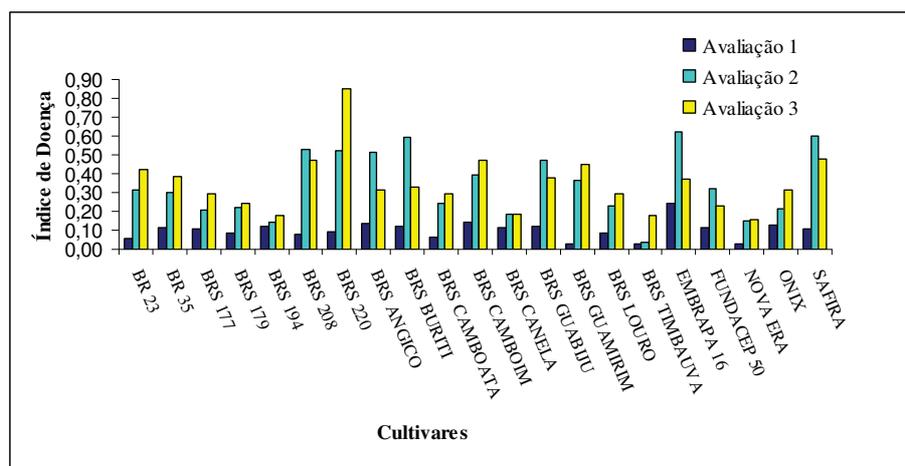
| Cultivares         | Avaliação – 2<br>Estádio 10.5.3 |                |
|--------------------|---------------------------------|----------------|
|                    | Infectado                       | Sadio          |
| BR 23              | 0,422 bc                        | 0,011 ns**     |
| BR 35              | 0,384 bcd                       | 0,003          |
| BRS 177            | 0,292 bcd                       | 0,004          |
| BRS 179            | 0,241 bcd                       | 0,000          |
| BRS 194            | 0,181 cd                        | 0,003          |
| BRS 208            | 0,471 b                         | 0,003          |
| BRS 220            | 0,848 a                         | 0,032          |
| BRS Angico         | 0,314 bcd                       | 0,003          |
| BRS Buriti         | 0,326 bcd                       | 0,000          |
| BRS Camboatá       | 0,296 bcd                       | 0,017          |
| BRS Camboim        | 0,469 b                         | 0,021          |
| BRS Canela         | 0,188 cd                        | 0,010          |
| BRS Guabiju        | 0,379 bcd                       | 0,004          |
| BRS Guamirim       | 0,447 b                         | 0,015          |
| BRS Louro          | 0,294 bcd                       | 0,004          |
| BRS Timbaúva       | 0,176 cd                        | 0,005          |
| Embrapa 16         | 0,371 bcd                       | 0,011          |
| Fundacep 50        | 0,231 bcd                       | 0,000          |
| F. Nova Era        | 0,155 d                         | 0,000          |
| Ônix               | 0,315 bcd                       | 0,008          |
| Safira             | 0,475 b                         | 0,010          |
| <b>Média Total</b> | <b>A</b> 0,346                  | <b>B</b> 0,008 |
| <b>C.V.</b>        | <b>6,58%</b>                    |                |

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

\*Escala de crescimento para cereais e inverno Feekes modificada (LARGE, 1954).

\*\* ns = não significativo

As cultivares que apresentaram os menores índices foram: BRS Guamirim e Fundacep Nova Era no estágio 3, BRS 194 e BRS Timbaúva no estágio 10.1 e Fundacep Nova Era no estágio 10.5.3 (Figura 4).



**Figura 4:** Índice de doença (ID) calculado com base nos sintomas. Avaliação 1, 2 e 3, estágio 3, 10.1 e 10.5.3 (escala Feekes – Large), em cultivares expostas ao complexo BYDV–PAV/afídeos vetores (*R. padi*, *S. avenae* e *S. graminum*).

Comparando as três épocas de avaliação do índice de doença, na avaliação 1 os valores obtidos foram menores que nas avaliações 2 e 3 (Figura 4). Quando a intensidade dos sintomas é pouco expressiva, torna-se difícil o trabalho de campo, aumentando a probabilidade de erro. Desta forma, nas condições do experimento, verificou-se que, os melhores estádios para observação dos sintomas de BYDV–PAV em trigo são os estádios superiores a 10.

**Tabela 12** - Correlações entre as variáveis analisadas em cultivares expostas ao complexo BYDV–PAV/afídeos vetores e plantas sadias

|                       | <b>Estatura<br/>(cm)</b> | <b>Afilhos/<br/>planta</b> | <b>Espigas/<br/>planta</b> | <b>Grãos/<br/>Espiga</b> | <b>Rend.<br/>(kg/ha)</b> | <b>ID**</b> |
|-----------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|
| <b>MMSPA (g)</b>      | 79,24                    | 56,60                      | 61,19                      | 81,90                    | 94,67                    | 83,92       |
| <b>MS raiz (g)</b>    | 69,03                    | 29,98                      | 34,34                      | 53,88                    | 68,38                    | 64,15       |
| <b>Estatura (cm)</b>  | -                        | 26,16                      | 34,53                      | 69,17                    | 76,95                    | 72,13       |
| <b>Afilhos/planta</b> | 26,16                    | -                          | 93,77                      | 28,27                    | 56,06                    | 54,82       |
| <b>Espigas/planta</b> | 34,53                    | 93,77                      | -                          | 30,02                    | 61,45                    | 60,89       |
| <b>Grãos/Espiga</b>   | 69,17                    | 28,27                      | 30,02                      | -                        | 89,20                    | 75,25       |
| <b>Elisa folha*</b>   | 33,7                     | 29,8                       | 34,43                      | 29,77                    | 39,73                    | 45,66       |
| <b>Elisa colmo*</b>   | 46,03                    | 46,92                      | 50,63                      | 53,98                    | 66,75                    | 67,68       |
| <b>Elisa raiz*</b>    | 41,38                    | 14,67                      | 14,04                      | 66,14                    | 57,88                    | 51,52       |
| <b>Rend. (kg/ha)</b>  | 76,95                    | 54,84                      | 61,45                      | 75,23                    | -                        | 87,71       |

\* Absorbância 405 nm

\*\* Média das três épocas de avaliações

#### 4 CONCLUSÕES

Sob as condições em que foi estudada a reação das cultivares de trigo ao complexo BYDV–PAV/vetores (*R. padi*, *S.avenae* e *S. graminum*), conclui-se que:

- a) Baseado no rendimento das cultivares não foi possível identificar nenhuma fonte de resistência ou tolerância nos genótipos de trigo testados.
- b) As cultivares, Fundacep 50, BRS Guabiju, BRS Angico e Embrapa 16 mostram-se altamente suscetíveis ao complexo BYDV-PAV/vetores.
- c) As cultivares BRS Timbaúva, Ônix e Fundacep Nova Era apresentaram menor suscetibilidade ao complexo BYDV-PAV/vetores quando comparadas as demais cultivares.

d) A avaliação sintomatológica é útil quando o objetivo é estimar níveis de suscetibilidade ou tolerância ao complexo, em genótipos de trigo e deve ser realizada após o estágio 10 da escala de desenvolvimento Feeks-Large.

## CAPÍTULO 3

### MOVIMENTO DO BYDV-PAV NA PLANTA EM FUNÇÃO DO REGIME TÉRMICO E EFEITO DO TEMPO DE AÇÃO E DO NÚMERO DE VETORES (*Rhopalosiphum padi*) NA TRANSMISSÃO DO VÍRUS EM TRIGO

VÂNIA BIANCHIN<sup>1</sup>, JUREMA SCHONS<sup>2</sup> E JOSÉ ROBERTO SALVADORI<sup>3</sup>

**RESUMO** – O *Barley Yellow dwarf virus* – BYDV é o vírus mais importante dos cereais de inverno, causando danos em cultivos de todo o mundo. Com o objetivo de estudar o nível de infestação e o tempo necessário para que o afídeo *Rhopalosiphum padi* transmita o BYDV–PAV para plantas de trigo (*Triticum aestivum* L.) e verificar o movimento do vírus em dois regimes térmicos, foram conduzidos experimentos na Embrapa Trigo em Passo Fundo – RS, no ano de 2007. Foi avaliado o título viral através da técnica sorológica DAS-Elisa com a utilização de anti-soros monoclonais e quantificado em espectrofotômetro com absorvância de 405 nm. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas de pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro e análise de regressão

---

<sup>1</sup> Eng<sup>a</sup>.-Agr<sup>a</sup>., 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 Entomologia., professor da PPGAgro e FAMV da UPF e pesquisador da Embrapa-Trigo.

dos valores de absorvância para o tempo de transmissão em relação ao número de afídeos. A concentração viral nas raízes é maior do que nas folhas em todos os períodos de coleta observados após a inoculação e, em geral, na base das folhas é encontrado maior quantidade do BYDV-PAV que na parte apical. O movimento do vírus se dá de forma rápida. Cinco dias após a inoculação foi encontrado grande acúmulo do vírus nas raízes. As condições de temperatura testadas tiveram pouca influência na concentração e deslocamento do vírus na planta. O número de afídeos interfere no título viral, sendo que um afídeo foi menos eficiente na transmissão, dez afídeos provocaram aumento na concentração viral, mas não foi diferente de infestações com cinco e, infestações com três ocasionaram menor concentração que infestações com dez, no entanto, não diferiu de infestações com cinco afídeos. O tempo de transmissão de 12 horas resultou em título viral menor que 24, 36 e 48 horas para todos os níveis de infestação.

**Palavras-chave:** BYDV-PAV, *Triticum aestivum*, transmissão e concentração viral.

**TEMPERATURE EFFECTS ON VIRUS MOVEMENT, TIME  
AND VECTOR NUMBER (*Rhopalosiphum padi*) INFLUENCE  
ON THE *Barley yellow dwarf virus*-PAV TRANSMISSION IN  
WHEAT PLANTS**

**VÂNIA BIANCHIN<sup>1</sup>, JUREMA SCHONS<sup>2</sup> E JOSÉ ROBERTO  
SALVADORI<sup>3</sup>**

**ABSTRACT** – *Barley Yellow dwarf virus* - BYDV is the most important viral disease causing damage to winter crops world wide. The aim of the present study was to determine in wheat plants (*Triticum aestivum* L.) the infestation level and time necessary to BYDV-PAV transmission by the aphid *Rhopalosiphum padi* and the effect of temperature on virus plant movement. The experiment was conducted under controlled conditions at Embrapa Wheat in Passo Fundo - RS, in 2007. The virus titer was evaluated using monoclonal antibodies for DAS-Elisa tests and absorbance was read at 405 nm in an Elisa plate reader. The data were subjected to analysis of variance and means were compared by Tukey test at 5 % probability level and the regression analysis of absorbance values for the transmission time in relation to the number of aphids. DAS-ELISA values for BYDV-PAV detection were higher in the roots than in the shoots in all periods of sampling. The data obtained at the base of the leaf blade was higher than from the top part of the leaves. The virus movement occurred very fast from the shoots to the roots, the highest virus levels were found in the roots five days after inoculation with the virus. It was observed that virus titer in the roots and in the leaves were not

influenced by the temperature and neither was the virus movement to the roots. Aphid number had an effect on virus titer. A single aphid was less efficient for transmitting the virus. The highest virus titer was observed when plants were infested with five and ten aphids but the value was not different between. Three aphids showed lower titer than with ten aphids, however did not differ to five aphids infestation. Twelve hours after inoculation was less effective than 24, 36 and 48 hours for all infestation levels.

**Keywords:** BYDV-PAV, *Triticum aestivum*, inoculation, virus titer.

## 1 INTRODUÇÃO

A virose do nanismo amarelo da cevada (VNAC), causada por espécies dos vírus *Barley yellow dwarf virus* (BYDV) e *Cereal yellow dwarf virus* (CYDV) é responsável por grandes perdas em culturas de cereais de inverno, como trigo, aveia, cevada, triticale, dentre outras, em todo o mundo (D'ARCY & BURNETT, 1995).

A relação do vírus com o vetor é persistente circulativa não propagativa, isto é, o vírus não replica no inseto e persiste durante as ecdises, sem, entretanto, ocorrer à transmissão para sua prole (Rochow, 1969). No Brasil, Caetano (1973) cita dez espécies de afídeos infestando trigo, contudo, Salvadori e Tonet (2001) classificam como as mais importantes, em termos de ocorrência e distribuição, *Schizaphis graminum* (Rondoni), *Metopolophium dirhodum* (Walker), *Sitobion avenae* (Fabricius), *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus), *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) e *Rhopalosiphum rufiabdominale* (Sasaki).

O modelo de transmissão proposto por Gildow e Gray (1993), considera que para ser adquirido o vírus precisa ser ingerido pelos afídeos durante a sucção de seiva no floema de plantas infectadas. Depois, o vírus passa pelos intestinos anterior e posterior, e chegando à hemolinfa do inseto é transportado até as glândulas salivares. A proteína capsidial do vírus é reconhecida e interage com a glicoproteína da lâmina basal da glândula salivar acessória e é excretado pelo canal salivar quando o inseto volta a se alimentar, infectando as plantas.

A transmissão do vírus pelos afídeos foi exaustivamente estudada desde que o BYDV foi descrito pela primeira vez por Oswald & Houston (1951). Contudo, muitas dúvidas persistem sobre o efeito dos fatores que interferem neste processo. As condições ambientais estão entre os fatores que mais influenciam (HARRINGTON, 2002).

O estágio de desenvolvimento dos afídeos também é um fator de grande influência na eficiência de transmissão. Halstead & Gill (1971) mostraram em seus estudos que ninfas de *S. graminum* são mais eficientes na aquisição e na transmissão de BYDV-SGV que adultos. Gill (1970) obteve resultados semelhantes para a transmissão de BYDV-RMV e BYDV-SGV por *R. maidis*.

Outro fator que influencia a transmissão é o título viral, conforme foi colocado por Foxe & Rochow (1975). Altos títulos virais tornam a transmissão mais eficiente em vetores não específicos e baixos títulos a tornam insignificante. Gray et al. (1991) reportaram que o título do vírus interfere significativamente na transmissão de várias combinações de BYDV e vetores, mas que a eficiência da transmissão pode ser mais afetada pelo tempo de aquisição do que pelo título viral.

O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de estudar o movimento do BYDV-PAV em plantas de trigo em dois regimes térmicos e o efeito do tempo de transmissão e do número de vetores na transmissão do vírus pelo afídeo *Rhopalosiphum padi*.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos em condições controladas, nas dependências da Embrapa Trigo em Passo Fundo-RS, no ano de 2007.

### **Experimento I – Movimento do BYDV-PAV na planta de trigo em dois regimes térmicos.**

A cultivar de trigo utilizada foi Embrapa 16 que exibe sintomas de infecção por BYDV-PAV desde os estádios iniciais de desenvolvimento.

Foi investigada a influência de dois regimes de temperatura no movimento do vírus na planta através da execução do ensaio em dois ambientes. Em câmara de crescimento, o experimento foi realizado a temperatura constante ( $21\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e a temperatura variável ( $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), simulando um dia de inverno típico dos meses de junho/julho do sul do Brasil (Tabela 1). Nas duas condições o fotoperíodo foi de 12 horas e a umidade relativa do ar de 85%.

**Tabela 1** - Horários e temperaturas para a condição de simulação do dia de inverno

|                |              |              |              |              |              |              |              |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Horário</b> | <b>24:00</b> | <b>2:00</b>  | <b>4:00</b>  | <b>6:00</b>  | <b>8:00</b>  | <b>9:00</b>  | <b>10:00</b> |
| <b>°C</b>      | 10           | 9            | 8            | 7            | 6            | 9            | 12           |
| <b>Horário</b> | <b>12:00</b> | <b>13:00</b> | <b>14:00</b> | <b>16:00</b> | <b>18:00</b> | <b>20:00</b> | <b>22:00</b> |
| <b>°C</b>      | 16           | 18           | 20           | 18           | 15           | 12           | 11           |

A semeadura foi feita em baldes com capacidade para sete litros, com solo corrigido e adubado conforme a recomendação técnica para a cultura do trigo (REUNIÃO..., 2007). Foram semeadas 20 sementes por balde e feito o desbaste após a emergência, deixando-se 10 plantas por balde. O delineamento foi inteiramente casualizado, desconsiderando algum possível efeito causado por diferentes baldes, com 10 repetições. A unidade experimental foi uma planta.

Quando as plantas estavam com uma folha expandida, estágio 1 da escala Feekes modificada (LARGE, 1954), as plantas foram infestadas com cinco afídeos/planta (*Rhopalosiphum padi*), portadores do BYDV-PAV isolado 1, oriundo de plantas de aveia preta coletadas em Passo Fundo-RS no ano de 2007.

A virulência dos afídeos foi comprovada através da técnica de DAS-Elisa e sequenciamento genético da capa protéica. Os afídeos foram transferidos para as plantas com ajuda de um pincel úmido e com o devido cuidado para não danificar o aparelho bucal do inseto (estilete). Cada planta infestada e também as plantas não infestadas (testemunhas) foram cobertas com uma gaiola (tubo de acetato, com abertura lateral e na extremidade superior cobertas por tela de nylon). 48 horas após a infestação os insetos foram eliminados com a pulverização do inseticida pirimicarbe na concentração de 62,5 g i.a./100L de água.

Os afídeos virulíferos utilizados no trabalho foram obtidos da criação existente no laboratório de entomologia da Embrapa Trigo, estabelecida a partir de insetos coletados em campo, no ano de 2007.

As plantas foram mantidas sob condição de temperatura variável (6 °C a 20 °C) até a eliminação dos pulgões, ou seja, sob as mesmas condições de temperatura durante a transmissão. Logo após a eliminação dos insetos as plantas a serem submetidas à temperatura constante foram levadas à câmara de crescimento a 21 °C ± 1 °C.

As determinações do título viral foram realizadas por teste sorológico, DAS-Elisa, em diferentes períodos de coleta das plantas, 5, 10, 15, 20, 25, 30 e 45 dias após a remoção dos pulgões.

O teste de Elisa foi realizado no laboratório de virologia vegetal da Universidade de Passo Fundo. As plantas foram segmentadas em amostras de raiz e parte apical e basal das folhas e maceradas em tampão de extração (sulfito de sódio, polivinilpirolidona, albumina e “tween 20” com pH 7,4), seguindo-se o protocolo de DAS-Elisa (utilizando anti-soros monoclonais (Agdia Inc. Elkhart-in-USA)) descrito por Clark & Adams (1977). A quantificação do título viral foi realizada em espectrofotômetro de placas, leitora de Elisa, modelo Rosys Anthos 2010, com absorvância de 405 nm.

Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, utilizando-se o programa Estat - Sistema para análises estatísticas (pólo computacional/departamento de ciências exatas – UNESP – Campus Jaboticabal) e os gráficos foram elaborados com auxílio do programa Microsoft Excel.

## **Experimento II – Efeito do tempo de transmissão do BYDV-PAV e do número de afídeos vetores em plantas de trigo.**

O delineamento foi inteiramente casualizado com 18 repetições e arranjo fatorial (4 x 5). O primeiro fator foi o tempo de transmissão, com quatro níveis (12, 24, 36 e 48 horas) e o segundo fator foi o número de afídeos por planta (0, 1, 3, 5 e 10), portadores do BYDV-PAV isolado 1 oriundo de plantas de aveia preta coletadas em Passo Fundo-RS no ano de 2007. A virulência dos afídeos foi comprovada por análise sorológica de DAS-Elisa e sequenciamento genético da capa protéica do vírus.

O experimento foi conduzido em ambiente controlado em condições térmicas que simulam um dia de inverno típico do mês de junho/julho do Sul do Brasil (Tabela 1).

Foi utilizada a cultivar de trigo Embrapa 16, que se mostrou altamente suscetível ao vírus no Experimento I. As sementes foram selecionadas, para garantir a uniformidade da emergência. A semeadura foi feita em bandejas plásticas (40 cm de largura, 60 cm de comprimento e 20 cm de altura) contendo solo corrigido conforme a recomendação técnica para o trigo (REUNIÃO..., 2007). Foram semeadas 80 sementes e feito o desbaste logo após a emergência, deixando-se 40 plantas por bandeja.

No estágio 1 de desenvolvimento das plantas (uma folha expandida) da escala de Feekes modificada (LARGE, 1954), foi feita a infestação com vetores (*Rhopalosiphum padi*), oriundos da criação do laboratório de entomologia da Embrapa Trigo. Com o auxílio de um

pincel úmido, os insetos alimentados previamente em plantas infectadas com BYDV-PAV foram colocados sobre as plantas. Estas foram protegidas, individualmente, com uma gaiola (descrita no experimento I). As plantas controle (testemunhas) que não receberam a infestação também foram protegidas com gaiola. Os afídeos utilizados estavam no terceiro estágio ninfal. A eliminação dos insetos foi realizada com pulverização do inseticida pirimicarbe (mesma dose do experimento I), após o tempo de transmissão estabelecido para cada tratamento.

Com base nos resultados do Experimento I, as plantas foram coletadas 14 dias após a eliminação dos afídeos, e a raiz foi o órgão analisado quanto ao título viral. Este foi determinado através da técnica sorológica de Elisa direto (DAS-Elisa), utilizando-se anti-soros monoclonais (Agdia Inc. Elkhart-in-USA). A quantificação foi feita em espectrofotômetro de placa, leitora de Elisa, modelo Rosys Anthos 2010, com absorvância de 405 nm.

Os dados foram submetidos à análise de variância e a comparação entre médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, utilizando-se o programa Estat - Sistema para análises estatísticas (pólo computacional/departamento de ciências exatas – UNESP – Campus Jaboticabal) e as análises de regressão e os gráficos foram elaborados com auxílio do programa Microsoft Excel.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **Experimento I – Movimento do BYDV–PAV na planta de trigo em dois regimes térmicos.**

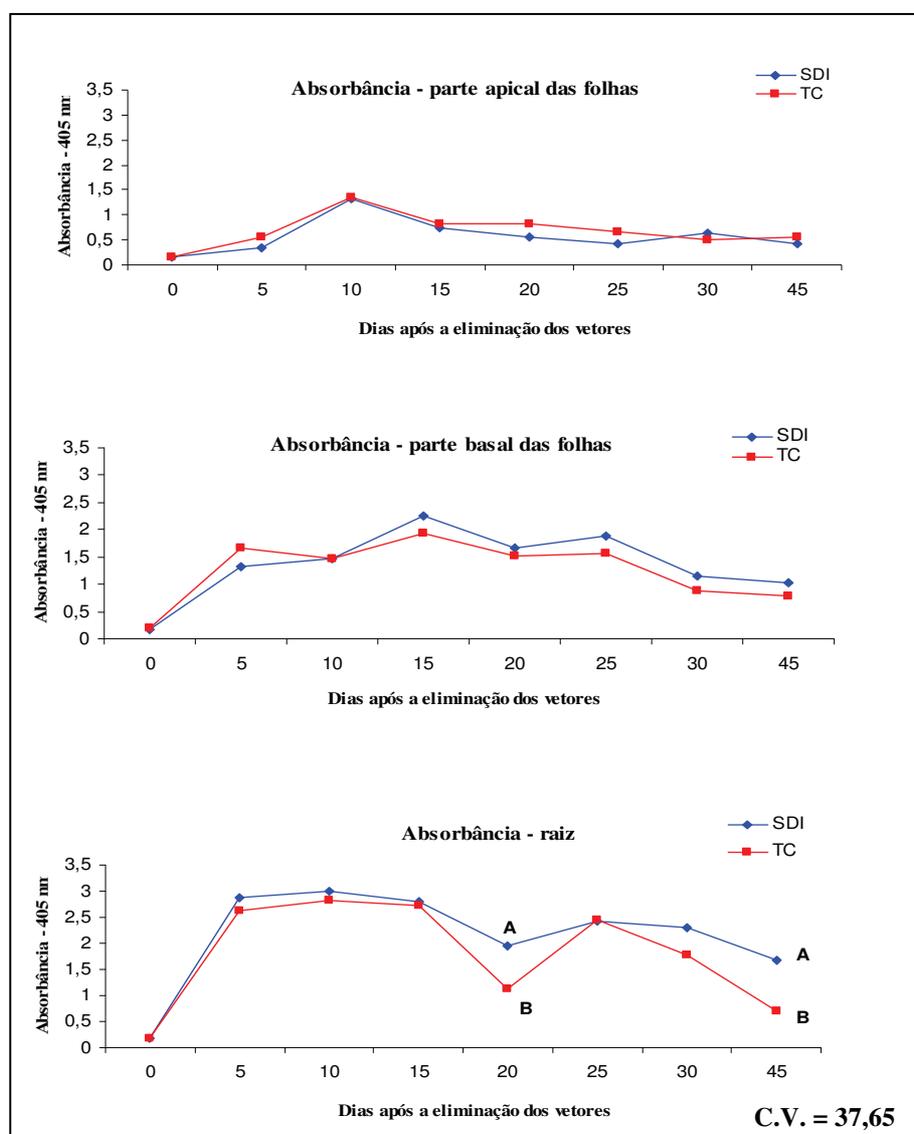
A translocação do vírus ocorreu rapidamente para a base das folhas e para as raízes em relação ao ápice das folhas (Figura 1). Na primeira coleta, aos cinco dias após a eliminação dos vetores, foram observadas diferenças significativas da concentração viral entre as partes da planta analisadas. O sistema radicular apresentou título viral mais elevado do que a base da folha, no ápice da folha a concentração viral foi menor em todos os períodos de coleta. Este comportamento do vírus na planta condiz com os resultados obtidos por Sandeghi et al. (2000) que estudaram BYDV–PAV em trigo e cevada e encontraram concentrações maiores em raízes do que em folhas, em todos os períodos de coleta (5, 10, 15, 20, 25 dias após a inoculação).

A rapidez no movimento se explica por ser, o BYDV, um vírus translocado via floema (JENSEN, 1969). Os fotoassimilados produzidos pela planta têm movimento, em geral, descendente nos vasos floemáticos e o vírus percorre o mesmo caminho. Quando os vetores se alimentam ainda em fase de plântula, o vírus torna-se sistêmico com maior facilidade, pois chega ao ponto de crescimento e estará presente em todos os órgãos diferenciados durante o crescimento da planta. Jensen (1973) afirmou que este movimento é mais lento em temperaturas de 26,5 °C e mais rápido e crescente, em temperaturas de 15 °C a 20 °C.

A concentração no ápice das folhas manteve-se, praticamente, constante ao longo das coletas, exceto, aos 10 dias após a inoculação, onde houve um incremento significativo, não diferindo estatisticamente da parte basal, a qual, nas demais amostragens, apresentou maior acúmulo do vírus (Figura 1). Não foi observada interferência da temperatura na concentração do vírus na parte apical das folhas nos períodos analisados (Figura 1).

Inicialmente a concentração do BYDV-PAV na base da folha apresentou elevação, atingindo o ponto máximo aos 15 dias, seguido de uma tendência decrescente até 45 dias após a eliminação dos vetores. As distintas condições de temperatura não influenciaram no acúmulo do BYDV-PAV na parte basal das folhas (Figura 1).

As plantas inoculadas com BYDV-PAV e mantidas em temperatura constante ( $21\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ ) ou temperatura variável, simulando temperaturas de inverno (Tabela 1), não apresentaram diferença significativa na concentração inicial do vírus, em nenhum dos órgãos analisados. O título e a translocação do vírus apresentaram o mesmo comportamento nos dois ambientes, exceto aos 20 e 45 dias após a inoculação, em que a concentração viral na raiz das plantas mantidas em temperatura variável foi maior (Figura 1). Temperaturas simulando o inverno favoreceram a manutenção do título viral nas raízes, enquanto que, em temperatura constante nas coletas de 20 dias e 45 dias (Figura 1) houve decréscimo da concentração viral. O mesmo não foi observado para concentrações nas partes apicais e basais das folhas (Figura 1).



**Figura 1** - Concentração de BYDV-PAV (absorbância de 405 nm) no ápice e na base das folhas e na raiz de trigo, cultivar Embrapa 16, em plantas submetidas a temperatura constante (TC) e temperaturas simulando um dia de inverno (SDI), dias após a eliminação dos vetores *Rhopalosiphum padi*.

\*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Não ficou claro neste trabalho o motivo da redução dos valores de absorvância aos 20 dias após a inoculação nas raízes das plantas. Os valores foram significativamente maiores em condição de temperatura constante. A queda ocorreu em menor proporção também na base das folhas, não diferindo nos distintos regimes térmicos.

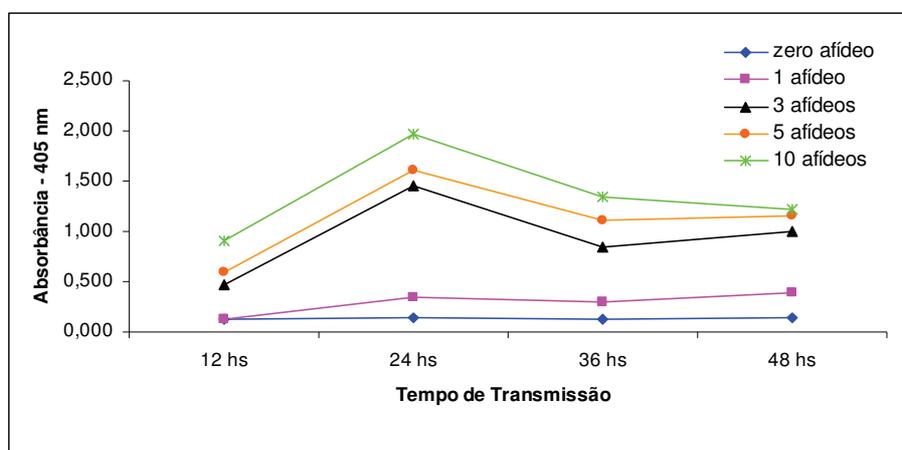
Segundo a conclusão de Jensen (1973), temperaturas amenas durante a noite reduzem o movimento do vírus na planta, mas temperaturas em torno de 20 °C durante o dia permitem movimento mais rápido criando condições para a invasão sistêmica, explicando as concentrações semelhantes nas duas condições de crescimento observadas no presente trabalho.

A cultivar Embrapa 16 é altamente suscetível, conforme observado no capítulo dois e também por Barbieri et al. (2000). As curvas de concentração observadas para esta cultivar são semelhantes as observadas por Síp et al. (2006) para genótipos suscetíveis de cevada, que avaliaram o título viral em folhas e raízes. Para cultivares resistentes de trigo, possivelmente ocorrerá menor quantidade do vírus na planta, como ocorreu para genótipos resistentes de cevada (SÍP et al., 2006). Sadeghi et al. (2000) analisando a concentração viral de BYDV-PAV em folhas e raízes de plantas de cevada e de trigo não encontraram diferenças no movimento do vírus entre as duas espécies.

O pico de concentração viral se deu aos 10 dias após a inoculação (Figura 1), concordando com Síp et al. (2006), em genótipos de cevada e Ranieri et al. (1993), em trigo, que observaram maior conteúdo viral aos 12 e 11 dias, respectivamente.

## Experimento II – Efeito do tempo de transmissão do BYDV-PAV e do número de afídeos vetores em plantas de trigo.

Não houve interação entre os fatores tempo de transmissão e número de afídeos, houve, porém, efeito significativo para tempo de transmissão e número de afídeos. A infestação com um afídeo, não diferiu das plantas sem infestação quanto a concentração viral 12 horas após a transmissão. Em 24, 36 e 48 horas, a reação sorológica foi considerada positiva pela técnica de DAS-Elisa, embora, não tenha diferido significativamente de plantas sem infestação, e os valores de absorvância foram menores quando comparado a exposição das plantas a três ou mais afídeos (Figura 2).



**Figura 2** – Concentração do BYDV-PAV (absorvância – 405 nm) em plantas de trigo, cultivar Embrapa 16, em função do tempo de transmissão e do números de afídeos (*Rhopalosiphum padi*).

As plantas infestadas com dez afídeos apresentaram a maior concentração viral, no entanto, não diferiram das infestações com cinco afídeos. A transmissão feita com três afídeos foi menos eficiente que a transmissão com dez, mas não foi diferente estatisticamente da transmissão com cinco afídeos (Figura 2 e Tabela 2). Skaria et al. (1984) avaliaram título de BYDV-PAV em plantas de aveia, trigo e cevada infestadas com 2 e 10 afídeos virulíferos e encontraram diferença significativa na concentração somente para aveia em coletas realizadas 30 dias após a inoculação.

**Tabela 2** – Concentração do BYDV-PAV (Absorbância – 405 nm) em plantas de trigo, cultivar Embrapa 16, em relação ao número de afídeos (*Rhopalosiphum padi*) portadores do BYDV-PAV em função do tempo de transmissão

|                   | 12 horas       | 24 horas       | 36 horas       | 48 horas       | Médias          |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| <b>0 afídeo</b>   | 0,126          | 0,143          | 0,126          | 0,144          | 0,135 <b>c</b>  |
| <b>1 afídeo</b>   | 0,129          | 0,339          | 0,304          | 0,389          | 0,290 <b>c</b>  |
| <b>3 afídeos</b>  | 0,464          | 1,460          | 0,846          | 0,992          | 0,941 <b>b</b>  |
| <b>5 afídeos</b>  | 0,598          | 1,613          | 1,103          | 1,155          | 1,117 <b>ab</b> |
| <b>10 afídeos</b> | 0,909          | 1,972          | 1,339          | 1,219          | 1,359 <b>a</b>  |
| <b>Médias</b>     | <b>B</b> 0,445 | <b>A</b> 1,105 | <b>A</b> 0,743 | <b>A</b> 0,780 |                 |
| <b>C.V.</b>       | <b>20,18%</b>  |                |                |                |                 |

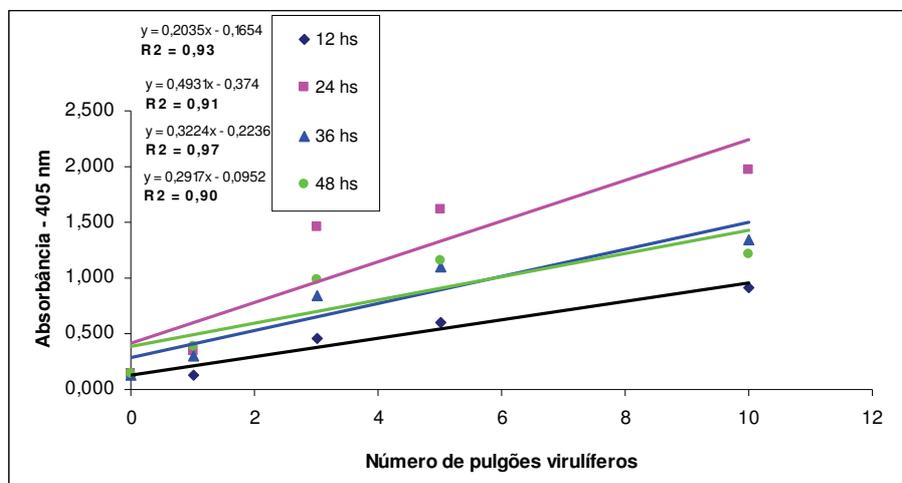
Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e precedidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Boulton e Catherall (1980), com infestações de 5, 10, 20 e 50 afídeos por planta na cultura da aveia, observaram diminuição da estatura, no entanto, não observaram danos no rendimento. Já Gomes (2006) com infestações de 2 e 10 pulgões por planta na cultivar de

trigo Embrapa 16 observou reduções significativas na produtividade, número de espigas e afilhos por planta, massa de matéria seca de parte aérea e índice de doença (sintomas).

Quanto ao tempo de transmissão, não foram observadas diferenças significativas na concentração do vírus entre 24, 36 e 48 horas. Houve diferença significativa para 12 horas, a qual apresentou título viral menor que as demais durações (Tabela 2). Gomes (2006) testando tempos de 2 e 7 dias de infestação com afídeo *R. padi* em trigo não encontrou diferença significativa para nenhuma característica agrônômica avaliada ou componente do rendimento.

As equações que representam a relação entre o número de afídeo e o título viral, para cada tempo de transmissão, ajustaram-se muito bem ao modelo linear. Os ajustes foram de 93% para o tempo de 12 horas, 91% para 24 horas, 97% para 36 horas e 90% para transmissões de 48 horas. Isto significa que é possível estimar a concentração do vírus na planta através do número de afídeos em função do tempo de transmissão (Figura 3).



**Figura 3** – Concentração do BYDV-PAV (absorbância – 405 nm) em plantas de trigo, cultivar Embrapa 16, com diferentes tempos de transmissão, em função do número de afídeos (*Rhopalosiphum padi*) transmissores do vírus.

#### 4 CONCLUSÕES

Nas condições em que foram realizados os experimentos com BYDV-PAV transmitido por *R. padi*, foi possível concluir que:

a) a raiz é o órgão mais adequado para diagnose e determinação da concentração viral para BYDV-PAV em plantas de trigo.

b) a base da folha tem maior concentração do BYDV-PAV que o ápice, em plantas de trigo.

c) três afídeos são suficientes para a transmissão do BYDV-PAV em trigo para tempos de inoculação de 12 a 48 horas.

d) o tempo de 24 horas é satisfatório para a transmissão de BYDV-PAV para plantas de trigo.

e) O melhor período para efetuar a leitura de DAS-Elisa (absorbância 405 nm) é entre 7 a 17 dias após a infestação das plantas de trigo com *R. padi*.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho é apenas uma contribuição diante das questões que ainda estão por serem esclarecidas. A virose do nanismo amarelo da cevada há tempos é uma doença que necessita maior atenção devido à dificuldade encontrada para o controle e pela complexidade de conseguir material tolerante/resistente entre os cereais de inverno cultivados.

A espécie predominante do vírus nas regiões tritícolas foi BYDV-PAV presente em maior proporção em praticamente todas as áreas de cultivo. No entanto, como este resultado é variável com diversas condições e fatores, sugere-se o monitoramento constante das áreas produtoras de trigo em relação à prevalência das espécies de BYDV e/ou CYDV infectantes nos cereais cultivados e em plantas invasoras, assim como estudos relacionados a dinâmica populacional dos vetores. Há a possibilidade que existam outras espécies de BYDV e/ou CYDV, que não as testadas, infectando plantas de trigo.

Devem ser realizados novos estudos em relação ao tempo de transmissão principalmente entre os tempos 12 e 24 horas e também verificar a transmissão e movimento do vírus em genótipos de trigo com níveis de suscetibilidade distintos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, D.; WANG, M.B.; WATERHOUSE, P. A single copy of virus-derived, transgene-encoding hairpin RNA confers BYDV immunity. In: Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies. PROCEEDINGS OF AN INTERNATIONAL SYMPOSIUM HELD AT EL BATÁN, September, 2002, Texcoco-Mexico: CIMMYT, 2002. p. 22-26.

ABOULATA, A.E. *Barley yellow dwarf virus* in Egypt: current situation and prospects. In: Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies. PROCEEDINGS OF AN INTERNATIONAL SYMPOSIUM HELD AT EL BATÁN, September, 2002, Texcoco-Mexico: CIMMYT, 2002. p. 115-116.

AGRIOS, G.N. Plant Pathology. San Diego. Academic Press. 4 ed. 1997. p. 635.

ALMEIDA, A.M.R.; LIMA, J.A.A. *Princípios e técnicas de diagnose aplicados em fitovirologia*. Londrina: Embrapa Soja, 2001.

ASSESSORIA DE GESTÃO ESTRATÉGICA – AGE, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. *Projeções do agronegócio: Mundial e Brasil – 2006/2007 a 2017/18*. 2007. Disponível em: <<http://www.ministerioagricultura.gov.br>>. Acessado em: 15 de jan. 2008.

AYALA, L.; GINKEL, M.V.; KHAIRALLA, M.; KELLER, B.M.; HENRY, M. Expression of *Thinopyrum intermedium*-derived *Barley yellow dwarf virus* resistance in elite bread wheat backgrounds. *Phytopathology*, v. 91, n. 1, p. 55-62, 2001a.

AYALA, L.; HENRY, M.; GONZÁLEZ-DE-LEÓN, D.; GINKEL, M.V.; MUJEEB-KAZI, A.; KELLER, B.; KHAIRALLA, M. A diagnostic molecular marker allowing the study of *Th. Intermedium*-derived resistance to BYDV in bread wheat segregating populations. *Theoretical and Applied Genetics*, v.102, p. 942-949, 2001b.

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

BARBIERI, R.L.; CARVALHO, F.I.F.; CAETANO, V.R.; BARBOSA-NETO, J.F.; MARCHIORO, V.S.; AZEVEDO, R.; LORENCETTI, C. Avaliação da tolerância ao vírus da nanismo amarelo da cevada em trigo. *Agropecuária Clima Temperado*, Pelotas, v. 3, n.1, p. 45-52, 2000.

BENCHARKI, B.; EL YAMANI, M.; MUTTERER, J.; ZIEGLER-GRAFF, V.; ZAOUI, D.; JOANARD, G. Assessment of Biological and molecular variability of Moroccan BYDV-PAV isolates. In: Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies. PROCEEDINGS OF AN INTERNATIONAL SYMPOSIUM HELD AT EL BATÁN, September, 2002, Texcoco-Mexico: CIMMYT, 2002. p. 9-12.

BISOTTO, V. Algumas considerações sobre a cultura de trigo. In: *Indicações Técnicas da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo*. Cruz Alta, RS: FUNDACEP, 2005. p. 11-45.

BOULTON, R.E.; CATHERALL, P.L. The effects of increasing dosage of Barley yellow dwarf virus on some resistant and susceptible barleys. *Annual Appl. Biol*, v. 94, p. 69-75, 1980.

BURNETT, P. A. Preface. In: Barley yellow dwarf – proceedings of the workshop. Mexico: CYMMT, 1983. p. 6-13.

BURNETT, P. A. Preface. In: World perspectives on Barley yellow dwarf. Mexico: CYMMT, 1990. p. 511.

BURNETT, P.A.; COMEAU, A.; QUALSET, C.O. Host plant tolerance or resistance for control of Barley yellow dwarf. In: D'ARCY, C. J. and BURNETT, P. A. *Barley yellow dwarf: 40 years of progress*. The American Phytopathological Society. Minnesota-USA, 1995. p. 203-214.

BURNETT, P. A.; PLUMB, R. T. Present Status of Controlling Barley Yellow Dwarf Virus. In: HADIDI, A.; KHETARPAL, R. K.; KOGANEZAWA, H. *Plant Virus disease Control*. The American Phytopathological Society. Minnesota-USA, 1998. p. 448-458.

CAETANO, V. da R. *Estudo sobre o vírus do nanismo amarelo da cevada, em trigo, no Rio Grande do Sul*. 1972. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1972.

CAETANO, V. da R. *Estudos sobre os afídeos vectores do Vírus do Nanismo Amarelo da Cevada, em especial de Acyrthosiphon dirhodum, em trigo, no Sul do Brasil*. 1973. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1973.

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

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

CASA, R. T., REIS, E. M.; SCHONS, J. *Vírus do nanismo amarelo da cevada - VNAC*. São Paulo: UPF, 2000.

CANTERI, M.G., ALTHAUS, R.A., VIRGENS FILHO, J.S., GIGLIOTI, E.A. GODOY, C.V. SASM - Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft - Knott, Tukey e Duncan. *Revista Brasileira de Agrocomputação*, v. 1, n. 2, p. 18-24, 2001.

COLOMBO, C. R. *Efeito do tratamento de sementes com o inseticida imidacloprid sobre a virose do nanismo amarelo da cevada em aveia*. 2002. Dissertação (mestrado em Agronomia/Fitopatologia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2002.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10.ed. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004.

COMPANHIA NACIONAL DA ABASTECIMENTO – CONAB. *Acompanhamento da Safra Brasileira, safra 2007/2008, quarto levantamento, 2008*. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acessado em: 15 jan. 2008.

COOPER, J.I.; JONES, A.T. Responses of plants to viruses: proposals for use of terms. *Phytopathology*, v. 73, p. 127-128, 1983.

D'ARCY, C. Symptomatology and host range of Barley Yellow Dwarf. In: D'ARCY, C. J.; BURNETT, P. A. *Barley yellow dwarf: 40 years of progress*. The American Phytopathological Society. Minnesota-USA, 1995. p. 9-28.

D'ARCY, C.; BURNETT, A.P. *Barley Yellow Dwarf: a brief introduction*. In: D'ARCY, C. J.; BURNETT, P. A. *Barley yellow dwarf: 40 years of progress*. The American Phytopathological Society. Minnesota-USA, 1995. p. 1-5.

DOCAMPO, D.M.; LENARDÓN, S.L. *Métodos para detectar patógenos sistémicos*. Instituto de Fitopatología y Fisiología Vegetal (IFFIVE). Córdoba-Argentina. 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO – EMBRAPA TRIGO. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/>. Acessado em: 15 abril. 2008.

ENDO, R.M.; BROWN, C.M. Survival and yield of winter cereals affected by yellow dwarf. *Phytopathology*, v. 52, p. 624-627, 1962.

FABRE, F.; PLANTEGENEST, M.; MIEUZET, L.; DEDRYVER, C.A.; LETERRIER, J.L.; JACQUOT, E. Effects of climate and land use on the occurrence of viruliferous aphids and the epidemiology of barley yellow dwarf disease. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, n. 106, p. 49-55, 2005.

FARGETTE, D.; LISTER, R.M.; HOOD, E.L. Grasses as a reservoir of Barley yellow dwarf virus in Indiana. *Plant Disease*, v. 66, n. 11, p. 1041-1045, nov. 1982.

FAUQUET C.M. *Virus taxonomy : eighth report of the international committee on taxonomy viruses*. San Diego: Academic Press, 2005. 1258p.

FIGUEIRA, A. R. Grupo Luteovirus – parte I. *Revisão anual de patologia de plantas - RAPP*. v. 3, 1997. p. 1-59.

FOXE, M.J.; ROCHOW, W.F. Importance of virus source leaves in vector specificity of Barley yellow dwarf virus. *Phytopathology*, v. 65, p. 1124-1129, 1975.

GILCHRIST-SAAVEDRA, L.; DAVILA, F.G.; MARTINEZ-CANO, C.; LOPEZ-ATILANO, R.M.; DUVEILLER, E.; SINGH, R. P.; HENRY, M.; GARCIA, A.I. *Guía práctica para la identificación de algunas enfermedades de trigo y cebada*. 2 ed. Disponível em: <<http://www.cimmyt.org>>. Acessado em: 15 jan. 2008.

GILDOW, F.E.; GRAY, S.M. The aphid salivary gland basal lamina as a selective barrier associated with vector-specific transmission of Barley yellow dwarf luteoviruses. *Phytopathology*, v. 83, p. 1293-1302. 1993.

GILL, C.C. Aphid nymphs transmit an isolate of Barley yellow dwarf virus more efficiently than do adults. *Phytopathology*, v. 60, p. 1747-1752, 1970.

GOMES, M.F.R. *Danos do afídeo Rhopalosiphum padi (L.) (Hemiptera: Afididae) em função da duração e do nível de infestação, em estádios iniciais de trigo*. 2006. Dissertação (mestrado em Agronomia/Fitopatologia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2006.

GRAFTON, K.F.; POEHLMAN, J.M.; SEHGAL, O.M.P.; SECHLER, D.T. Tall fescue as a natural host and aphid vectors of Barley yellow dwarf virus in Missouri. *Plant Disease*, v. 66, n. 4, p. 318-320, abr. 1982.

GRAY, S.M.; POWER, A.G.; SMITH, D.M.; SEAMAN, A.J.; ALTMAN, N.S. Aphid transmission of Barley yellow dwarf: virus acquisition access periods and virus concentration requirements. *Phytopathology*, v. 81, p. 539-545, 1991.

GRAY, S.M.; SMITH, D.; SORRELLS, M. Reduction of disease incidence in small field plots by isolate-specific resistance to *Barley yellow dwarf virus*. *Phytopathology*, v. 84, n. 7, p. 713-718, 1994.

HABEKUB, A.; SCHLIEPHAKE, E. Importance of BYDV and its vectors in central Germany. In: Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies. PROCEEDINGS OF AN INTERNATIONAL SYMPOSIUM HELD AT EL BATÁN, September, 2002, Texcoco-Mexico: CIMMYT, 2002. p. 50.

HALBERT, S.; VOEGTLIN, D. Biology and taxonomy of vectors of Barley yellow dwarf viruses. In: D'ARCY, C. J. and BURNETT, P. A. *Barley yellow dwarf: 40 years of progress*. The American Phytopathological Society. Minnesota-USA, 1995. p. 203-214.

HALSTEAD, B.E.; GILL, C.C. Transmission of Barley yellow dwarf virus different stages of the greenbug. *Phytopathology*, v. 61, p. 749-750, 1971.

HARRINGTON, R. BYDV: the heat is on. In: Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies. PROCEEDINGS OF AN INTERNATIONAL SYMPOSIUM HELD AT EL BATÁN, September, 2002, Texcoco-Mexico: CIMMYT, 2002. p. 34-39.

HENRY, M.; POSADAS, G.; SEGURA, J.; RAJARAM, S. Evaluating resistance to BYDV-PAV, BYDV-MAV, and CYDV-RPV in *Thinopyrum intermedium*-derived wheat lines. In: Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies. PROCEEDINGS OF AN INTERNATIONAL SYMPOSIUM HELD AT EL BATÁN, September, 2002, Texcoco-Mexico: CIMMYT, 2002. p. 64-66.

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

IGNACZAK, J.C. DE MORI, C.; GARAGORRY, F.L.; CHAIB FILHO, U. *Dinâmica da produção de trigo no Brasil no período de 1975 a 2003*. (Embrapa Trigo. Boletim n. 36). Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/>>. Acessado em: 25 jan. 2008.

INDICAÇÕES TÉCNICAS DA COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO.37<sup>a</sup> Reunião da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale Cruz Alta, RS: FUNDACEP, 2005. 212p.

INTERNATIONAL COMMITTEE ON TAXONOMY OF VIRUSES (ICTV). Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/ICTVdb/>>. Acessado em: 25 jan. 2008.

JENSEN, S.G. Photosynthesis, respiration and other physiological relationships in barley infected with Barley yellow dwarf virus. *Phytopathology*, v. 58, p. 204-208, 1968a.

\_\_\_\_\_. Factors affecting respiration in Barley yellow dwarf virus-infected barley. *Phytopathology*, v. 58, p. 438-443, 1968b.

\_\_\_\_\_. Composition and metabolismo f barley leaves infected with Barley yellow dwarf virus. *Phytopathology*, v. 59, p. 1694-1698, 1969.

\_\_\_\_\_. Systemic movement of Barley yellow dwarf virus in small grains. *Phytopathology*, v. 63, p. 854-856, 1973.

LANZARINI, A.C.; SCHONS, J.; SALVADORI, J.R.; NIENOW, A.A.; NICOLINI-TEIXEIRA, F.; BINOTTO-MISSIURA, F.; DEUNER, E. Avaliação de danos causados pelo *Barley yellow dwarf virus*-PAV em cultivares de trigo no Brasil. *Fitopatologia Brasileira*, v. 32 (6), p. 5-10, nov./dez. 2007.

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

LARKIN, P.J.; KLEVEN, S.; BANKS, P.M. Utilizing *Bdv2*, the *Thinopyrum intermedium* source of BYDV resistance, to develop wheat cultivars. In: Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies. PROCEEDINGS OF AN INTERNATIONAL SYMPOSIUM HELD AT EL BATÁN, September, 2002, Texcoco-Mexico: CIMMYT, 2002. p. 60-63.

LISTER, R.M.; RANIERI, R. Distribution and economic importance of Barley yellow dwarf. In: D'ARCY, C. J. and BURNETT, P. A. *Barley yellow dwarf: 40 years of progress*. The American Phytopathological Society. Minnesota-USA, 1995. p. 203-214.

MARTIN, R.R.; D'ARCY, C. Taxonomy of Barley yellow dwarf viroses. In: D'ARCY, C. J. and BURNETT, P. A. *Barley yellow dwarf: 40 years of progress*. The American Phytopathological Society. Minnesota-USA, 1995. p. 203-214.

MASTARI, J.; LAPIERRE, H.; DESSENS, J. Asymmetrical distribution of Barley yellow dwarf virus PAV variants between host plant species. *Phytopathology*, v. 88, n. 8, p. 818-821, 1998.

MEDEIROS, C. A.; REIS, E. M.; BABRIEL, N. Danos causados pelo vírus do nanismo amarelo da cevada (VNAC) em cultivares de aveia em Passo Fundo, RS. *Fitopatologia Brasileira*, v. 22, p. 338, 1996.

MILLER, W.A.; RASOCHOVÁ, L. Barley yellow dwarf viruses. *Annual Reviews Phytopathology*, v. 35, p. 167-190, 1997.

MILLER, W.A.; BECKETT, R.; LIU, S. Structure, function and variation of the Barley yellow dwarf virus and Cereal yellow dwarf virus genomes. In: Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies. PROCEEDINGS OF AN INTERNATIONAL SYMPOSIUM HELD AT EL BATÁN, September, 2002, Texcoco-Mexico: CIMMYT, 2002. p. 1-8.

NICOLINI-TEIXEIRA, F.; 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, outubro, 2006.

NUTTER, F.W.; TENG, S.P.; ROYER, M.H. Terms and concept for yield, crop and diseases thersholds. *Plant Disease*, v. 77, p. 211-215, 1993.

OSWALD, J.W.; HOUSTON, B.R. A new virus disease of cereals, transmissible by aphids. *Plant Disease*, v. 11, p. 471-475, 1951.

PARK, J.C.; SEO, J.H.; CHOI, J.S.; PARK, S.L.; SUH, D.Y.; LEE, M.H. Distribution of *Barley yellow dwarf virus* vic-PAV strain in South Korea. In: Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies. PROCEEDINGS OF AN INTERNATIONAL SYMPOSIUM HELD AT EL BATÁN, September, 2002, Texcoco-Mexico: CIMMYT, 2002. p. 110-111.

PLUMB, R.T.; JOHNSTONE, G.R. *Cultural, chemical and biological methods for the control of Barley yellow dwarf*. In: D'ARCY, C. J. and BURNETT, P. A. *Barley yellow dwarf: 40 years of progress*. The American Phytopathological Society. Minnesota-USA, 1995. p. 307-319.

POWER, A.G.; GRAY, S.M. Aphid Transmission of Barley Yellow Dwarf Viruses: Interactions between viruses, vectores, and host plants. In: D'ARCY, C. J. and BURNETT, P. A. *Barley yellow dwarf: 40 years of progress*. The American Phytopathological Society. Minnesota-USA, 1995. p. 259-289.

RANIERI, R.; LISTER, R.M.; BURNETT, P.A. Relationships between *Barley yellow dwarf virus* titer and symptom expression in barley. *Crop Science*, v. 33, p. 968-973, 1993.

REUNIÃO DA COMISSÃO SUL E CENTRO-SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE. Informações técnicas para a safra 2007. Embrapa Trigo. Passo Fundo, 2007. (Embra Trigo. Documentos 71).

REZENDE, J.A.M.; MULLER, G.W. Mecanismos de proteção entre vírus e controle de viroses de vegetais por premunização. *Revisão anual de patologia de plantas-RAPP*. v. 3, 1995. p. 185-226.

ROCHOW, W.F. Biological properties of four isolates of Barley yellow dwarf virus. *Phytopathology*. v. 59, p. 1580-1589, 1969.

SADEGHI, S.E.; DEDRYVER, C.A.; RIAULT, G.; TANGUY, S. Variation in virus content among individual leaves and wheat infected with a BYDV-PAV isolate. *Journal of Agricultural Science and Technology*, v. 2, n. 3, 2000.

SALAZAR, F.L. *Los virus de la papa y su control*. Lima-Peru: Centro Internacional de la papa-CIP, 1995.

SALVADORI, J.R.; TONET, G.L. Manejo integrado dos pulgões do trigo. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. (Embrapa Trigo. Documentos, 34).

SCHONS, J.; DALBOSCO, M. Identificação de estirpes do vírus do nanismo amarelo da cevada. *Fitopatologia Brasileira*, v. 25 Suplemento), p. 634, 1999.

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.; NICOLINI, F.; KUYAVA, S.R.; SOARES, D.C.; FLOSS, E.L. Danos causados pelo vírus do nanismo amarelo da cevada em 17 cultivares de aveia. *Fitopatologia Brasileira*, v. 24 (suplemento), p. 360, 1999.

SILVA, M.T.B.; COSTA, E.C.; BALARDIN, R.S. Cultivars reaction and efficiency of chemical control of aphids vectors of *Barley yellow dwarf virus* in wheat. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 34, n. 5, 2004.

SINGH, R.P.; HENRY, M.; HUERTA-ESPINO, J.; MUJEEB-KAZI, A.; PEÑA, R.P. Development of “thelin” wheat lines with genes *Lr19* and *Bdv2* from *Thinopyrum elongatum* and *Th. intermedium*. In: Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies. PROCEEDINGS OF AN INTERNATIONAL SYMPOSIUM HELD AT EL BATÁN, September, 2002, Texcoco-Mexico: CIMMYT, 2002. p. 133-136.

SÍP, V.; SIRLOVÁ, L.; CHRPOVÁ, J. Screening for Barley yellow dwarf virus-resistant barley genotypes by assessment of virus content in inoculated seedlings. *Journal Phytopathology*, v. 154, p.3 36-342, 2006.

SOUZA, C.N. Cultivares de Trigo Indicadas para o Cultivo no Brasil e Instituições Criadoras. Passo Fundo, Embrapa Trigo, 2004. 138p.

SKARIA, M.; LISTER, R.M.; FOSTER, J.E. Lack of Barley yellow dwarf virus dosage effects on virus content in cereals. *Plant Disease*, v. 68, n. 9, p. 759-761, 1984.

TRUOL, G. Barley yellow dwarf virus in Argentina. In: Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies. PROCEEDINGS OF AN INTERNATIONAL SYMPOSIUM HELD AT EL BATÁN, September, 2002, Texcoco-Mexico: CIMMYT, 2002. p. 53-54.

VAN GINKEL, M.; HENRY, M. Breeding for BYDV tolerance/resistance in CIMMYT bread wheats targeted to developing countries. In: Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies. PROCEEDINGS OF AN INTERNATIONAL SYMPOSIUM HELD AT EL BATÁN, September, 2002, Texcoco-Mexico: CIMMYT, 2002. p. 93-96.

VAN REGENMORTEL, FAUQUET C.M., BISHOP D.H.L. *Virus Taxonomy - Classification and nomenclature of virus*. San Diego: Academic Press, 2000. 1162p.

ZERBINI Jr., F.M.; CARVALHO, M.G.; ZAMBOLIM, E.M. *Introdução à virologia vegetal*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa-UFV, 2006.

ZILLINSKY, F. J. *Common Diseases of Small Grain Cereals: A Guide to Identification*. Mexico, CIMMYT. 1983.

WANG, X.; LILI; ZHOU, G. Progress in characterizing the Chinese GAV isolate of the BYDV luteovirus. In: Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies. PROCEEDINGS OF AN INTERNATIONAL SYMPOSIUM HELD AT EL BATÁN, September, 2002, Texcoco-Mexico: CIMMYT, 2002. p. 16-17.