

**AVALIAÇÃO DE RESISTÊNCIA DO MILHO A
FERRUGEM CAUSADA POR *Puccinia polysora*
UNDERW.**

GISÈLE MARIA FANTIN
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **ERIC BALMER**

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura
“Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, para
obtenção do título de Doutor em Agronomia, Área
de Concentração: Fitopatologia.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Junho – 1997

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Fantin, Gisèle Maria

Avaliação de resistência do milho a ferrugem causada por *Puccinia polysora*
Underw. / Gisèle Maria Fantin. - - Piracicaba, 1997.
136 p. : il.

Tese (doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997.
Bibliografia.

1. Ferrugem-do-milho 2. Fungo fitopatogênico 3. Resistência à doença I.
Título

CDD 633.15

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte - O Autor"

**AVALIAÇÃO DE RESISTÊNCIA DO MILHO A FERRUGEM CAUSADA POR
Puccinia polysora UNDERW.**

GISÈLE MARIA FANTIN

Aprovada em: 12.06.97

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Eric Balmer

ESALQ/USP

Prof. Dr. Luis Eduardo Aranha Camargo

ESALQ/USP

Prof. Dr. Nelson Gimenes Fernandes

FCAV/UNESP

Prof. Dr. Nilton Luis de Souza

FCA/UNESP

Prof. Dr. William José da Silva

Colorado Sementes



Prof. Eric Balmer

Orientador

Dedico

Aos meus pais

Luigi e Rame

AGRADECIMENTOS

Expresso minha sincera gratidão:

- Ao prof. Dr. Eric Balmer, pela eficiente orientação e pelo apoio constante durante toda a realização do curso de Pós Graduação.
- Ao Departamento de Fitopatologia da ESALQ, que possibilitou a participação no curso de Pós-Graduação e a realização do presente trabalho.
- A todos os professores do Departamento de Fitopatologia pela constante disponibilidade e troca de idéias.
- Ao Dr. Benedito de Camargos Barros, chefe da Seção de Doenças das Plantas Alimentícias Básicas e Olerícolas, do Instituto Biológico, por ter me incentivado a iniciar o doutorado.
- À Dra. Zuleide Alves Ramiro, atual Diretora Geral do Instituto Biológico, por ter me concedido licença para a realização de parte deste trabalho.
- Ao M.S. Herberte Pereira da Silva, atualmente da Zeneca Sementes, por todo o apoio, sugestões, amizade e pelo fornecimento de sementes utilizadas nos experimentos.
- Ao Dr. Oswaldo A. P. Pereira e ao M.S. Ivan C. Resende, da Empresa Agroceres, pela confiança e pelo envio de sementes utilizadas nos experimentos.
- Ao M.S. Roberto V. de Carvalho, atualmente da Dinamilho, pelo fornecimento de sementes para os experimentos.

- Ao Dr. Ciro Scaranari, da EMBRAPA pelo envio de sementes utilizadas nos experimentos.
- Aos grandes amigos Ila, Cecília, Lothar, Celia, Marise e João, aos estagiários Matheus, Adriana e Nilceli e ao Sr Pedro Arthuso, funcionário do Departamento de Fitopatologia, imprescindíveis para a realização deste trabalho, sem os quais este não teria sido conduzido e concluído.
- Aos amigos Márcia, Betty, Pimentel, Goes, Raquel, Hélio, Fabiana, Luciana, Lilliane, Silvânia, Nelson e Cláudia, à minha prima Samira e ao meu irmão Lucien, pela ajuda e constante disponibilidade.
- Ao amigo Marcos pelo apoio, amizade e auxílio na revisão e correção do texto.
- À minha tia Jamile, que gentilmente ofereceu seu apartamento onde residi durante todo o período de realização do curso de doutorado.
- Aos professores Dra. Sonia S. Piedade e Dr. Carlos Tadeu dos Santos Dias do Departamento de Estatística da ESALQ/USP pela valiosa orientação e auxílio nas análises estatística.
- Aos funcionários Sr. Pedro da Silva e Marina Pavan, pela constante disponibilidade.
- À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.
- A Deus, que colocou a Kátia e todas estas pessoas no meu caminho, tornando esta jornada mais leve pela constante presença, convivência e estímulo dos amigos.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS	xii
APÊNDICES.....	xvi
RESUMO.....	xxiv
SUMMARY	xxvii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Etiologia do patógeno e sintomatologia da doença.....	3
2.2 Evolução histórica da pesquisa no patossistema milho- <i>Puccinia polysora</i>	7
2.3 Metodologia utilizada e conceitos envolvidos em estudos de resistência.....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1 Obtenção e manutenção do isolado do patógeno.....	22
3.2 Teste de concentração ideal de inóculo.....	22
3.3 Avaliação da resistência em populações de milho.....	23
3.3.1 Variáveis avaliadas em plantas jovens de populações em condições de casa-de-vegetação, experimentos 1 e 2.....	24
3.3.1.1 Tipo de reação em plantas jovens de populações.....	26
3.3.1.2 Tamanho de pústulas primárias em plantas jovens de populações.....	26
3.3.1.3 Número estimado de pústulas primárias em plantas jovens de populações.....	28

3.3.1.4 Formação de pústulas primárias e secundárias em plantas jovens de populações.....	28
3.3.2 Variáveis avaliadas em plantas adultas de populações em condições de campo, experimento 3	28
3.3.2.1 Severidade da doença em plantas adultas de populações.....	30
3.3.2.2 Tamanho de pústulas em plantas adultas de populações	30
3.4 Estudo de componentes da resistência parcial do hospedeiro em linhagens e híbridos.....	30
3.4.1 Variáveis estudadas em plantas jovens de linhagens e híbridos em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5.....	33
3.4.1.1 Comprimento de pústulas primárias em plantas jovens de linhagens e híbridos.....	34
3.4.1.2 Tamanho das pústulas primárias em plantas jovens de linhagens e híbridos.....	34
3.4.1.3 Número de pústulas em plantas jovens de linhagens e híbridos.....	35
3.4.1.4 Porcentagem de pústulas primárias rompidas em plantas jovens de linhagens e híbridos.....	35
3.4.1.5 Fase predominante do desenvolvimento das pústulas em plantas jovens de linhagens e híbridos.....	35
3.4.2 Variáveis avaliadas em plantas adultas de linhagens e híbridos, em condições de campo, experimento 6.....	36
3.4.2.1 Severidade da doença em plantas adultas de linhagens e híbridos.....	37
3.4.2.2 Tamanho de pústulas em plantas adultas de linhagens e híbridos.....	38
3.5 Dados climáticos.....	38
4 RESULTADOS.....	39
4.1 Estudo da resistência em populações de milho.....	39

4.1.1 Variáveis avaliadas em plantas jovens, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 1 e 2.....	39
4.1.1.1 Tipo de reação em plantas jovens de populações.....	39
4.1.1.2 Tamanho de pústulas primárias em plantas jovens de populações.....	43
4.1.1.3 Número estimado de pústulas primárias em plantas jovens de populações.....	47
4.1.1.4 Formação de pústulas primárias e secundárias em plantas jovens de populações.....	50
4.1.2 Variáveis estudadas em plantas adultas de populações em condições de campo, experimento 3.....	55
4.1.2.1 Severidade da doença em plantas adultas de populações.....	55
4.1.2.2 Tamanho de pústulas em plantas adultas de populações.....	59
4.2 Estudo de componentes da resistência parcial da planta, em linhagens e híbridos.....	62
4.2.1 Variáveis avaliadas em plantas jovens, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5.....	62
4.2.1.1 Comprimento de pústulas primárias em plantas jovens de linhagens e híbridos.....	62
4.2.1.2 Tamanho das pústulas primárias em plantas jovens de linhagens e híbridos.....	66
4.2.1.3 Número de pústulas em plantas jovens de linhagem e híbridos.....	70
4.2.1.4 Porcentagem de pústulas primárias rompidas em plantas jovens de linhagens e híbridos.....	74
4.2.1.5 Fase predominante de desenvolvimento de pústulas em plantas jovens de linhagens e híbridos.....	74
4.2.2 Variáveis avaliadas em plantas adultas, em condições campo, experimento 6.....	80

4.2.2.1 Severidade da doença em plantas adultas de linhagens e híbridos.....	80
4.2.2.2 Tamanho de pústulas em plantas adultas de linhagens e híbridos.....	86
5 DISCUSSÃO.....	89
6. CONCLUSÕES.....	104
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106
APÊNDICE.....	115

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Escala representativa de tamanhos de pústulas de ferrugem polissora em milho, onde as notas 1 a 6 correspondem, respectivamente, aos tamanhos de 0,25 x 0,2; 0,5 x 0,4; 0,7 x 0,45; 1,0 x 0,5; 1,3 x 0,55 e 1,8 x 0,6 mm.....	27
2	Escala diagramática representando 0,1; 0,3; 0,7; 2; 5; 12, 27 e 50% de área foliar afetada.....	31
3	Distribuição de freqüência da porcentagem de plantas jovens de populações de milho e do padrão suscetível P3069, em condições de casa-de-vegetação, no experimento 1, apresentando tipos de reação a <i>P. polysora</i> agrupados dentro das seguintes classes: 1= ausência de sintomas; 2= pontos cloróticos e/ou necróticos, ocasionalmente pústulas muito pequenas encobertas $\leq 0,2$ mm de comprimento; 3= predominância de pequenas pústulas esporulando, $> 0,2$ e $\leq 0,5$ mm, com presença de pontos cloróticos; 4= presença de pústulas esporulando com predominância de pústulas arredondadas $> 0,5$ e $\leq 0,7$ mm; 5= presença predominante de pústulas arredondadas e alongadas $> 0,7$ e $\leq 1,0$ mm; 6= predominância de pústulas alongadas $> 1,0$ mm de comprimento.....	40

- 4 Distribuição de freqüência da porcentagem de plantas jovens de populações de milho e do padrão suscetível P3069, em condições de casa-de-vegetação, no experimento 2, apresentando tipos de reação a *P. polysora* agrupados dentro das seguintes classes: 1= ausência de sintomas; 2= pontos cloróticos e/ou necróticos, ocasionalmente pústulas muito pequenas encobertas $\leq 0,2$ mm de comprimento; 3= predominância de pequenas pústulas esporulando, $> 0,2$ e $\leq 0,5$ mm, com presença de pontos cloróticos; 4= presença de pústulas esporulando com predominância de pústulas arredondadas $> 0,5$ e $\leq 0,7$ mm; 5= presença predominante de pústulas arredondadas e alongadas $> 0,7$ e $\leq 1,0$ mm; 6= predominância de pústulas alongadas $> 1,0$ mm de comprimento..... 41
- 5 Distribuição de freqüência da porcentagem de plantas jovens de populações de milho e do padrão suscetível P3069, em condições de casa-de-vegetação, no experimento 1, quanto ao tamanho de pústulas primárias de *P. polysora* estimado visualmente de acordo com as seguintes classes: 1= ausência de pústulas; 2= presença de pústulas com tamanho predominante de $0,25 \times 0,2$; 3= $0,5 \times 0,4$; 4= $0,7 \times 0,45$; 5= $1,0 \times 0,5$; 6= $1,3 \times 0,55$ e 7= $1,8 \times 0,6$ mm..... 44
- 6 Distribuição de freqüência da porcentagem de plantas jovens de populações de milho e do padrão suscetível P3069, em condições de casa-de-vegetação, no experimento 2, quanto ao tamanho de pústulas primárias de *P. polysora* estimado

- visualmente de acordo com as seguintes classes: 1= ausência de pústulas; 2= presença de pústulas com tamanho predominante de 0,25 x 0,2; 3= 0,5 x 0,4; 4= 0,7 x 0,45; 5= 1,0 x 0,5; 6= 1,3 x 0,55 e 7= 1,8 x 0,6 mm..... 45
- 7 Distribuição de freqüência da porcentagem de plantas jovens de populações de milho e do padrão suscetível P3069, em condições de casa-de-vegetação, no experimento 1, quanto ao número estimado de pústulas primárias de *P. polysora*, na área foliar inoculada, dentro das seguintes classes: 1= ausência de pústulas; 2= 1 a 5 pústulas; 3= 6 a 10 pústulas; 4= 11 a 20 pústulas; 5= 21 a 30 pústulas; 6= 31 a 50 pústulas e 7= mais de 50 pústulas..... 48
- 8 Distribuição de freqüência da porcentagem de plantas jovens de populações de milho e do padrão suscetível P3069, em condições de casa-de-vegetação, no experimento 2, quanto ao número estimado de pústulas primárias de *P. polysora*, na área foliar inoculada, dentro das seguintes classes: 1= ausência de pústulas; 2= 1 a 5 pústulas; 3= 6 a 10 pústulas; 4= 11 a 20 pústulas; 5= 21 a 30 pústulas; 6= 31 a 50 pústulas e 7= mais de 50 pústulas..... 49
- 9 Distribuição de freqüência da porcentagem de plantas jovens de populações de milho, e do padrão suscetível P3069, em condições de casa-de-vegetação, no experimento 1, quanto à formação de pústulas primárias e secundárias de *P. polysora*, estimada de acordo com as seguintes classes: 1= ausência

- de pústulas; 2= presença de pústulas primárias e ausência de pústulas secundárias; 3= 1 a 30% de pústulas primárias com formação de pústulas secundárias; 4= 30 a 70%; 5= mais de 70%..... 52
- 10 Distribuição de freqüência da porcentagem de plantas jovens de populações de milho, e do padrão suscetível P3069, em condições de casa-de-vegetação, no experimento 2, quanto à formação de pústulas primárias e secundárias de *P. polysora*, estimada de acordo com as seguintes classes: 1= ausência de pústulas; 2= presença de pústulas primárias e ausência de pústulas secundárias; 3= 1 a 30% de pústulas primárias com formação de pústulas secundárias; 4= 30 a 70%; 5= mais de 70%..... 53
- 11 Distribuição de freqüência da porcentagem de plantas adultas de populações de milho, e do híbrido suscetível P3069, em condições de campo, no experimento 3, apresentando severidade média de infecção por *P. polysora* nas folhas da espiga principal e primeira abaixo, nas seguintes classes: 1= 0%, 2= > 0 a 0,1; 3= > 0,1 a 0,3; 4= > 0,3 a 0,7; 5= > 0,7 a 2; 6= > 2 a 5; 7= > 5 a 12; 8= > 12 a 27; 9= > 27 a 50; 10= > 50% de área foliar afetada pela ferrugem..... 56
- 12 Distribuição de freqüência da porcentagem de plantas adultas de populações de milho, e do híbrido suscetível P3069, em condições de campo, no experimento 3, apresentando severidade média de infecção por *P. polysora* na área foliar total da planta, agrupada de acordo com as seguintes

- classes: 1 = 0% a pústulas esparsas; 2 = 1%; 3 = 2,5%; 4 = 5%; 5 = 10%; 6 = 25%; 7 = 50%; 8 = 75% e 9 = mais de 75% da planta afetada pela ferrugem..... 57
- 13 Distribuição de freqüência da porcentagem de plantas adultas de populações de milho e do híbrido suscetível P3069, em condições de campo, no experimento 3, quanto ao tamanho estimado de pústulas de *P. polysora* na parte central da folha da espiga principal, de acordo com as seguintes classes: 1= ausência de pústulas; 2= presença de pústulas com tamanho predominante de 0,25 x 0,2; 3= 0,5 x 0,4; 4= 0,7 x 0,45; 5=1,0 x 0,5; 6= 1,3 x 0,55 e 7= 1,8 x 0,6 mm..... 61
- 14 Caracterização de tipos de reação de plantas adultas a *P. polysora*. Resistência em linhagens: R1= lesões cloróticas e necróticas; R2= baixa densidade de pústulas e presença de pontos cloróticos. Resistência em híbridos: R3= baixa densidade de pústulas. Suscetibilidade: S= alta densidade de pústulas por unidade de área e início de necrose do tecido foliar..... 84
- 15 Caracterização de tipos de reação de plantas jovens. a *P. polysora* R= resistência, com lesões pequenas. S= suscetibilidade, com lesões grandes, ovais a alongadas..... 85

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Tipo de reação à <i>P. polysora</i> de plantas jovens de populações de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 1 e 2.....	42
2	Tamanho de pústulas primárias de <i>P. polysora</i> em plantas jovens de populações de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 1 e 2.....	46
3	Número estimado de pústulas primárias de <i>P. polysora</i> em plantas jovens de populações de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 1 e 2.....	50
4	Formação de pústulas primárias e secundárias de <i>P. polysora</i> em plantas jovens de populações de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 1 e 2.....	54
5	Severidade média de infecção por <i>P. polysora</i> nas folhas da espiga principal e primeira abaixo, e na área foliar total de plantas adultas de populações de milho, em condições de campo, no experimento 3.....	58
6	Tamanho de pústulas de <i>P. polysora</i> na parte central da folha da espiga principal, em plantas adultas de milho, em condições de campo, no experimento 3.....	60

7	Comprimento médio de pústulas primárias de <i>P. polysora</i> , previamente marcadas, avaliadas logo ao rompimento, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 1ª avaliação.....	63
8	Comprimento médio de pústulas primárias de <i>P. polysora</i> , previamente marcadas, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 2ª avaliação.....	64
9	Comprimento médio de pústulas primárias de <i>P. polysora</i> , previamente marcadas, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 3ª avaliação.....	65
10	Tamanho médio das pústulas primárias de <i>P. polysora</i> , avaliadas logo ao rompimento, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 – 1ª avaliação.....	67
11	Tamanho médio das pústulas primárias de <i>P. polysora</i> , em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 2ª avaliação.....	68
12	Tamanho médio das pústulas primárias de <i>P. polysora</i> , em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em	

	condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 – 3ª avaliação.....	69
13	Número médio de pústulas primárias de <i>P. polysora</i> , avaliadas logo ao rompimento, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 1ª avaliação.....	71
14	Número médio de pústulas de <i>P. polysora</i> em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 2ª avaliação.....	72
15	Número médio de pústulas de <i>P. polysora</i> em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 3ª avaliação.....	73
16	Porcentagem média de pústulas primárias de <i>P. polysora</i> esporulando, avaliadas logo ao rompimento, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - avaliação única.....	75
17	Fase predominante de desenvolvimento de pústulas de <i>P. polysora</i> avaliadas logo ao rompimento, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 1ª avaliação.....	76

18	Fase predominante de desenvolvimento de pústulas de <i>P. polysora</i> em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação experimentos 4 e 5 - 2ª avaliação.....	77
19	Fase predominante de desenvolvimento de pústulas de <i>P. polysora</i> em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação experimentos 4 e 5 - 3ª avaliação.....	78
20	Severidade de infecção por <i>P. polysora</i> , em plantas adultas de linhagens e híbridos de milho, em condições de campo, em duas folhas por planta, experimento 6.....	81
21	Severidade de infecção por <i>P. polysora</i> , na planta inteira, em plantas adultas de linhagens e híbridos de milho, em condições de campo, no experimento 6.....	82
22	Tamanho de pústulas de <i>P. polysora</i> na parte central da folha da espiga, em plantas adultas de linhagens e híbridos de milho, em condições de campo, no experimento 6.....	87

APÊNDICES

Apêndice		Página
1	Análise de variância do tipo de reação à <i>P. polysora</i> de plantas jovens de populações de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 1 e 2.....	116
2	Análise de variância conjunta do tipo de reação à <i>P. polysora</i> de plantas jovens de populações de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 1 e 2.....	116
3	Análise de variância do tamanho de pústulas primárias de <i>P. polysora</i> , em plantas jovens de populações de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 1 e 2...	117
4	Análise de variância conjunta do tamanho de pústulas primárias de <i>P. polysora</i> em plantas jovens de populações de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 1 e 2.....	117
5	Análise de variância do número estimado de pústulas primárias de <i>P. polysora</i> em plantas jovens de populações de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 1 e 2.....	118
6	Análise de variância conjunta do número estimado de pústulas primárias de <i>P. polysora</i> em plantas jovens de populações de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 1 e 2.....	118

7	Análise de variância da formação de pústulas primárias e secundárias de <i>P. polysora</i> em plantas jovens de populações de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 1 e 2.....	119
8	Análise de variância conjunta da formação de pústulas primárias e secundárias de <i>P. polysora</i> em plantas jovens de populações de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 1 e 2.....	119
9	Análise de variância da severidade média de infecção por <i>P. polysora</i> nas folhas da espiga principal e primeira abaixo e na área foliar total de plantas adultas de populações de milho, em condições de campo, experimento 3.....	120
10	Análise de variância do tamanho médio de pústulas de <i>P. polysora</i> em plantas adultas de populações de milho em condições de campo, no experimento 3.....	120
11	Análise de variância do comprimento médio de pústulas primárias de <i>P. polysora</i> , previamente marcadas, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 1ª avaliação.....	121
12	Análise de variância conjunta do comprimento médio de pústulas primárias de <i>P. polysora</i> , previamente marcadas,	

	em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 1ª avaliação.....	121
13	Análise de variância do comprimento médio de pústulas primárias de <i>P. polysora</i> , previamente marcadas, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 2ª avaliação.....	122
14	Análise de variância conjunta do comprimento médio de pústulas primárias de <i>P. polysora</i> , previamente marcadas, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 2ª avaliação.....	122
15	Análise de variância do comprimento médio de pústulas primárias de <i>P. polysora</i> , previamente marcadas em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 3ª avaliação.....	123
16	Análise de variância conjunta do comprimento médio de pústulas primárias de <i>P. polysora</i> , previamente marcadas, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 3ª avaliação.....	123

17	Análise de variância do tamanho médio das pústulas primárias de <i>P. polysora</i> , em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 1ª avaliação.....	124
18	Análise de variância conjunta do tamanho médio das pústulas primárias de <i>P. polysora</i> , em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 1ª avaliação.....	124
19	Análise de variância do tamanho médio das pústulas primárias de <i>P. polysora</i> , em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 2ª avaliação.....	125
20	Análise de variância conjunta do tamanho médio das pústulas primárias de <i>P. polysora</i> , em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 2ª avaliação.....	125
21	Análise de variância do tamanho médio de pústulas primárias de <i>P. polysora</i> , em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 3ª avaliação.....	126
22	Análise de variância conjunta do tamanho médio de pústulas primárias de <i>P. polysora</i> , em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 3ª avaliação.....	126

- 23 Análise de variância do número médio de pústulas primárias de *P. polysora* em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 1ª avaliação..... 127
- 24 Análise de variância conjunta do número médio de pústulas primárias de *P. polysora* em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 1ª avaliação..... 127
- 25 Análise de variância do número médio de pústulas de *P. polysora* em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 2ª avaliação..... 128
- 26 Análise de variância conjunta do número médio de pústulas de *P. polysora* em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 2ª avaliação..... 128
- 27 Análise de variância do número médio de pústulas de *P. polysora* em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 3ª avaliação..... 129
- 28 Análise de variância conjunta do número médio de pústulas de *P. polysora* em plantas jovens de linhagens e

	híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 3ª avaliação.....	129
29	Análise de variância da porcentagem média de pústulas primárias de <i>P. polysora</i> rompidas em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimento 4 - avaliação única.....	130
30	Análise de variância da porcentagem média de pústulas primárias de <i>P. polysora</i> rompidas em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimento 5 - avaliação única.....	130
31	Análise de variância da fase predominante média de desenvolvimento das pústulas de <i>P. polysora</i> em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 1ª avaliação.....	131
32	Análise de variância conjunta da fase predominante média de desenvolvimento das pústulas de <i>P. polysora</i> em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 1ª avaliação.....	131
33	Análise de variância da fase predominante média de desenvolvimento das pústulas de <i>P. polysora</i> em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 2ª avaliação.....	132

34	Análise de variância conjunta da fase predominante média de desenvolvimento das pústulas de <i>P. polysora</i> em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 2ª avaliação.....	132
35	Análise de variância da fase predominante média de desenvolvimento das pústulas de <i>P. polysora</i> em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 3ª avaliação.....	133
36	Análise de variância conjunta da fase predominante média de desenvolvimento das pústulas de <i>P. polysora</i> em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 3ª avaliação.....	133
37	Análise de variância da severidade de infecção por <i>P. polysora</i> avaliada em 2 folhas da planta, em plantas adultas de linhagens e híbridos de milho em condições de campo, no experimento 6.....	134
38	Análise de variância da severidade de infecção por <i>P. polysora</i> na área foliar total da planta, em plantas adultas de linhagens e híbridos de milho, em condições de campo, experimento 6.....	134

39	Análise de variância do tamanho de pústulas de <i>P. polysora</i> em plantas adultas de linhagens e híbridos de milho, em condições de campo, experimento 6.....	135
40	Média da temperatura nos períodos anterior e posterior à inoculação dos experimentos realizados em casa-de-vegetação.....	135
41	Média dos dados climáticos nos períodos anterior e posterior à inoculação dos experimentos realizados em condições de campo	136

**AVALIAÇÃO DE RESISTÊNCIA DO MILHO A FERRUGEM CAUSADA POR
Puccinia polysora UNDERW.**

Autora: GISÈLE MARIA FANTIN

Orientador: PROF. DR. ERIC BALMER

RESUMO

A resistência parcial ou “slow rusting” do milho à ferrugem causada por *Puccinia polysora*, responsável por um desenvolvimento mais lento de epidemias da doença no campo, foi objeto de estudo neste trabalho.

Procurou-se identificar populações de milho (materiais geneticamente heterogêneos) mais resistentes à doença, para posterior uso como fontes de resistência; e trazer informações, através do estudo em linhagens e híbridos (geneticamente homogêneos), sobre a forma como a resistência se manifesta.

Populações, linhagens e híbridos foram avaliados no estágio de planta jovem, em condições de casa-de-vegetação, e no estágio de planta adulta, em condições de campo. As plantas, em casa-de-vegetação, foram inoculadas ao atingirem o estágio de 3 a 4 folhas, e sob condições de campo, em estádios variáveis, entre 4 a 6 folhas. A inoculação constou da deposição de uma suspensão de uredíniosporos de *P. polysora* no cartucho das plantas.

Nas plantas jovens de populações de milho foram estudadas as variáveis: tipo de reação, tamanho e número estimado de pústulas primárias e formação de pústulas primárias e secundárias. Nas plantas jovens de

linhagens e híbridos as principais variáveis estudadas foram: comprimento, tamanho e número de pústulas primárias e porcentagem de pústulas primárias rompidas. Em plantas adultas, tanto de populações como de linhagens e híbridos, foram avaliados o tamanho das pústulas e a severidade da doença em duas folhas e na planta inteira.

Foi necessária a elaboração de escalas diagramáticas para a estimativa do tamanho de pústulas e da severidade da doença em folhas individualizadas, e de uma escala descritiva para a caracterização dos tipos de reação da planta.

O tipo de reação, o tamanho e o número estimado de pústulas primárias, avaliados em plantas jovens de populações, foram as variáveis mais apropriadas para diferenciar estas plantas quanto à resistência. Houve alta correlação destas variáveis entre si e delas com a severidade da doença avaliada em plantas adultas, tanto em duas folhas como na planta inteira. O tamanho de pústulas, avaliado em plantas adultas, também foi eficiente para discriminar níveis de resistência das plantas. Foi possível a identificação de populações resistentes e moderadamente resistentes, tanto em plantas jovens como adultas, através das variáveis descritas.

Nas linhagens e híbridos de milho, em plantas jovens, observou-se que reduções do comprimento, tamanho e número de pústulas primárias estão relacionadas com maior resistência dos materiais testados, e que, em genótipos mais resistentes, a resistência pode se manifestar através de reduções em um maior número destas variáveis que em genótipos moderadamente resistentes. Estas variáveis, relacionadas à quantidade de esporos produzidos, permitiram, de forma geral, a diferenciação dos materiais quanto à resistência. Por outro lado, a porcentagem de pústulas primárias rompidas, relacionada ao tempo para início da produção de esporos, não possibilitou esta discriminação.

Houve maior confiabilidade nos resultados obtidos com materiais geneticamente homogêneos através de experimentos realizados com plantas adultas, em condições de campo. Em algumas linhagens, que apresentaram alto nível de resistência associada a reação clorótica em plantas adultas, foram observados, entretanto, níveis variados de resistência no estágio de planta jovem. Em plantas adultas de linhagens e híbridos, a severidade da doença em duas folhas e na planta inteira e o tamanho de pústulas mostraram-se eficientes na diferenciação da resistência.

**EVALUATION OF CORN RESISTANCE TO SOUTHERN RUST
CAUSED BY *Puccinia polysora* UNDERW.**

Autor: GISÈLE MARIA FANTIN

Adviser: Prof. Dr. ERIC BALMER

SUMMARY

The partial resistance or slow rusting of corn to southern rust, responsible for a slower development of disease epidemics caused by *Puccinia polysora*, in the field, was studied in this work.

The identification of corn populations (materials genetically heterogeneous) more resistant to the disease, for a later use as source of resistance, was obtained, as well as the information, through the study in lines and hybrids (genetically homogeneous) on the way the resistance manifests itself.

Populations, lines and hybrids were evaluated at the stage of young plants under greenhouse conditions, and at the stage of adult plant, under field conditions. Plants, in the greenhouse, were inoculated at the three-to-four-leaf stage and those under field conditions, at variable stages, from four to six leaves. Inoculation consisted of dropping a suspension of *P. polysora* urediniospores into the whorl of the plants.

In young plants of corn populations, the following variables were studied: reaction type, size and estimated number of primary pustules as well as formation of primary and secondary pustules. In young plants of lines and hybrids, the main variables studied were: length, size, number of primary pustules and percentage of ruptured primary pustules. In adult plants of

populations, lines and hybrids the disease severity in two leaves and in the whole plant and the size of pustules were evaluated.

Diagrammatic scales were prepared for the evaluation of disease severity in individual leaves and pustule size; for the characterization of the types of plant reaction a descriptive scale was used.

In young plants of populations, the reaction type, size and estimated number of primary pustules were the most appropriate characteristics to differentiate resistance. In adult plants, the disease severity in two leaves as well as in the whole plant and the size of pustules, were also efficient to discriminate levels of resistance. There was high correlation among these variables and between them and those studied in young plants. The variables described allowed the identification of resistant and moderately resistant populations of plants.

In young plants of lines and hybrids, it was observed that reductions in length, size and number of primary pustules are related to a higher resistance of the materials. It was also observed that, in the most resistant genotypes, the resistance can be expressed by reductions of a larger number of those variables than in moderately resistant genotypes. In general, those variables, related to the quantity of spores produced, allowed the differentiation of the materials. On the other hand, the percentage of ruptured primary pustules, related to the time for the beginning of spore production, did not make this discrimination possible.

Results obtained under field condition with adult plants of genetically homogenous materials were more reliable than those with young plants. In some lines, high resistance level and chlorotic reaction were observed in adult plants; however, those lines, at the stage of young plants, showed variable levels of resistance. In adult plants of lines and hybrids, the disease severity, in two leaves and in the whole plant, and the pustule size showed to be efficient for the differentiation of the plant resistance.

1 INTRODUÇÃO

O milho ocupa posição de destaque na economia nacional e internacional. A produção anual brasileira é atualmente de 32 milhões de toneladas de grãos, ocupando o terceiro lugar mundial depois dos Estados Unidos com 200 milhões e da China com 73 milhões. Nesta década, em diversas regiões do país, foi grande o aumento da área plantada e da tecnologia utilizada na cultura do milho.

Por outro lado, o aumento da área de cultivo, aliado à maior flexibilidade da época de semeadura, tem proporcionado maior manutenção e multiplicação dos patógenos no campo e conseqüentemente, o agravamento das doenças da cultura.

Para o controle das doenças do milho, a medida considerada mais eficiente é o uso de cultivares resistentes. O lançamento de novos cultivares de milho é bastante dinâmico, pois cada cultivar é geralmente comercializado por apenas alguns anos, sendo substituído por materiais cada vez mais produtivos e resistentes. Desta forma, o conhecimento sobre genótipos com potencial para serem utilizados como fontes de resistência aos patógenos é essencial para a obtenção destes cultivares.

A ferrugem causada por *Puccinia polysora* é uma das doenças mais destrutivas à cultura e, nos últimos anos, tem ocorrido em importantes regiões produtoras de milho no Brasil. Em materiais suscetíveis, sob condições ambientais favoráveis, pode causar seca prematura das plantas e grande redução da produção.

Devido à grande variabilidade genética existente em determinados materiais, a obtenção de fontes de resistência à ferrugem polissora pode ser bastante explorada através da seleção de plantas. Poucos trabalhos foram feitos sobre os componentes que influenciam a resistência em genótipos de milho, estes principalmente nos Estados Unidos, sendo raros os resultados obtidos no Brasil, com genótipos de interesse nacional.

Quanto à metodologia de seleção de materiais de milho, existem pontos importantes a considerar: as avaliações realizadas precocemente, em plantas jovens, podem agilizar o processo de obtenção de genótipos resistentes; e estudos conduzidos em condições controladas podem ser realizados em áreas onde epidemias da ferrugem não ocorrem normalmente ou em anos ou épocas que não favorecem o desenvolvimento da doença no campo.

O presente trabalho visa fornecer informações básicas quanto a resistência parcial à *P. polysora* (a qual leva a um desenvolvimento mais lento de epidemias da doença no campo), para auxiliar programas de melhoramento de milho, através da identificação de materiais onde esta resistência pode ser encontrada e de estudos sobre a forma como esta se manifesta, nas condições brasileiras, tendo como principais objetivos:

- a. Avaliar plantas jovens e adultas de materiais geneticamente heterogêneos (populações) através de variáveis relacionadas à resistência, verificar a correlação entre a resistência dos materiais nestes dois estádios de desenvolvimento da planta e indicar as populações mais resistentes.
- b. Estudar a influência das variáveis consideradas como principais componentes da resistência parcial em plantas jovens de materiais homogêneos (linhagens e híbridos) e verificar a relação destas variáveis com a expressão da resistência em plantas adultas.
- c. Estabelecer uma metodologia prática para a avaliação da resistência das plantas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Etiologia do patógeno e sintomatologia da doença

Puccinia polysora é um fungo da sub-divisão Basidiomycotina, classe Teliomycetes, agente causal da ferrugem polissora do milho, também denominada “southern rust” ou, ainda, ferrugem tropical por alguns autores (Shurtleff, 1992; Robinson, 1982).

Este fungo foi primeiramente constatado sobre *Tripsacum dactyloides*, no Alabama, em 1891 (Underwood, 1897), embora posteriormente tenha sido encontrado em uma série de coleções de milho herborizadas provenientes da América Central, datadas anteriormente a 1879, onde foi identificado erroneamente como sendo *Puccinia sorghi* Schw., que é o agente causal da ferrugem comum, a primeira ferrugem identificada sobre milho (Cummins, 1941).

A ferrugem polissora, cujos sintomas lembram os da ferrugem comum, se caracteriza pela presença de pústulas (uredínias) circulares a ovais, medindo 0,2 a 2,0 mm de comprimento e densamente distribuídas pela folha, principalmente na superfície superior. Os teliossoros, quando ocorrem, geralmente aparecem em círculos ao redor das pústulas urediniais. Estes são circulares a alongados, com 0,2 a 0,5 mm de diâmetro, de cor marrom chocolate a preta e permanecem por longo tempo cobertos pela epiderme. Os urediniosporos (produzidos nas uredínias) são de cor amarela a dourada, globosos a ovóides e medem 22-30 x 28-38 μm . As paredes são cobertas por equínulas pequenas e esparsas, possuem 1 a 2 μm de espessura e 4 a 5 poros

equatoriais. Os teliosporos são de cor marrom castanha, lisos, angularmente elipsóides ou ovóides, com pontas arredondadas e medem 16-23 x 25 -50 μm . São bicelulares, constrictos no septo e originam-se de pedicelos curtos (10-30 μ) e persistentes, os quais têm um quarto ou menos do comprimento do esporo. Os teliosporos de *P. polysora* são raros e não são conhecidos germinar. Parecem não ser importantes no ciclo da doença (Shurtleff, 1992).

Quanto à morfologia das estruturas reprodutivas, *P. polysora* pode ser distinguida de *P. sorghi* por esta apresentar urediniosporos mais escuros, cor marrom canela, menores, globosos a elipsóides, moderadamente equinulados, produzidos em uredínias mais alongadas e esparsamente distribuídas na planta. Os teliosporos de *P. sorghi* aparecem na mesma pústula e apresentam paredes mais espessas e pedicelos mais longos. Há ainda, uma terceira ferrugem, denominada ferrugem tropical, de ocorrência mais recente no milho, causada por *Physopella zae* (Mains) Cummins e Ramachar, a qual é identificada por apresentar urediniosporos hialinos, menores que os das duas ferrugens anteriores, e teliosporos sésseis (Shurtleff, 1992).

Estudos com urediniosporos de *P. polysora* demonstraram que estes apresentam melhor germinação dentro da faixa de temperatura de 23 a 28°C (alguns isolados de 26,6 a 27,8°C), mais estreita que a de *P. sorghi*, e germinação reduzida drasticamente a 13 e 30°C. Ao redor de 0,1% dos esporos foram observados germinar a 4,5 e 34°C (Melching, 1975).

Foi constatado que, para ocorrer germinação, é necessária a presença de água na forma líquida na superfície das plantas, e que a efetividade de qualquer duração do período de umidade para promover penetração do fungo é dependente primeiramente da temperatura e também de condições de luz. A faixa ótima para infecção da planta é de 25 a 28°C, com muito rápida diminuição acima de 29°C e abaixo de 23°C. Nenhuma pústula foi observada se formar a 7 ou 31°C. Outros estudos também demonstraram que em temperaturas de 20 a 25°C houve maior produção de pústulas que a 15 ou 30°C e que, nas temperaturas de 20 e 25°C, um encurtamento do período de

umidade de 8 para 4 horas reduziu o número de pústulas em mais da metade. Em geral, 16 horas de orvalho a 15-25°C resultaram em 4 a 8 vezes mais infecções primárias que um período de 4 horas (Melching, 1975). Testes de infecção em períodos de umidade de 2, 4, 8, 12, 16 e 24 horas mostraram que o melhor período de molhamento foi 24 horas e que, nas temperaturas de 25 e 30°C, as pústulas foram observadas se formarem apenas a partir de 4 horas de umidade (Godoy et al., 1996).

A taxa de desenvolvimento da doença parece dependente primariamente da temperatura, embora condições de luz, umidade relativa e estresses de umidade da planta também influenciem. Pústulas de *P. polysora* apareceram entre 7 e 9 dias à temperatura de 24 a 26°C (Robert, 1962), ou entre 6 e 10 dias (Ullstrup, 1965; Melching, 1975). Em plantas mantidas em diversas faixas de temperatura entre 17 e 30°C, o fungo não produziu pústulas até 9 dias nas temperaturas média e alta, e até 11 a 12 dias na faixa mais baixa. Além das plantas levarem mais tempo para esporular quando mantidas em temperatura mais baixa, Melching (1975) cita que uma diminuição da temperatura no período posterior ao da inoculação pode aumentar mais o tempo para início da esporulação do que se as plantas forem mantidas desde o início, nesta faixa inferior de temperatura. Foi observado também, por este autor, pequeno número de pústulas em plantas mantidas inicialmente nas temperaturas mais altas, sendo que o maior número foi em plantas mantidas em temperaturas de 18 a 26°C e o menor em plantas na faixa ao redor de 17°C. As pústulas foram maiores e a esporulação maior nas temperaturas mais altas que nas mais baixas.

O período infeccioso das pústulas dura em média de 15 a 20 dias, quando apenas um número reduzido delas ainda produz poucos esporos (Melching, 1975).

A capacidade de infecção de esporos coletados 11 dias após a inoculação é de 80-99%, atingindo um nível de 45 a 90%, até um declínio errático, em pústulas de 10 dias (Melching, 1975). A viabilidade destes

esporos, depois de coletados, decresce rapidamente, sendo que em condições de ambiente de laboratório pode cair 20% após um dia e praticamente a 0 após uma semana. Entre várias combinações temperatura/umidade testadas, a germinação dos esporos foi mantida melhor entre 12 e 20°C a 15% de umidade relativa, onde caiu de 82 para 35% em 56 dias (Hollier & King, 1985). Estes esporos são normalmente preservados em nitrogênio líquido por um período de até 4 anos (Melching, 1975).

Quanto à sintomatologia, *Puccinia polysora* produz uredínias de forma abundante e uniforme, principalmente na superfície superior da folha, com, ocasionalmente, a presença de pequenas manchas pretas abaixo da epiderme, que são os télios, aparentemente indeiscentes (Cummins, 1941). Este fungo geralmente infecta folhas expostas da planta e a doença se torna progressivamente mais severa quando a planta se desenvolve. Ao contrário, *Puccinia sorghi* ataca o milho mais cedo, e geralmente se estabelece no cartucho da planta. Isto geralmente resulta no desenvolvimento das pústulas em discretas bandas através das folhas, com a banda, em uma folha, localizada mais próxima da ponta que na folha imediatamente inferior da planta. O estabelecimento de *P. sorghi* em plantas de milho, depois que estas atingiram sua altura máxima, não é usualmente grande (Rodrigues-Ardon et al., 1980; Shurtleff, 1992). A mais importante diferença é que *P. polysora* é mais destrutiva e pode causar a morte precoce das plantas de milho, pois folhas com alta infecção amarelecem e secam (Shurtleff, 1992; Melching, 1975; Scott et al., 1984).

A ferrugem polissora foi observada na África apenas em 1949, mas já causando severa epidemia (Rhind et al., 1952). Era considerada de pequena importância nos EUA, na década de 1960, até a ocorrência de epidemias de 1972 a 1974, que levaram Futrell (1975) a estudar o padrão de distribuição da doença, onde observou o rápido aumento da área de ocorrência desta nos anos sucessivos. No Estado de São Paulo esta doença foi observada recentemente, no final da década de 1980, e relatada poucos anos

depois, causando seca prematura de híbridos comerciais suscetíveis (Fantin et al., 1992).

A ocorrência desta ferrugem é favorecida por altas temperaturas, ao redor de 27°C, e alta umidade relativa. A liberação dos esporos é feita por correntes de ar e agitação mecânica, normalmente causadas por vento e chuva. Estes podem ser transportados pelo vento a longas distâncias. Sua sobrevivência no campo depende da planta viva, pois é um patógeno biotrófico (Balmer & Pereira, 1987).

Outros hospedeiros alternativos, além do teosinto (*Euchlaena mexicana*) que foi, possivelmente, o hospedeiro primário das três ferrugens do milho, antes da difusão mundial desta cultura (Savile, 1984) são *Erianthus divaricatus*, *E. alopecuroides* e *Tripsacum* spp. (Shurtleff, 1976). Nenhum hospedeiro intermediário para *P. polysora* foi encontrado (Shurtleff, 1992).

Altitudes acima de 1200 m são desfavoráveis, enquanto aquelas abaixo de 900 m favorecem o estabelecimento da doença (Shurtleff, 1992) embora, na África, tenha sido encontrada também em locais com altitude acima de 2.400 m (Melching, 1975).

Esta ferrugem ocorre nas áreas tropicais e sub tropicais do mundo, abrangendo o leste, oeste e sul da África, sudoeste da Ásia, Filipinas, Austrália, região sul e central da América do Norte, América Central e do Sul e o oeste da Índia (Shurtleff, 1992; Melching, 1975).

2.2 Evolução histórica da pesquisa no patossistema milho-*Puccinia polysora*

Pela ocorrência da epidemia de ferrugem polissora na África, em 1949, que se disseminou rápida e destrutivamente (Melching, 1975; Robinson, 1987), muitos estudos se iniciaram naquela região. Foram testados, na Nigéria,

genótipos de milho de origens diversas, nos quais foi observada uma ampla gama de graus de resistência (Stanton & Cammack, 1953).

Storey & Howland (1957), procurando identificar genes de resistência à ferrugem, buscaram materiais de milho na América Central, região de origem desta doença, onde provavelmente deveriam estar presentes variedades resistentes, pois a cultura se estabeleceu na presença do patógeno.

Estes autores trabalharam com 2 raças de *P. polysora* por eles identificadas anteriormente no Kenya: EA1 (Storey & Ryland, 1954) e EA2 que apareceu em condições de casa-de-vegetação (Ryland & Storey, 1955). Resistência a essas 2 raças foi encontrada, respectivamente, nas linhagens de milho AFRO.29 originária da Colômbia, que contém o gene dominante denominado de Rpp₁, e AFRO.24, de origem mexicana, que contém o gene maior denominado de Rpp₂. A linhagem AFRO.29 foi resistente à raça EA1 e suscetível à raça EA2, embora quanto a esta houvesse uma pequena tendência das uredínias serem menores e se expandirem mais lentamente (modificação possivelmente causada por genes menores). Na linhagem com o gene Rpp₂, este conferiu resistência incompleta igualmente às duas raças. Encontraram também uma ampla variabilidade de reações ao que atribuíram novamente a genes menores. Foi encontrada resistência na linhagem AFRO.27, também originária da América, conferida possivelmente pelo gene Rpp₂ (Storey & Howland, 1959).

Alguns anos mais tarde, estes mesmos autores identificaram uma terceira raça fisiológica (EA3) no Kenya, à qual as linhagens obtidas foram suscetíveis, e pouco tempo depois, encontraram resistência novamente em germoplasma originário do México e Colômbia (Storey & Howland, 1961 e 1962).

Na década de 1960, nos EUA, todos os isolados do fungo obtidos em Indiana eram semelhantes em sua patogenicidade quando inoculados sobre 3 hospedeiros diferenciais (Ullstrup, 1965). As linhagens AFRO.29 e AFRO.24, quando testadas em Indiana, foram completamente suscetíveis aos isolados

nativos, enquanto que uma linhagem, derivada da população de milho denominada P.I. 186208, era resistente (Kramer & Ullstrup, 1959). A última linhagem, quando testada no Kenya, foi suscetível às raças EA1 e EA3.

A resistência das linhagens selecionadas como resistentes, desta forma, se quebrava tão rapidamente que as linhagens melhoradas nunca chegaram a ser lançadas aos agricultores da África, nem mesmo enviadas aos campos de melhoramento. Entretanto, a ferrugem, que ocorreu com alta severidade durante a epidemia de 1949, foi se tornando cada vez menos e menos danosa, fato que aconteceu repetidamente em toda a área tropical da África, e, por terem se passado quase 40 anos antes do levantamento feito por Melching (1975) e Robinson (1987), estes concluíram que a situação era estável.

Durante os 400 anos da cultura do milho na África, no período anterior à epidemia de 1949, na ausência do patógeno, havia provavelmente ocorrido erosão da resistência horizontal das plantas. Essas plantas anteriormente deveriam possuir substancial resistência não específica, pela diversidade das inúmeras entradas de variedades de milho na região. Esta perda de resistência “desnecessária” à doença, sob pressão de seleção negativa, deve ter ocorrido através do declínio da frequência de genes de resistência nas plantas, chegando a um nível muito baixo, manifestado por uma extrema suscetibilidade. Durante a epidemia, a maioria das plantas foram mortas mesmo antes de florescerem. Após a epidemia, os agricultores, através de seleção natural, foram desenvolvendo, gradualmente, nestas variedades locais, resistência suficiente para prover um efetivo controle da doença sem acesso a qualquer fonte de resistência, para o que foram levados de 5 a 7 anos de exposição à ferrugem com 2 cultivos por ano (10 a 15 gerações da cultura). Sob pressão de seleção positiva, nas variedades desta cultura, as quais são de polinização aberta, deve ter havido um aumento da resistência horizontal, causada por um acúmulo na frequência dos genes que conferem esta

resistência. Este tipo de resposta só é possível se há uma razoavelmente ampla base genética (Robinson, 1987).

Após este fato, ainda vários trabalhos foram realizados, principalmente nos EUA, com o objetivo de identificar raças de *P. polysora* e genes de resistência específica em diversas linhagens de milho, os quais demonstram o grande número de raças existentes e a elevada capacidade deste patógeno em produzir novas raças (Balmer & Pereira, 1987).

Robert (1962), em Beltsville (Maryland), diferenciou seis novas raças de *P. polysora* (PP.3, PP.4, PP.5, PP.6, PP.7 e PP.8). Ullstrup (1965), em Indiana, identificou o gene de resistência à raça lá existente, então identificada e denominada PP.9, em uma linhagem derivada da população PI 186208, de origem argentina, ao qual denominou Rpp₉. Em uma linhagem denominada B1138TRpp, originária de uma variedade do sul da África, Futrell et al. (1975) encontraram um gene dominante, o qual também conferia resistência à raça 9 de *P. polysora*. Treze raças de *P. polysora*, sete delas sendo as de número 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9, foram encontradas por Yeh (1986) em Taiwan, das quais seis foram identificadas pela primeira vez, às quais denominou 10, 11, 12, 13, 15 e 16.

A partir da ocorrência das epidemias de ferrugem de 1972 a 1974 nos EUA, e o rápido aumento da área de distribuição da doença, atribuídos às práticas culturais utilizadas (2 plantios/ano) e à suscetibilidade genética da cultura (Futrell, 1975), vários pesquisadores começaram a estudar a resistência à doença sob um novo ângulo. Este autor, já em 1975, ressalta a importância da utilização da resistência poligênica, que pode estar combinada com a monogênica, e que esta sozinha deveria ser usada apenas como último recurso, como uma medida provisória, pois o uso indiscriminado de resistência com um único gene oferece às novas raças virulentas do patógeno uma oportunidade de aumentar. Harlan (1972) aponta que a base genética de muitas culturas tem sido diminuída no melhoramento para alta produtividade, e que apenas 3 linhagens de milho compunham, na época, quase 50% do

material utilizado nos EUA, sendo todas suscetíveis a *P. polysora*. Salienta também que uma base genética estreita proporciona um ambiente genético favorável para o aumento destrutivo de novas raças do patógeno.

Na década de 1980, vários autores passaram a estudar o desenvolvimento de epidemias da doença. Raid et al. (1988), pelo fato da maioria dos cultivares nos EUA serem suscetíveis, estudaram a velocidade de dispersão da doença, obtiveram a área sob a curva de progresso da doença, a qual se correlacionou com os danos. Rodrigues-Ardon et al. (1980) estudaram os danos causados pela *P. polysora* em cruzamentos de linhagens suscetíveis com duas linhagens quase isogênicas, B37 e B37R, sendo que na segunda havia sido incorporado um gene de resistência à *P. polysora*. Encontraram diferença de redução média na produção de 4, 23 e 45%, respectivamente, em 3 plantios consecutivos quinzenais, reforçando as observações de Futrell em 1975, que atribuiu o rápido aumento da ferrugem à realização de dois plantios por ano, associados à suscetibilidade da cultura. Rodrigues-Ardon et al. (1980) também observaram que em cruzamentos de linhagens suscetíveis com a linhagem Mp 496, com nível intermediário de resistência, esta foi efetiva em reduzir os danos causados pela doença, principalmente a partir do segundo plantio consecutivo, quando a severidade da doença foi maior. King & Scott (1982) estudaram o desenvolvimento da doença em milho plantado em épocas consecutivas (comparando plantas em diferentes estádios de desenvolvimento fisiológico) e observaram que a suscetibilidade das folhas inferiores não varia significativamente com a maturidade da planta, e que o atraso do surgimento da doença nas folhas superiores é, provavelmente, devido mais aos fatores ambientais que à resistência ao patógeno.

No patossistema milho - *Puccinia sorghi* também passou a ser dada importância ao uso da resistência generalizada às raças do patógeno. Esta resistência é efetiva a todas as raças e geralmente incompleta ou parcial. Desta forma passou a haver interesse em estudar a resistência que se manifesta de forma parcial. A resistência parcial, no caso de ferrugens

denominada de “slow-rusting”, leva a um desenvolvimento mais lento de epidemias da doença no campo. Foram iniciados, então, estudos sobre os componentes deste tipo de resistência. Zeyen et al. (1984), devido à pouca estabilidade da resistência específica do milho a raças de *P. sorghi*, enfatizaram a importância de selecionar para altos níveis de resistência parcial antes de fazer um programa de retrocruzamento para resistência específica. Pataky (1986) encontrou que os componentes da resistência parcial relacionados à reprodução de *P. sorghi* (número de lesões, número de uredínias esporulantes, número de uredínias por lesão, tamanho da uredínia e produção de uredíniosporos) variaram entre os híbridos no estágio de 5-6 folhas. Concluiu que a resistência parcial pode ser detectada no estágio de plântula, expressa como redução em vários componentes do ciclo de infecção, possibilitando uma seleção antes da antese, ao contrário de Hooker (1969 e 1985) que acreditava que os componentes da resistência parcial eram expressos apenas no estágio de planta adulta. Ainda Pataky (1986), por outro lado, não encontrou diferença entre genótipos, quanto a resistência à ferrugem comum, através dos componentes relacionados ao tempo (período latente, período infeccioso e número de pústulas esporulando).

A partir destes trabalhos, iniciaram-se os estudos relacionados à resistência parcial e seus componentes também no patossistema milho - *Puccinia polysora*. Bailey et al. (1987), estudando epidemias causadas por *P. polysora* em milho, encontraram que a área sob a curva de progresso da doença (ASCPD) discriminou melhor a resistência parcial à ferrugem ou “slow-rusting” no campo do que a densidade de pústulas, embora a correlação entre esses dois métodos de avaliação tenha sido alta. Concluíram que a ASCPD parece dar uma avaliação mais estável do “slow rusting”, sendo menos afetada pela época de avaliação e flutuações ambientais, e tem a vantagem potencial de mostrar mudanças nas respostas com as mudanças na maturidade das plantas, o que as avaliações individuais poderiam não identificar.

Ru-Hong¹ et al., citados por Zummo (1988), descreveram a resistência "slow-rusting" à *P. polysora* em milho baseada em período latente mais longo, menos uredíniosporos produzidos por unidade de área foliar, menor frequência de infecção em termos de número de pústulas e tipo de infecção inferior.

Zummo (1988) estudou vários componentes da resistência relacionados à reprodução de patógenos, que foram 4 características da uredínia produzida no milho pela *P. polysora* (incidência, tamanho, tumescência e esporulação), em condições de casa-de-vegetação e campo. Concluiu que estas poderiam ser utilizadas para diferenciar genótipos de milho quanto a resistência parcial à ferrugem. Encontrou alguma variação destes caracteres em cada genótipo devido a diferenças de ambiente, mas a ordem de classificação destes materiais permaneceu constante. Ressaltou a importância de selecionar genótipos através destas características em casa-de-vegetação, em áreas onde epidemias da doença não ocorrem normalmente ou quando as condições ambientais não favorecem a doença.

Scott & Zummo (1989) estudaram a herança da resistência parcial, para o que obtiveram cruzamentos entre linhagens suscetíveis, de linhagens possuindo resistência parcial com uma linhagem suscetível CI21, como também entre as de resistência parcial. Encontraram nestes últimos um menor número de pústulas, altamente significativo. As pústulas que se desenvolveram também foram significativamente menores. O período latente chegou a ser mais longo para o grupo de cruzamentos entre linhagens com resistência parcial comparado ao grupo dos cruzamentos mais suscetíveis. Por outro lado, comparando cruzamentos entre plantas suscetíveis e destas com as possuindo resistência parcial, observaram um número significativamente menor de pústulas no segundo grupo, embora nenhuma diferença significativa foi

¹ RU-HONG, Z.; KING, S.B.; SCOTT, G.E. **A study of slow rusting of southern rust of corn: preliminary report state college.** Mississippi Agricultural Forestry Experiment Station, 1983. 6p. (Bulletin, 925).

detectada entre estes dois grupos em relação ao tamanho de pústulas ou porcentagem de pústulas rompidas. Estes autores discutiram sobre as várias características do “slow-rusting” e acreditam que, se o genótipo tem genes de resistência para mais de uma característica, o efeito será cumulativo.

Salgado et al. (1996) encontraram diferenças entre linhagens de milho para resistência a *P. polysora* em condições de casa-de-vegetação para as variáveis comprimento e número total de lesões, e em condições de campo, para a variável severidade, mas não observaram correlação entre elas.

2.3 Metodologia utilizada e conceitos envolvidos em estudos de resistência

Plântulas e plantas jovens de milho, em condições de casa-de-vegetação, tem sido comumente utilizadas em estudos de resistência à ferrugem. Estas são geralmente inoculadas desde o estágio de 2 a 3 folhas até 5 a 6 folhas, através de métodos simples como pincelamento, polvilhamento ou pulverização de suspensão de esporos, seguidos por período de câmara úmida ou de umidade (Storey & Howland, 1957 e 1959; Robert, 1962; Ullstrup, 1965; Futrell et al., 1975; Melching, 1975; Scott et al., 1984); colocação de suspensão de inóculo no cartucho das plantas (Oliveira, 1980; Pataky, 1986; Carvalho, 1995) até métodos mais elaborados, com uso de câmaras denominadas de “spore settling tower” (Zummo, 1988).

Para a inoculação de plantas no campo, os dois primeiros métodos são citados (Zummo, 1988; Bailey et al., 1987; Carvalho, 1995).

A avaliação da reação de plantas inoculadas com patógenos biotróficos, como os agentes causais de ferrugens e mildios, é amplamente realizada pela classificação em tipos de infecção (Parlevliet, 1979). Já em 1926, Mains, trabalhando com *Puccinia sorghi*, observou vários graus de resistência do milho a esse patógeno, onde o genótipo mais suscetível

apresentou uma grande quantidade de uredínias grandes e bem desenvolvidas sem, no início, qualquer clorose pronunciada ao redor destas, e com o aumento da resistência ocorreu uma diminuição no número e tamanho das uredínias, estas em alguns casos com clorose, e houve aumento na proporção de pontos necróticos sem uredínias, até os altamente resistentes, apresentando apenas leves pontos cloróticos (hipersensibilidade). Observou também maior influência de pequenas variações ambientais em alguns genótipos que em outros.

Nos trabalhos iniciais realizados com *P. polysora*, vários autores utilizaram o seguinte sistema de classificação qualitativa em tipos de reação, adaptado de Stakman et al. (1944) elaborado para a ferrugem do colmo do trigo:

- **Classe 0** - ausência de sintomas; **classe 01** - pontos cloróticos ou pequenas lesões necróticas; **classe 1** - lesões iniciando como na classe 01, mas desenvolvendo poucas ou pequenas uredínias, cuja frequência era indicada pelos sinais "--" a "++"; **classe 4** - uredínias começando a abrir aos 8 a 10 dias, formando esporos livremente, algumas vezes se expandindo por anéis de soros secundários, clorose variável mas tipicamente não mais que leve descoloração, raramente um halo amarelo difuso ao redor da uredínia; **classe X** - intermediária entre as classes 1 e 4, uredínias pequenas e grandes misturadas.

O tipo **X** era interpretado de diferentes formas, dependendo dos autores ou do trabalho. Foi considerado como reação de resistência raça-específica por Storey & Howland em 1957; como resistência incompleta associada a baixa resistência horizontal por estes mesmos autores em 1959; como suscetibilidade por Ullstrup em 1965 ou ainda como reação intermediária ou mista, não compreendida completamente, por Robert em 1962, que, pela presença de pústulas grandes, a enquadrava como suscetível.

Outras escalas foram também utilizadas, onde os tipos de reação variavam de 0 (hipersensibilidade) até 4 (alta suscetibilidade), sendo que os tipos 1, 2 e 3 descrevem pústulas com halo clorótico, e esporulação progressiva. Estas classes intermediárias, dependendo da situação, podiam

ser consideradas dentro da classe próxima, a 3 como suscetível e a 1 e 2 como resistentes (Parlevliet, 1979; Futrell et al., 1975 e Scott et al., 1984).

A resistência conferida pelos tipos de infecção inferiores é, muitas vezes, raça específica e herdada de maneira simples, mas a variável tipo de reação permite uma classificação das plantas em parte qualitativa e em parte quantitativa (Parlevliet, 1979; Hooker, 1967). Mesmo em plantas da classe suscetível, Storey & Ryland em 1954 já haviam observado alguma variação entre tamanho, freqüência de soros e extensão da clorose, embora estas diferenças não fossem consideradas em suas avaliações. Vários autores, principalmente em trabalhos mais recentes, exploraram com mais detalhes a discriminação da resistência do milho às várias ferrugens através dos tipos de reação e citam ocorrência de lesões cloróticas ou halo clorótico ao redor de lesões em genótipos resistentes (Oliveira, 1980; Carvalho, 1995; Pataky, 1987; Hulbert et al., 1991; Ullstrup, 1965).

A reação de hipersensibilidade, manifestação do controle da planta à infecção pelo patógeno, é freqüentemente atribuída à resistência vertical (Robinson, 1987; Parlevliet, 1979), que, por definição é aquela em que ocorre interação diferencial significativa quando uma série de diferentes isolados de um patógeno é inoculada em uma série de diferentes genótipos do hospedeiro, ou seja, é raça-específica, envolvendo mecanismos de defesa do hospedeiro que estão dentro da capacidade do patógeno vencer (Vanderplank, 1984; Bergamin Filho & Kimati, 1978). Esta resistência é geralmente completa, manifestada qualitativamente, sendo controlada monogênica ou oligogenicamente, não influenciada pelo ambiente ou pela ontogenia da planta, mas instável (Robinson, 1987; Balmer & Pereira, 1987).

A infecção da planta pelo patógeno também pode ser controlada pela resistência horizontal, levando, em termos gerais, a um menor número de lesões menores. Essa resistência resulta de muitos mecanismos que, coletivamente, restringem não só a taxa de infecção, como a colonização do hospedeiro e a reprodução do parasita. Resistência horizontal é definida como

aquela em que não ocorre interação diferencial significativa quando uma série de diferentes isolados de um patógeno é inoculada em uma série de diferentes genótipos do hospedeiro, isto é, opera igualmente contra todas as raças do patógeno, envolvendo mecanismos que estão além da capacidade do patógeno vencer. Esta resistência é essencialmente poligênica, herdada quantitativamente, exibe variação contínua, é grandemente influenciada pelo ambiente e pelo vigor da planta, tende a aumentar com a idade do hospedeiro, é duradoura, mas incompleta (Vanderplank, 1984; Bergamin Filho & Kimati, 1978; Robinson, 1987; Balmer & Pereira, 1987). A resistência horizontal também tem sido referida como resistência de planta adulta, de campo, geral e poligênica (Robinson, 1987; Hooker, 1967). Apesar da resistência horizontal ser definida como poligênica, em estudos recentes com o uso de marcadores moleculares, foram desenvolvidos métodos que, preliminarmente, não revelaram um grande número de genes envolvidos, como seria de se esperar, no caso da resistência poligênica (Camargo, 1995).

A resistência horizontal pode ser quantificada por diversas variáveis às quais influencia como: número e tamanho de lesões, produção de esporos, período latente e período infeccioso das lesões. Estas, entre outras, diminuem a velocidade de desenvolvimento da doença no campo, dada pela taxa aparente de infecção, sendo componentes da resistência parcial, que no caso das ferrugens é denominado de "slow rusting" (Van Der Plank, 1984; Robinson, 1987, Hooker, 1967; Parlevliet, 1979; Scott & Zummo, 1989 e Zummo, 1988). O desenvolvimento das pústulas causadas por *Physopella zae* em milho, estudado por Carvalho, em 1995, é dado pela formação inicial de uma pústula primária e posterior formação de pústulas secundárias, em geral menores, ao redor da primária. Este autor observou que materiais mais resistentes apresentaram ausência ou menor número de pústulas secundárias. Outros componentes da resistência, como o tipo de infecção, também podem reduzir a taxa aparente de infecção independente de serem ou não raça-específicos (Parlevliet, 1979).

A resistência vertical, que em alguns casos também pode ser parcial, incompleta ou quantitativa, já foi identificada em algumas ferrugens de cereais como eficiente por muitos anos (Browder, 1973; Vanderplank, 1984; Johnson, 1981), embora Robinson (1987) considere estes fatos como de pequena ocorrência. Pelo fato da resistência vertical, mesmo quando parcial, ser também como regra instável, existem alguns métodos, sugeridos por Hooker (1967) e Robinson (1987) para separar este tipo de resistência da resistência horizontal no melhoramento, mas para os quais é necessário trabalhar com determinadas raças do patógeno.

Devido à dificuldade de se diferenciar os tipos de resistência, Parlevliet (1993) cita que não há nenhuma garantia de que a resistência selecionada seja estável, e que apenas o tempo e a exposição podem nos dar a última evidência. Com efeito, a resistência horizontal normalmente tem sido indicada, com maior ou menor grau de confiabilidade, através de uma série de evidências que podem ser úteis quando analisadas em conjunto: informações históricas sobre a origem do material e o comportamento estável de variedades antigas, monitoramento geográfico sobre a sua estabilidade em plantios em grandes áreas, evidências genéticas de herança poligênica, ausência de interação diferencial entre patótipos e patodemes, evidências mecânicas pela expressão da resistência através de mecanismos além da capacidade de mudança do patógeno ou com efeito parcial, evidências epidemiológicas de diminuição da taxa de desenvolvimento da doença e possibilidade de melhoramento utilizando seleção massal e recorrente, entre outras (Robinson, 1973; Sidhu, 1975; Vanderplank, 1963).

Em milho, tem sido muito comum a expressão da resistência através da baixa frequência de infecção (Hooker, 1967). A resistência de planta adulta, que é de grande importância prática, já foi observada em muitas culturas e também em milho, para *Puccinia sorghi*, em genótipos que se mostraram suscetíveis no estágio de plântulas. Esta aparentemente é efetiva contra todos os biótipos do patógeno (Hooker, 1967; Kim, 1993).

Quanto à época de avaliação, para doenças de juro compostos, em experimentos no campo, alguns autores sugerem que esta seja feita no pico da epidemia, ou várias vezes entre o início e o final da epidemia (Parlevliet, 1979), mas a resistência dos genótipos pode ser subestimada pela interferência entre parcelas, a qual pode ser grandemente diminuída, entre outros fatores, pela avaliação antes do pico da epidemia (Randle et al., 1986) e evitada pela utilização de padrões resistentes e suscetíveis, com os quais se pode corrigir subestimativas da resistência parcial nos genótipos testados (Bailey et al., 1987; Broers & Lopez-Atilano, 1995). O uso de padrões resistentes e suscetíveis também é importante para contornar a influência do ambiente (Bailey et al., 1987).

Nas seleções de plantas em uma população segregante, como ocorre na seleção massal, a interferência entre plantas é inevitável, e deve ser contornada pela capacidade do avaliador em discriminar pequenas diferenças (Robinson, 1987). A utilização de escalas diagramáticas, como auxiliares na estimativa da severidade da doença, permite aumentar a acurácia e precisão da quantificação da doença nas plantas (Amorim, 1995). Várias escalas tem sido citadas, para auxiliar na estimativa da área foliar infectada por ferrugem, em várias culturas, desde a proposta por Cobb em 1892 (Horsfall & Cowling, 1978), com ilustrações de partes de folhas de trigo com diferentes severidades. Recentemente foram elaboradas escalas para avaliação da severidade de ferrugens em milho, com ilustração de plantas inteiras (Agrocere, 1993).

Escalas diagramáticas, usadas para auxiliar na estimativa do tamanho de pústulas de ferrugem, são citadas por Bassanezi (1995) e Lamauti (1995) no patossistema feijão - *Uromyces appendiculatus*.

O melhoramento genético em milho visa essencialmente duas alternativas: obtenção de uma população melhorada ou obtenção de uma geração F1 com as características desejadas. Já é amplamente conhecido que para se obter melhores milhos híbridos será necessário contar com populações melhoradas. O melhoramento de populações, entre outros fatores, depende de

um estudo do material básico, sua composição e estrutura genética com vistas ao processo a ser obtido a curto ou longo prazo pelos diferentes métodos de melhoramento. A obtenção de populações superiores pode ser tanto para que estas sejam utilizadas conforme as finalidades desejadas, podendo ser também utilizadas para produção de híbridos intervarietais e, em grande parte, como fonte de novas linhagens para a obtenção de híbridos superiores (Paterniani & Miranda Filho, 1987).

Em populações segregantes, geneticamente heterogêneas, Parlevliet (1993) sugere que, na seleção para doenças cujos patógenos formam raças facilmente, sejam eliminadas não só as plantas mais suscetíveis, como aquelas que não apresentam nenhuma doença, as quais possivelmente carregam genes maiores de resistência, que não deveriam ser selecionados. Por outro lado, Hooker (1967) discute que a multiplicação seletiva de raças virulentas em plantas com resistência específica, dentro de uma variedade, pode ser inibida pela resistência não específica das demais plantas, a qual, na presença de uma mistura de raças, não vai exercer pressão de seleção para a multiplicação de determinadas raças. O inóculo será compreendido principalmente por raças avirulentas e a efetividade das plantas hospedeiras com resistência específica será aumentada.

De maneira geral, considera-se segura e economicamente viável a obtenção de materiais de milho com resistência horizontal, e embora alguns autores enfatizem o uso da resistência horizontal no controle de doenças como a ferrugem, causada por fungos com grande capacidade de formar novas raças e facilmente disseminados pelo vento (Melching, 1975; Robinson, 1987), vários autores ressaltam o valor do uso combinado da resistência horizontal com a vertical, onde, em plantas selecionadas para alta resistência horizontal possa ser incorporada a resistência vertical (Vanderplank, 1984; Bergamin Filho & Kimati, 1978; Balmer & Pereira, 1987).

Pela dificuldade de se confirmar, na prática, a resistência horizontal, cuja característica mais valiosa é sua durabilidade, e pela

possibilidade da resistência vertical, em alguns casos, ser duradoura, um outro conceito de resistência, denominado de resistência durável foi definido por Johnson (1981). Este autor define resistência durável como sendo aquela que permanece efetiva enquanto o cultivar que a possui seja amplamente cultivado, independente de implicações sobre o controle genético da resistência, seu mecanismo, seu grau de expressão ou sua especificidade a raças. Além disso, o reconhecimento da resistência durável não implica que ela permanecerá sempre efetiva. Este autor ressalta o valor do uso de cultivares com resistência durável em programas de melhoramento.

A resistência parcial, pela grande probabilidade de ser durável, vem sendo muito estudada ultimamente na busca de plantas resistentes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Obtenção e manutenção do isolado do patógeno

Foi utilizado um isolado monopustular de *P. polysora* para inoculação dos experimentos realizados em condições de casa-de-vegetação e de campo. Este isolado foi obtido a partir de uma pústula em planta doente na área da ESALQ, em Piracicaba-SP, de onde os uredíniosporos foram retirados com uma espátula, e a inoculação realizada em uma planta suscetível, em casa-de-vegetação, através da deposição dos esporos no cartucho, seguida da adição de gotas de água destilada. Após o surgimento das pústulas, novamente uma pústula isolada foi utilizada para inoculação em outra planta. Este procedimento foi repetido 6 vezes para purificação do isolado do patógeno.

Após obtido o isolado purificado, este foi mantido e multiplicado através da colocação de suspensões de uredíniosporos no cartucho de plantas suscetíveis. Uredíniosporos do isolado purificado utilizado neste trabalho foram armazenados em nitrogênio líquido para conservação.

3.2 Teste de concentração ideal de inóculo

Foram utilizados vasos com capacidade de 2 litros, com 5 plantas do híbrido P3069, com alto grau de suscetibilidade (Silva²). As plantas, no

² SILVA, H.P. (Zeneca Sementes). Comunicação pessoal, 1995.

estádio de 3 a 4 folhas, foram inoculadas com o isolado monopustular de *P. polysora* através da deposição, no cartucho, com uma pipeta de Pasteur, de duas gotas de suspensões de uredíniosporos. Os tratamentos consistiram das seguintes concentrações: 10^2 , 5×10^2 , 10^3 , 5×10^3 , 10^4 e 2×10^4 uredíniosporos/ml de água destilada, à qual havia sido adicionada uma gota de Tween 20 por 200 ml. Cada parcela foi representada por um vaso, sendo feitas 5 repetições.

As avaliações foram realizadas 14 dias após a inoculação, verificando-se a distribuição das pústulas nos painéis de infecção, e selecionando-se como concentração adequada, aquela que originava um número suficiente de pústulas individualizadas, que permitissem a caracterização da reação da planta, para utilização como concentração de inóculo nos estudos de resistência.

3.3 Avaliação da resistência em populações de milho

Seis populações de milho foram comparadas quanto à resistência a *P. polysora* com um padrão suscetível no estágio de planta jovem em condições de casa-de-vegetação e no estágio de planta adulta em condições de campo.

As populações de milho testadas foram as seguintes:

1. CPA-02 - Sintético restaurador dentado, formado a partir de 7 linhagens elite restauradoras da macho esterilidade "Charua", oriundas da Agroceres (Rezende³).

³ RESENDE, I.C. (Sementes Agroceres). Comunicação pessoal, 1995.

2. CPA-04 - Sintético formado a partir da recombinação de 10 linhagens S₄, de grãos semi-duros alaranjados, oriundas da população 42 do CIMMYT (Eto x Illinois = branca), com alta capacidade de combinação (Rezende³).
3. CPA-19 - Composto formado pelas populações Amarillo Cristalino, Suwan, Antigua x Vera Cruz selecionado com grãos semi-dentados a flint, de cor amarela (Rezende³).
4. PA-111 - Sintético tropical amarelo QPM, com alta qualidade protéica, originário do CIMMYT (Rezende³).
5. PA-87 - População Suwan 2 do CIMMYT, de grãos semi-duros, de coloração amarelo-alaranjada (Rezende³).
6. BR106 - Variedade obtida a partir de milhos tropicais da raça Tuxpeño, comercializada pela EMBRAPA.

Foi utilizado como padrão suscetível o híbrido simples P3069.

3.3.1 Variáveis avaliadas em plantas jovens de populações em condições de casa-de-vegetação, experimentos 1 e 2

Foram realizados dois experimentos, com as seis populações e o híbrido padrão, nos quais foram utilizadas amostras de 144 plantas para cada material. Estes foram semeados em caixas de 50 x 30 cm, com capacidade para 9 litros, com 36 plantas por caixa, totalizando 4 caixas por tratamento, as quais foram estratificadas em 4 blocos casualizados. As plantas foram adubadas semanalmente com 300 ml, por caixa, de uma solução 0,5% do adubo farelado "Ouro Verde tradicional" contendo macro e micronutrientes.

Ao atingirem o estágio de 3 a 4 folhas, as plantas foram inoculadas colocando-se, no cartucho de cada planta, duas gotas de uma suspensão com 5×10^3 uredíniosporos de *P. polysora* por ml, concentração esta definida preliminarmente no Teste de concentração ideal de inóculo (item 3.2).

As avaliações foram realizadas em todas as plantas, na área foliar inoculada, geralmente na quarta folha, aos 15 e 16 dias após a inoculação, tempo este suficiente para o desenvolvimento de pústulas em materiais suscetíveis. A classificação das plantas foi realizada quanto às variáveis: tipo de reação, tamanho de pústulas primárias, número estimado de pústulas primárias e formação de pústulas primárias e secundárias. Para cada variável avaliada, foram realizadas distribuições de frequência de cada população comparada ao híbrido padrão, agrupando as plantas em classes, e foram feitas comparações de médias dos tratamentos.

Foi obtida a correlação de Pearson entre as variáveis dentro de cada experimento, pelo fato de serem variáveis contínuas, e a correlação canônica entre os experimentos, a qual é utilizada para medir a associação entre grupos de variáveis que são semelhantes dentro do grupo e apresentam diferenças entre grupos. Os dados foram transformados quando não atendiam as pressuposições da análise de variância como: homogeneidade de variância de tratamentos, normalidade dos resíduos e ausência de valores discrepantes. A transformação utilizada foi escolhida com auxílio de programas estatísticos.

Foi realizada análise de variância para cada variável e feitos testes de significância (Tukey) entre os tratamentos. Também foi feita análise conjunta de cada variável entre os dois experimentos.

Foi obtido o coeficiente de variação, C.V.(%) das variáveis, o qual dá idéia da precisão do experimento. Este, sendo uma medida relativa de dispersão, permite a comparação da variabilidade de diferentes variáveis.

3.3.1.1 Tipo de reação em plantas jovens de populações

O tipo de reação foi estimado com auxílio da seguinte escala descritiva elaborada a partir de observações preliminares, enquadrando as plantas dentro das seguintes classes de tipo de reação:

1. ausência de sintomas;
2. presença de pontos cloróticos e/ou necróticos, ocasionalmente formação de pústulas muito pequenas ($\leq 0,2$ mm de comprimento), sem rompimento da epiderme da folha;
3. predominância de pequenas pústulas esporulando ($> 0,2$ e $\leq 0,5$ mm de comprimento) com presença de pontos cloróticos;
4. presença de pústulas esporulando, com predominância de pústulas de formato arredondado ($> 0,5$ e $\leq 0,7$ mm de comprimento);
5. presença predominante de pústulas de formato arredondado e alongado ($> 0,7$ e $\leq 1,0$ mm de comprimento);
6. presença predominante de pústulas de formato alongado ($> 1,0$ mm de comprimento).

3.3.1.2 Tamanho de pústulas primárias em plantas jovens de populações

As plantas jovens de populações foram avaliadas quanto ao tamanho das pústulas primárias. O tamanho das pústulas foi estimado com auxílio de uma escala diagramática elaborada para esse fim, sendo as plantas

enquadradas em classes de 1 a 7, onde 1= ausência de pústulas e 2 a 7= presença de pústulas com medidas aproximadas aos tamanhos de 0,25 x 0,2; 0,5 x 0,4; 0,7 x 0,45; 1,0 x 0,5; 1,3 x 0,55 e 1,8 x 0,6 mm, os quais correspondem às notas de 1 a 6, respectivamente, da Figura 1.

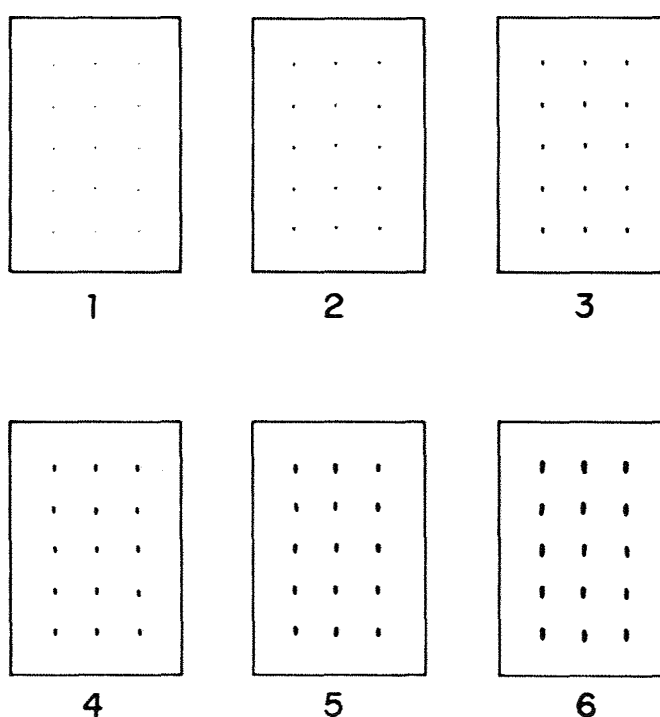


Figura 1. Escala representativa de tamanhos de pústulas de ferrugem polissora em milho, onde as notas 1 a 6 correspondem, respectivamente, aos tamanhos de 0,25 x 0,2; 0,5 x 0,4; 0,7 x 0,45; 1,0 x 0,5; 1,3 x 0,55 e 1,8 x 0,6 mm.

3.3.1.3 Número estimado de pústulas primárias em plantas jovens de populações

A frequência de pústulas primárias por planta, na área foliar inoculada, foi estimada com o auxílio de uma escala diagramática com ilustração de 5, 10, 20, 30 e 50 pústulas, classificando as plantas em notas de 1 a 7 que correspondem, respectivamente a: ausência de pústulas; 1 a 5 pústulas; 6 a 10; 11 a 20; 21 a 30; 31 a 50 e mais de 50 pústulas.

3.3.1.4 Formação de pústulas primárias e secundárias em plantas jovens de populações

Cada planta das populações foi avaliada quanto à presença de pústulas primárias e à porcentagem destas apresentando pústulas secundárias.

As plantas foram classificadas com auxílio de uma escala de notas variando de 1 a 5, sendo 1 = ausência de pústulas; 2 = presença apenas de pústulas primárias; 3 = até 30% de pústulas primárias com formação de pústulas secundárias; 4 = de 30 a 70% e 5 = mais de 70%.

3.3.2 Variáveis avaliadas em plantas adultas de populações em condições de campo, experimento 3

As seis populações segregantes de milho, descritas no item 3.3, e o híbrido suscetível padrão (P3069) foram utilizados como tratamentos para o experimento de campo. Este foi semeado em 18/12/95, em uma área do campo experimental do Departamento de Fitopatologia da ESALQ.

O delineamento foi em blocos casualizados com 4 repetições, sendo cada parcela representada por 4 linhas de 3 metros. O espaçamento

entre linhas foi de 1 m e entre plantas de 0,2 m. Como bordadura, foi incluída uma linha nas laterais e 1 m no início do experimento com o híbrido AG8010, moderadamente resistente a esta ferrugem.

A adubação foi realizada conforme análise de solo, aplicando-se no plantio doses equivalentes a 15 kg de N, 20 kg de P_2O_5 e 30 kg de K_2O por ha na forma de uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio. Foram realizadas adubações de cobertura, aos 15 e 35 dias da semeadura com nitrogênio e enxofre na forma de uréia e sulfato de amônio aplicando, no total, doses relativas a 80 kg de N e 20 kg de S por ha. Foram feitas 4 aplicações semanais do inseticida deltamethrine (Decis 25 CE), a partir de 10 dias da semeadura, para controle de lagartas e também de cigarrinhas transmissoras de outras doenças como enfezamentos e viroses. O experimento foi irrigado sempre que necessário.

As plantas foram inoculadas no estágio de 4 a 5 folhas com uma suspensão de uredíniosporos do isolado purificado, multiplicado em plantas suscetíveis, em casa-de-vegetação. A inoculação consistiu da deposição, no cartucho das plantas das 2 linhas centrais de cada parcela, de 0,5 ml de uma suspensão com 8×10^3 uredíniosporos/ml, com auxílio de pipetas automáticas.

As avaliações da doença resultante da epidemia artificialmente induzida foram realizadas através das variáveis: severidade da doença em duas folhas e na planta inteira, duas semanas após o florescimento médio das plantas, considerando-se como parcela útil as 2 linhas centrais da parcela. O tamanho de pústulas também foi avaliado na mesma época.

Foi obtida a correlação de Pearson entre estas variáveis e destas com as obtidas em plantas jovens, em casa-de-vegetação. Foi feita correlação canônica entre este experimento e os experimentos 1 e 2. Foi realizada análise de variância e obtido o coeficiente de variação, e também realizados testes de significância entre os tratamentos. A transformação dos dados para análise foi feita quando necessário.

3.3.2.1 Severidade da doença em plantas adultas de populações

Todas as plantas das linhas centrais das parcelas foram avaliadas quanto à severidade da doença nas folhas da espiga principal e primeira abaixo, com auxílio de uma escala diagramática, elaborada para este fim, representando 0,1; 0,3; 0,7; 2; 5; 12; 27 e 50% de área foliar infectada (Figura 2). As plantas foram também avaliadas quanto à severidade média da doença no tecido foliar total, através de notas variando de 1 a 9, correspondendo aos níveis de 0; 1; 2,5; 5; 10; 25; 50; 75 e maior que 75%, respectivamente, de área foliar afetada, segundo a escala diagramática Agrocères, que apresenta ilustrações de plantas com ferrugem comum, causada por *Puccinia sorghi* (Agrocères, 1993).

3.3.2.2 Tamanho de pústulas em plantas adultas de populações

As plantas foram classificadas quanto à presença e tamanho das pústulas. O tamanho predominante das pústulas da parte central da folha da espiga foi estimado enquadrando as plantas em classes de 1 a 7, com auxílio da escala diagramática da Figura 1, descrita no item 3.3.1.2, em todas as plantas das linhas centrais das parcelas.

3.4 Estudo de componentes da resistência parcial do hospedeiro em linhagens e híbridos

Os genótipos foram estudados no estágio de plantas jovem em condições de casa-de-vegetação e no estágio de planta adulta em condições de campo.

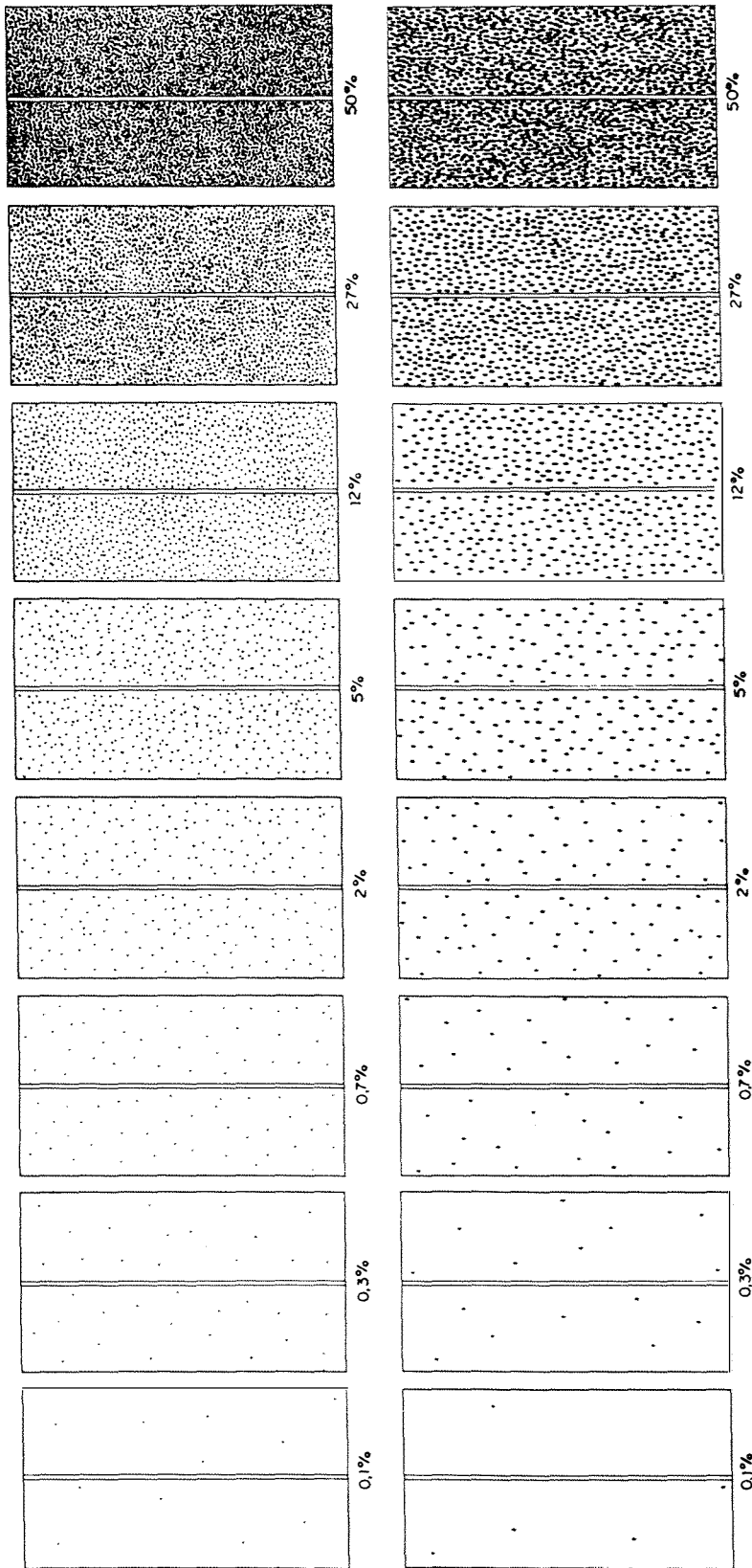


Figura 2. Escala diagramática representando 0,1; 0,3; 0,7; 2; 5; 12; 27 e 50% de área foliar afetada.

Para este estudo foram utilizadas nove linhagens e três híbridos, os quais são descritos a seguir:

1. CA1.2#1#1# - linhagem obtida a partir da população Composto Amplo, do Departamento de Genética da ESALQ, altamente resistente a *Physopella zea* (Carvalho, 1995).
2. CA4.2#7 - linhagem obtida a partir da população Composto Amplo, resistente a *P. zea* (Carvalho, 1995).
3. CA1.1#7 - linhagem obtida a partir da população Composto Amplo, altamente resistente a *P. zea* (Carvalho, 1995).
4. CA1#1#1 - linhagem obtida a partir da população Composto Amplo, altamente resistente a *P. zea* (Carvalho, 1995).
5. CA5.2# - linhagem obtida a partir da população Composto Amplo, moderadamente resistente a *P. zea* (Carvalho, 1995).
6. CA12.1#3 - linhagem obtida a partir da população Composto Amplo, moderadamente suscetível a *P. zea* (Carvalho, 1995).
7. L19 (P1) - linhagem fornecida pela Agrocere, resistente a *Puccinia polysora* (Pereira⁴).
8. L20 - linhagem fornecida pela Agrocere, resistente a *P. polysora* (Pereira⁴).

⁴ PEREIRA, O.A.P. (Sementes Agrocere). Comunicação pessoal, 1995.

9. L24 (P2) - linhagem fornecida pela Agroceres, altamente suscetível a *P. polysora* (Pereira⁴)
10. HS19x24 (F1) - híbrido fornecido pela Agroceres, moderadamente resistente a *P. polysora* (Fantin et al., 1993).
11. P3069 - híbrido simples altamente suscetível a *P. polysora*, utilizado como padrão de suscetibilidade (Silva²).
12. HS9045 - híbrido simples da Empresa Agroceres, altamente resistente a *P. polysora*, utilizado como padrão de resistência (Silva²).

3.4.1 Variáveis estudadas em plantas jovens de linhagens e híbridos em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5

Foram realizados dois experimentos, onde os 12 genótipos (linhagens e híbridos) foram semeados em vasos de 2 litros, deixando-se 4 plantas por vaso. Como delineamento experimental foram utilizados 3 blocos ao acaso, onde, nos blocos, cada tratamento foi representado por um vaso. Os vasos foram adubados a cada 10 dias, com 100 ml de uma solução 0,5% do adubo farelado "Ouro Verde tradicional" contendo macro e micronutrientes.

As plantas foram inoculadas no estágio de 3 a 4 folhas, com uma suspensão de esporos do isolado monopustular de *P. polysora*, na concentração de 5×10^3 uredíniosporos por ml, definida no Teste de concentração ideal de inóculo (item 3.2), depositando-se 2 gotas no cartucho de cada planta com uma pipeta de Pasteur.

Aproximadamente 8 a 9 dias após a inoculação, ao início do rompimento das pústulas decorrentes da inoculação, que surgiram no painel de infecção, o qual ocorreu geralmente na quarta folha, foram iniciadas as

avaliações. Foram feitas 3 avaliações a intervalos de 3 dias, quanto ao comprimento, tamanho, número de pústulas e fase predominante de desenvolvimento das pústulas. Na primeira avaliação também foi obtida a porcentagem de pústulas primárias rompidas.

Foi realizada análise de variância individual das variáveis e conjunta entre os dois experimentos. Foi obtido o coeficiente de variação das variáveis e foram realizados testes de significância entre os tratamentos. A transformação dos dados para análise foi feita quando necessário.

3.4.1.1 Comprimento de pústulas primárias em plantas jovens de linhagens e híbridos

O comprimento de pústulas primárias foi determinado através da medida do comprimento médio do eixo maior de 5 uredínias por planta, previamente marcadas, nas 4 plantas do vaso. As medidas foram feitas com o auxílio de uma lupa com aumento de 8 vezes à qual foi acoplado um retículo de 2 cm com subdivisões de 0,1 mm.

3.4.1.2 Tamanho das pústulas primárias em plantas jovens de linhagens e híbridos

O tamanho médio das pústulas primárias de cada planta foi estimado através de uma escala de notas de 1 a 6, pela comparação com a escala diagramática da Figura 1, com painéis ilustrativos de tamanhos de pústulas de 0,25 x 0,2; 0,5 x 0,4; 0,7 x 0,45; 1,0 x 0,5; 1,3 x 0,55 e 1,8 x 0,6 mm, respectivamente.

3.4.1.3 Número de pústulas em plantas jovens de linhagens e híbridos

Foi obtido o número de pústulas na área foliar inoculada, através de contagem, em cada painel de infecção, em todas as plantas, em cada um dos diferentes tratamentos.

3.4.1.4 Porcentagem de pústulas primárias rompidas em plantas jovens de linhagens e híbridos

Esta variável foi avaliada pela contagem do número de pústulas primárias que já haviam rompido a epiderme da folha dividido pelo número de pústulas total, em cada painel de infecção, em todas as plantas, nos diferentes tratamentos.

3.4.1.5 Fase predominante do desenvolvimento das pústulas em plantas jovens de linhagens e híbridos

A fase predominante, desde o surgimento de sintomas iniciais e de desenvolvimento da maioria das pústulas de cada planta foi determinada utilizando a seguinte escala descritiva:

0 - ausência de sintomas;

1 - pontos cloróticos e/ou necróticos;

2 - lesões com pústulas circulares, pequenas, $\leq 0,4$ mm de comprimento, encobertas pela epiderme;

2,5 - lesões com pústulas circulares pequenas, $\leq 0,4$ mm, com esporulação;

3 - lesões com pústulas circulares, de tamanho médio, $> 0,4$ mm, encobertas pela epiderme;

- 4 - lesões com pústulas circulares de tamanho médio, $> 0,4$ e $\leq 0,7$ mm, com esporulação;
- 5 - lesões com pústulas circulares de tamanho médio a grande, $> 0,7$ e $\leq 1,0$ mm, com esporulação;
- 6 - lesões com pústulas grandes, $> 1,0$ e $\leq 1,3$ mm, de formato oval, com esporulação;
- 7 - lesões com pústulas muito grandes, $> 1,3$ mm, alongadas, com esporulação.

3.4.2 Variáveis avaliadas em plantas adultas de linhagens e híbridos, em condições de campo, experimento 6

Foi realizado um experimento, em condições de campo, com as nove linhagens e os três híbridos testados em condições de casa-de-vegetação.

O experimento foi montado em 10/01/96, em uma área do campo experimental do Departamento de Fitopatologia da ESALQ.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com 4 repetições, sendo cada parcela representada por 1 linha de 4 metros, e o espaçamento de 1 m entre linhas e 0,20 m entre plantas. Foram utilizados, como bordadura lateral, uma linha da linhagem L 20 e duas do híbrido AG8010 e linhas de 1 m deste híbrido no início e final do experimento.

A adubação foi realizada conforme análise de solo aplicando-se, no plantio, as seguintes doses correspondentes, por ha, a: 15 kg de N, 20 kg de P_2O_5 e 30 kg de K_2O , na forma de uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio. As adubações de cobertura foram feitas após 24 e 40 dias da semeadura, aplicando-se, no total, doses equivalentes a 80 kg de N e 20 kg de S por hectare, na forma de uréia e sulfato de amônio. Foram feitas 5 aplicações semanais do inseticida deltamethrine (Decis 25 CE), a partir de 10 dias da semeadura, para controle de lagartas e também de cigarrinhas transmissoras de outras doenças como enfezamentos e viroses. O experimento foi irrigado sempre que necessário.

Todas as plantas do experimento, no estágio de 5 a 6 folhas, foram inoculadas aplicando-se no cartucho das plantas 0,5 ml de uma suspensão com $2,3 \times 10^4$ uredíniosporos de *P. polysora* por ml, com auxílio de pipetas automáticas.

As plantas, no estágio adulto, após o desenvolvimento da epidemia da doença, foram avaliadas quanto à severidade da doença em duas folhas e na planta inteira e ao tamanho das pústulas. Foi obtida a correlação de Pearson entre estas variáveis, realizada análise de variância, obtido o coeficiente de variação e realizados testes de significância entre os tratamentos. A transformação de dados para análise foi feita quando necessário.

3.4.2.1 Severidade da doença em plantas adultas de linhagens e híbridos

A quantificação da doença resultante da epidemia artificialmente induzida foi estimada em 10 plantas da parcela, de duas formas, avaliando-se a porcentagem de área foliar afetada, em duas folhas da planta, com auxílio da escala diagramática da Figura 2, e atribuindo-se uma nota a toda a área foliar da planta, baseando-se na Escala Agroceres que apresenta ilustração de plantas com níveis de severidade de infecção por *Puccinia sorghi*, ambas escalas descritas no item 3.3.2.1.

As avaliações em duas folhas foram realizadas em 3 épocas: uma semana após o florescimento, nas folhas da espiga principal e primeira abaixo; duas semanas após o florescimento médio, na primeira e segunda folhas acima da espiga; e três semanas após o florescimento, na terceira e quarta folhas acima da espiga.

As avaliações da planta inteira foram realizadas em 3 épocas também: no início do florescimento, e duas e três semanas após a primeira avaliação.

3.4.2.2 Tamanho de pústulas em plantas adultas de linhagens e híbridos

O tamanho predominante das pústulas da parte central da folha da espiga foi estimado uma semana após o florescimento médio das plantas com auxílio da escala diagramática de tamanhos de pústulas apresentada na Figura 1 do item 3.3.1.2.

3.5 Dados climáticos

Durante o período de realização dos experimentos em casa-de-vegetação foram coletados dados da temperatura com auxílio de um pequeno posto meteorológico computadorizado ou um termohigrógrafo. Foram determinados os valores de temperatura mínima, média e máxima para os períodos anteriores e posteriores à inoculação de cada experimento.

Para os experimentos realizados no campo, foram obtidos valores de temperatura e umidade relativa mínima, média e máxima, insolação, radiação solar e precipitação pluviométrica fornecidos pela estação meteorológica do campus da ESALQ.

4 RESULTADOS

4.1 Estudo da resistência em populações de milho

4.1.1 Variáveis avaliadas em plantas jovens, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 1 e 2

4.1.1.1 Tipo de reação em plantas jovens de populações

As distribuições de frequência da porcentagem de plantas jovens, em cada tratamento, comparadas à do híbrido padrão suscetível P3069, quanto aos diferentes tipos de reação da planta à *P. polysora* nos experimentos 1 e 2, estão ilustrados nas Figuras 3 e 4, respectivamente. As comparações entre as médias de cada tratamento, para essa variável, em ambos os experimentos, estão apresentadas na Tabela 1.

Os gráficos das Figuras 3 e 4 mostram a variabilidade de tipos de infecção encontrados nas populações, onde a PA-87, que apresentou maior porcentagem de plantas com ausência de sintomas ou predominância de pontos cloróticos (classes 1 e 2), teve a menor média (Tabela 1), diferindo não só do padrão suscetível (P3069), como de todos os demais tratamentos.

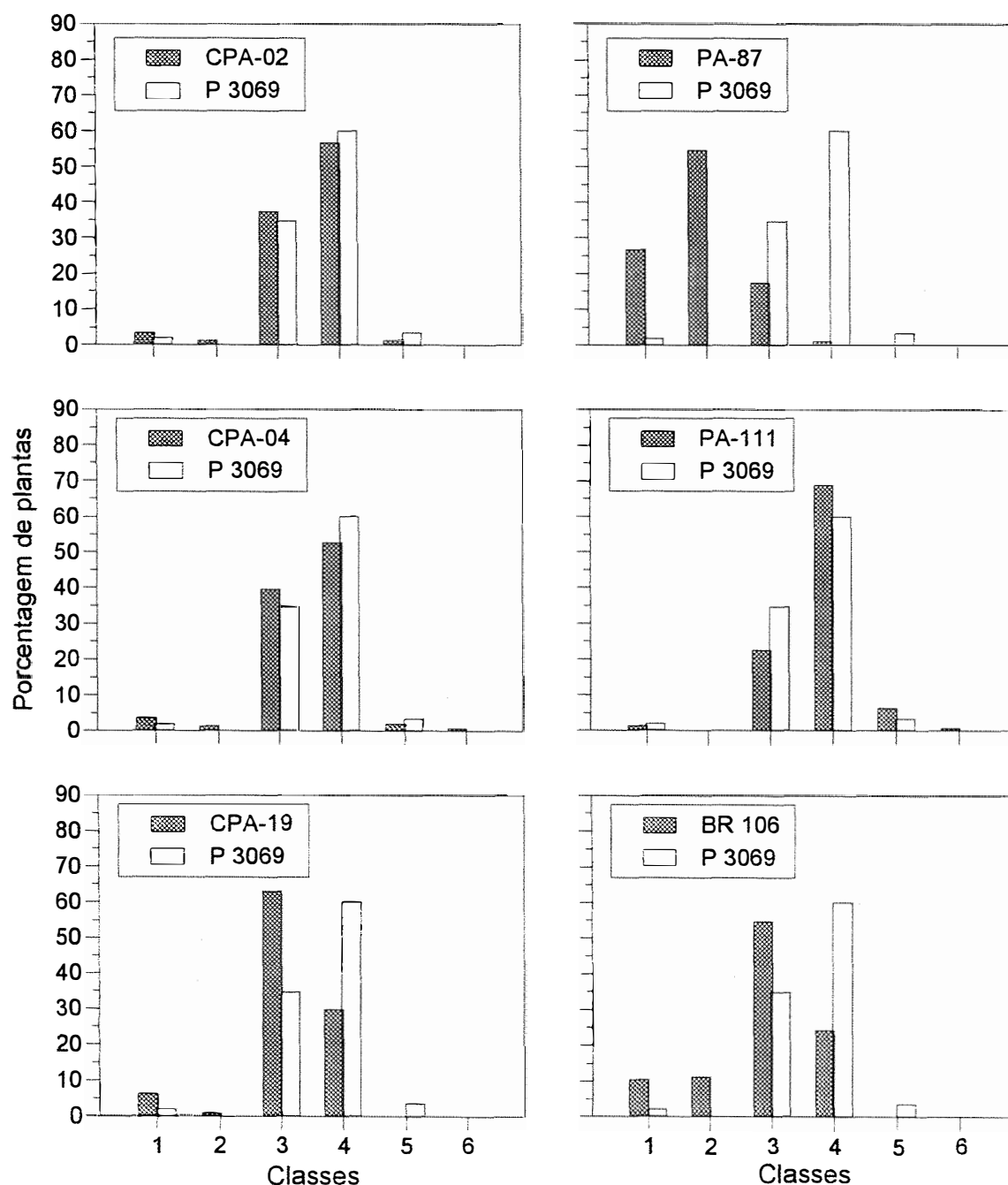


Figura 3. Distribuição de freqüência da porcentagem de plantas jovens de populações de milho e do padrão suscetível P3069, em condições de casa-de-vegetação, no experimento 1, apresentando tipos de reação a *P. polysora* agrupados dentro das seguintes classes: 1= ausência de sintomas; 2= pontos cloróticos e/ou necróticos, ocasionalmente pústulas muito pequenas encobertas $\leq 0,2$ mm de comprimento; 3= predominância de pequenas pústulas esporulando, $> 0,2$ e $\leq 0,5$ mm, com presença de pontos cloróticos; 4= presença de pústulas esporulando com predominância de pústulas arredondadas $> 0,5$ e $\leq 0,7$ mm; 5= presença predominante de pústulas arredondadas e alongadas $> 0,7$ e $\leq 1,0$ mm; 6= predominância de pústulas alongadas $> 1,0$ mm de comprimento.

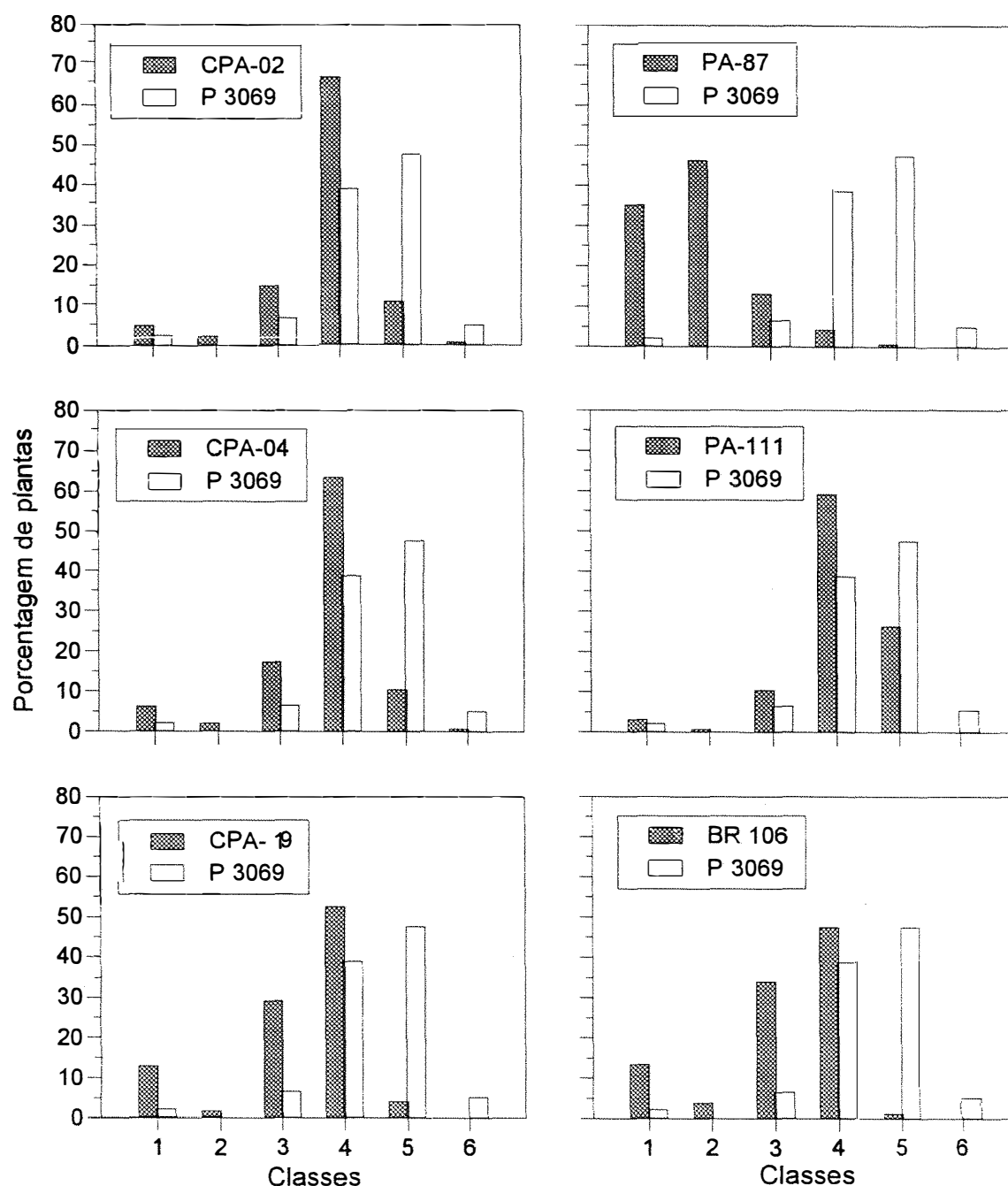


Figura 4. Distribuição de freqüência da porcentagem de plantas jovens de populações de milho e do padrão suscetível P3069, em condições de casa-de-vegetação, no experimento 2, apresentando tipos de reação a *P. polysora* agrupados dentro das seguintes classes: 1= ausência de sintomas; 2= pontos cloróticos e/ou necróticos, ocasionalmente pústulas muito pequenas encobertas $\leq 0,2$ mm de comprimento; 3= predominância de pequenas pústulas esporulando, $> 0,2$ e $\leq 0,5$ mm, com presença de pontos cloróticos; 4= presença de pústulas esporulando com predominância de pústulas arredondadas $> 0,5$ e $\leq 0,7$ mm; 5= presença predominante de pústulas arredondadas e alongadas $> 0,7$ e $\leq 1,0$ mm; 6= predominância de pústulas alongadas $> 1,0$ mm de comprimento.

Tabela 1. Tipo de reação à *P. polysora* de plantas jovens de populações de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 1 e 2.

Tratamentos	Tipo de reação ^x	
	Experimento 1	Experimento 2
P 3069	3,82 a	4,45 a
PA-111	3,63 a	4,08 ab
CPA-02	3,52 ab	3,79 b
CPA-04	3,50 ab	3,72 b
CPA-19	3,16 bc	3,32 c
BR 106	2,93 c	3,20 c
PA-87	1,93 d	1,89 d
C.V.(%)	4,62	5,73

^x Tipos de reação de plantas classificadas de acordo com a seguinte escala: 1= ausência de sintomas; 2= pontos cloróticos e/ou necróticos, ocasionalmente pústulas muito pequenas encobertas $\leq 0,2$ mm de comprimento; 3= predominância de pequenas pústulas esporulando, $> 0,2$ e $\leq 0,5$ mm, com presença de pontos cloróticos; 4= presença de pústulas esporulando com predominância de pústulas de formato arredondado $> 0,5$ e $\leq 0,7$ mm; 5= presença predominante de pústulas de formato arredondado e alongado $> 0,7$ e $\leq 1,0$ mm; 6= predominância de pústulas de formato alongado $> 1,0$ mm de comprimento. Médias seguidas por letras distintas em cada coluna diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

As populações BR106 e CPA-19 apresentaram maior porcentagem de plantas dentro da classe 3, com predominância de pequenas pústulas $> 0,2$ e $\leq 0,5$ mm de comprimento, esporulando, e presença de pontos cloróticos, no experimento 1 (Figura 3) ou classes 3 e 4 (presença de pústulas esporulando com predominância de pústulas de formato arredondado) no

experimento 2 (Figura 4). Estas não diferiram entre si, mas diferiram da testemunha suscetível em ambos os experimentos.

As populações CPA-04 e CPA-02 diferiram da testemunha suscetível apenas no experimento 2 e a PA-111 não diferiu da testemunha suscetível.

As análises de variância individual e conjunta para a variável tipo de reação ao patógeno nos experimentos 1 e 2 estão apresentadas nos Apêndices 1 e 2, respectivamente.

Pela análise conjunta da variável tipo de reação, observou-se diferença significativa entre os experimentos 1 e 2 pelo teste F.

4.1.1.2 Tamanho de pústulas primárias em plantas jovens de populações

As distribuições de freqüência da porcentagem de plantas jovens quanto ao tamanho de pústulas primárias de *P. polysora*, em cada tratamento dos experimentos 1 e 2, realizados em condições de casa-de-vegetação, comparados ao do híbrido padrão suscetível P3069, estão ilustrados nas Figuras 5 e 6, respectivamente. As comparações entre as médias dos materiais testados, para essa variável, estão apresentadas na Tabela 2.

A variabilidade de tamanhos de pústula encontrada nas populações pode ser observada nas Figuras 5 e 6, onde a PA-87 teve a maior porcentagem de plantas dentro da classe 1, com ausência de pústulas, em ambos os experimentos, apresentando a menor média (Tabela 2) e diferindo significativamente de todos os demais tratamentos.

A BR106 e a CPA-19 apresentaram, no geral, uma maior porcentagem de plantas dentro da classe 3, não diferindo entre si, mas diferindo da testemunha suscetível. A CPA-04 e CPA-02 não diferiram entre si,

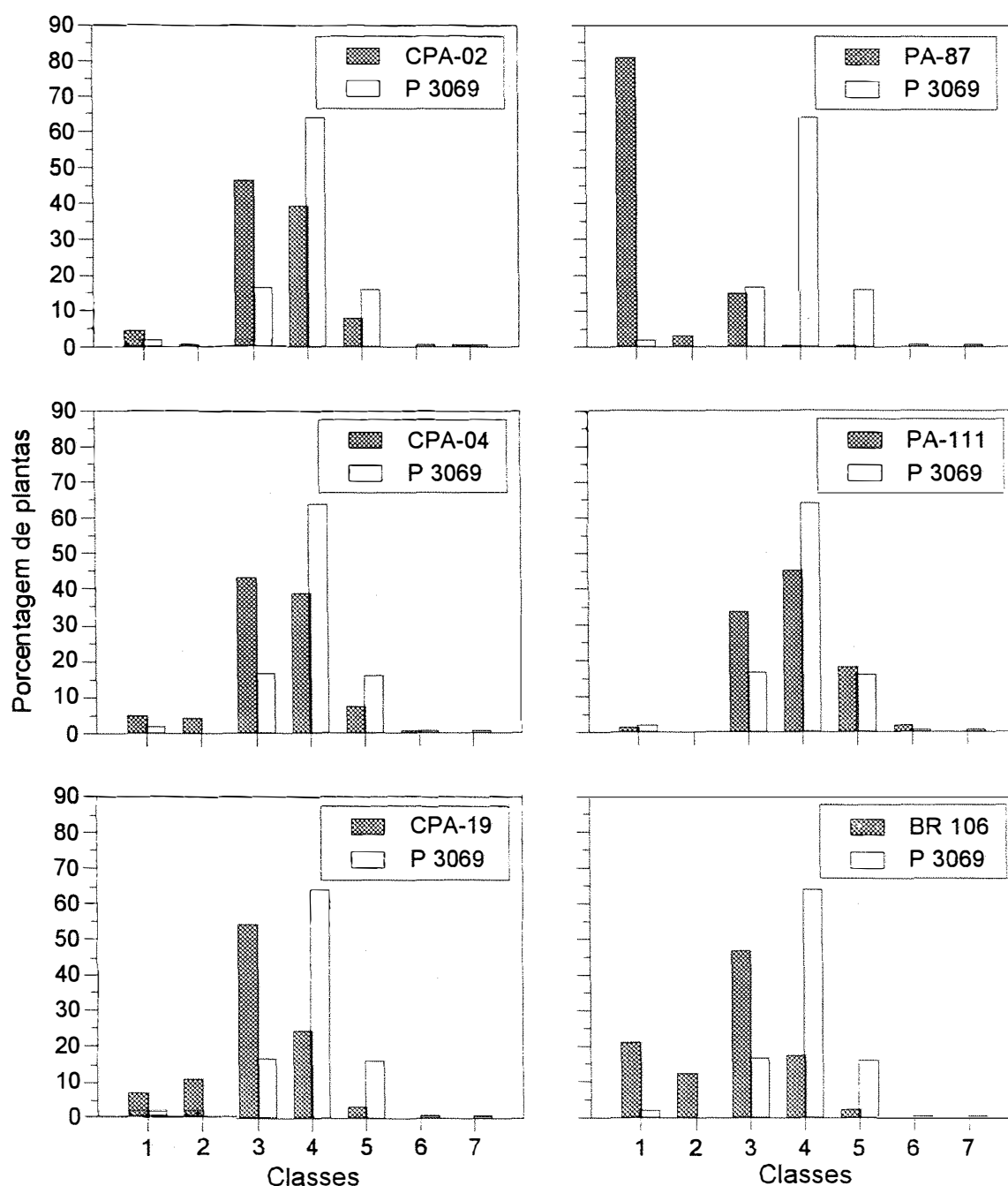


Figura 5. Distribuição de frequência da porcentagem de plantas jovens de populações de milho e do padrão suscetível P3069, em condições de casa-de-vegetação, no experimento 1, quanto ao tamanho de pústulas primárias de *P. polysora* estimado visualmente de acordo com as seguintes classes: 1= ausência de pústulas; 2= presença de pústulas com tamanho predominante de 0,25 x 0,2; 3= 0,5 x 0,4; 4= 0,7 x 0,45; 5= 1,0 x 0,5; 6= 1,3 x 0,55 e 7= 1,8 x 0,6 mm.

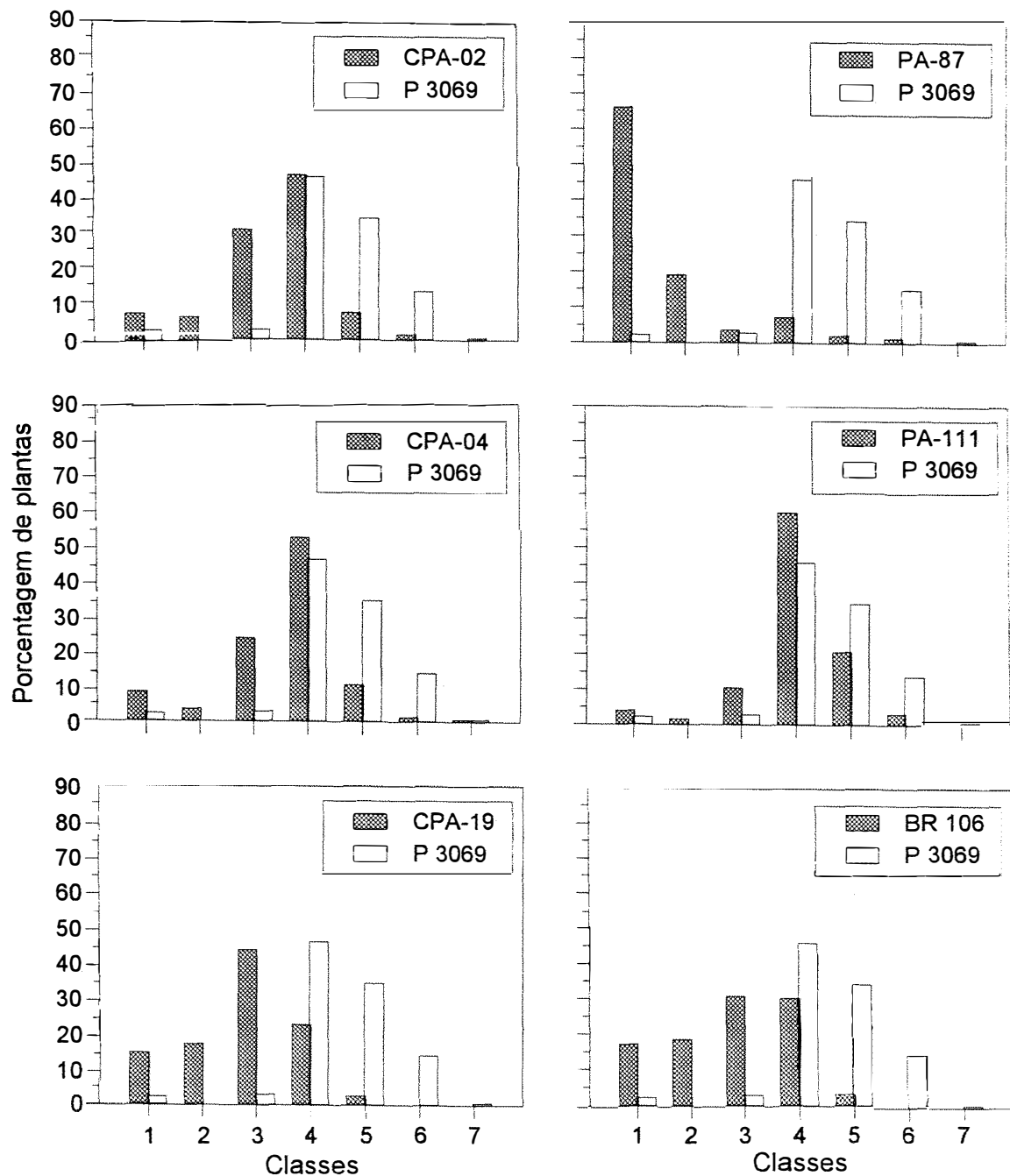


Figura 6. Distribuição de freqüência da porcentagem de plantas jovens de populações de milho e do padrão suscetível P3069, em condições de casa-de-vegetação, no experimento 2, quanto ao tamanho de pústulas primárias de *P. polysora* estimado visualmente de acordo com as seguintes classes: 1= ausência de pústulas; 2= presença de pústulas com tamanho predominante de 0,25 x 0,2; 3= 0,5 x 0,4; 4= 0,7 x 0,45; 5= 1,0 x 0,5; 6= 1,3 x 0,55 e 7= 1,8 x 0,6 mm.

Tabela 2. Tamanho de pústulas primárias de *P. polysora* em plantas jovens de populações de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 1 e 2.

Tratamentos	Tamanho de pústulas primárias ^x	
	Experimento 1	Experimento 2
P 3069	3,96 a	4,55 a
PA-111	3,85 a	4,04 ab
CPA-04	3,49 ab	3,60 b
CPA-02	3,41 ab	3,47 bc
CPA-19	3,05 bc	2,82 c
BR 106	2,71 c	2,84 c
PA-87	1,37 d	1,61 d
C.V.(%)	7,75	8,95

^xTamanho de pústulas primárias em plantas classificadas de acordo com a seguinte escala: 1 = ausência de pústulas; 2= presença de pústulas com tamanho predominante de 0,25 x 0,2; 3= 0,5 x 0,4; 4= 0,7 x 0,45; 5= 1,0 x 0,5; 6= 1,3 x 0,55 e 7= 1,8 x 0,6 mm. Médias seguidas por letras distintas em cada coluna diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

e diferiram da testemunha apenas no experimento 2. A PA-111 não diferiu da testemunha suscetível.

As análises de variância individual e conjunta para a variável tamanho de pústulas nos experimentos 1 e 2 estão apresentadas nos Apêndices 3 e 4, respectivamente.

Através da análise conjunta dos experimentos 1 e 2, para a variável tamanho de pústulas, não foi observada diferença significativa entre os experimentos e nem interações.

4.1.1.3 Número estimado de pústulas primárias em plantas jovens de populações

As distribuições de freqüência da porcentagem de plantas, em casa-de-vegetação, comparadas à do híbrido padrão suscetível P3069, quanto à incidência de pústulas primárias, nos experimentos 1 e 2, podem ser observadas nas Figuras 7 e 8, respectivamente. As comparações entre as médias dos tratamentos, para essa variável, estão apresentadas na Tabela 3.

A maioria dos tratamentos, inclusive o padrão suscetível, apresentou número de plantas relativamente semelhante dentro de quase todas as classes, exceto a população PA-87 que apresentou a maior porcentagem de plantas na classe 1, com ausência de pústulas (Figuras 7 e 8), diferindo de todas as demais em ambos os experimentos (Tabela 3). A BR106 e a CPA-19 não diferiram entre si mas diferiram da PA-111 e da testemunha suscetível, a CPA-04 e CPA-02 não diferiram entre si e nem da população PA-111, a qual diferiu significativamente da testemunha apenas no experimento 1.

As análises de variância individual e conjunta para a variável número estimado de pústulas primárias são apresentadas nos Apêndices 5 e 6.

Pela análise conjunta puderam ser constatadas diferenças significativas entre os experimentos 1 e 2, quanto ao número estimado de pústulas primárias por planta, através do teste F.

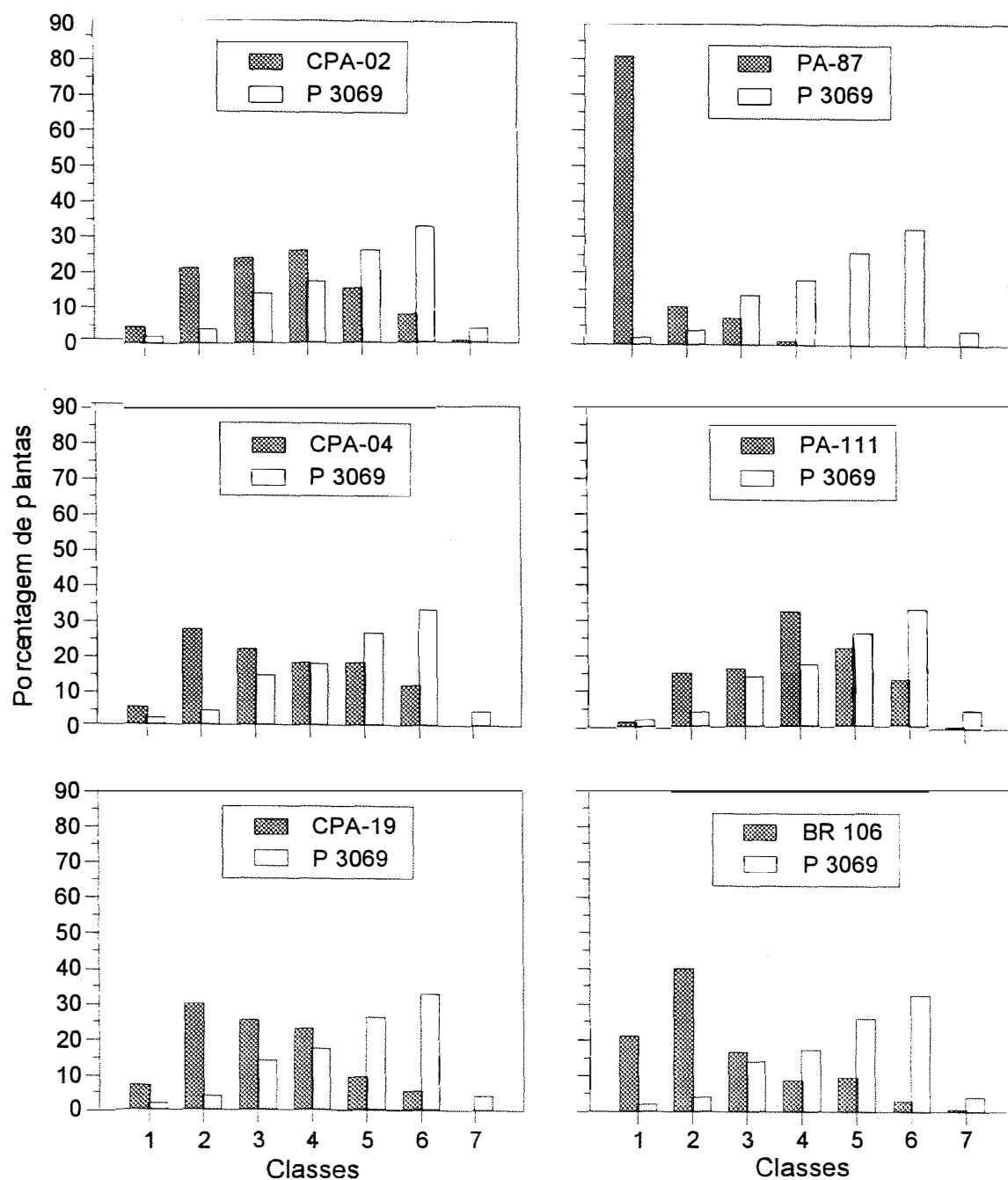


Figura 7. Distribuição de freqüência da porcentagem de plantas jovens de populações de milho e do padrão suscetível P3069, em condições de casa-de-vegetação, no experimento 1, quanto ao número estimado de pústulas primárias de *P. polysora*, na área foliar inoculada, dentro das seguintes classes: 1= ausência de pústulas; 2= 1 a 5 pústulas; 3= 6 a 10 pústulas; 4= 11 a 20 pústulas; 5= 21 a 30 pústulas; 6= 31 a 50 pústulas e 7= mais de 50 pústulas.

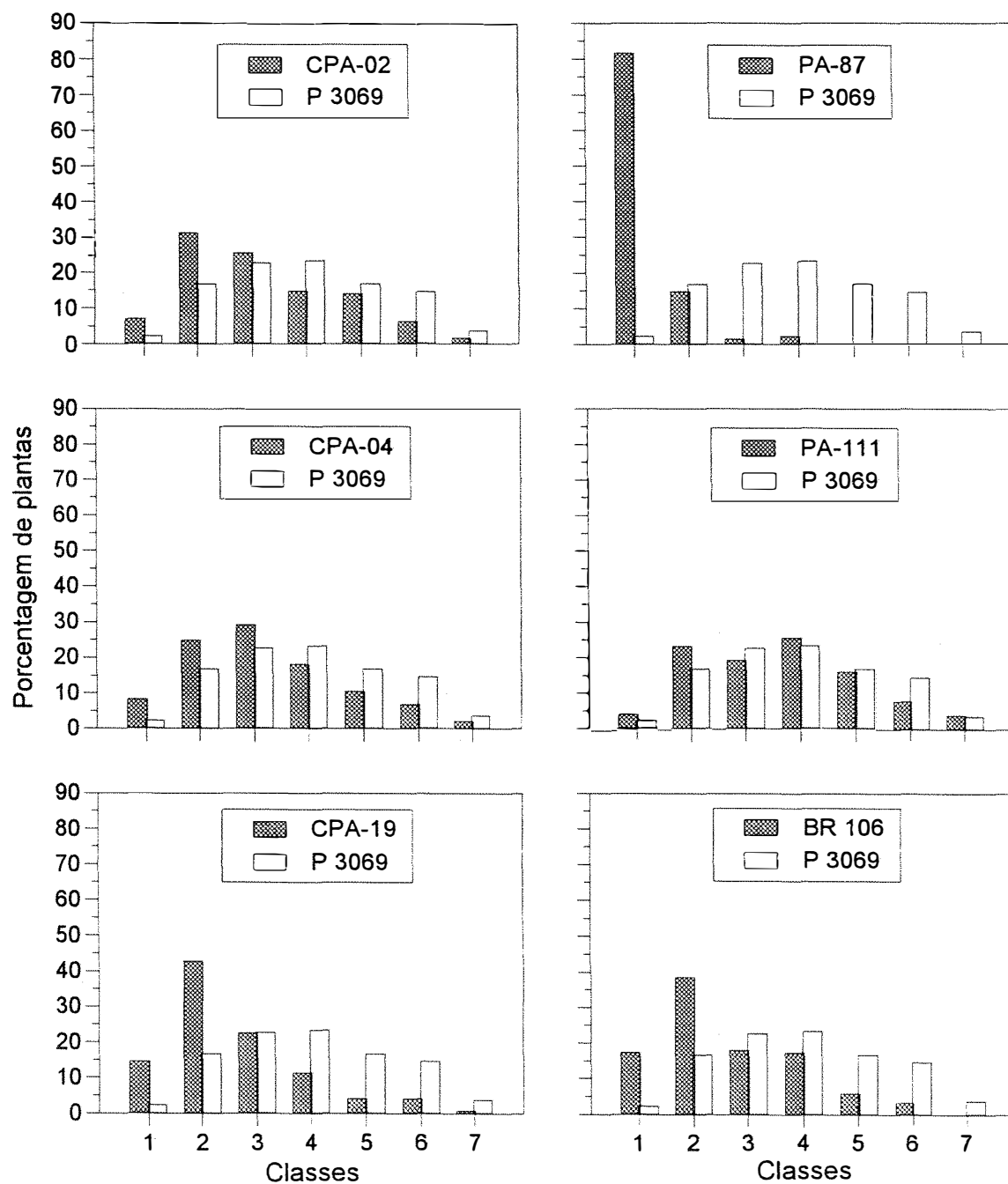


Figura 8. Distribuição de freqüência da porcentagem de plantas jovens de populações de milho e do padrão suscetível P3069, em condições de casa-de-vegetação, no experimento 2, quanto ao número estimado de pústulas primárias de *P. polysora*, na área foliar inoculada, dentro das seguintes classes: 1= ausência de pústulas; 2= 1 a 5 pústulas; 3= 6 a 10 pústulas; 4= 11 a 20 pústulas; 5= 21 a 30 pústulas; 6= 31 a 50 pústulas e 7= mais de 50 pústulas.

Tabela 3. Número estimado de pústulas primárias de *P. polysora* em plantas jovens de populações de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 1 e 2.

Tratamentos	Número estimado de pústulas primárias ^x	
	Experimento 1	Experimento 2
P 3069	4,73 a	3,92 a
PA-111	3,99 b	3,71 ab
CPA-04	3,54 bc	3,27 bc
CPA-02	3,49 bc	3,22 bcd
CPA-19	3,15 cd	2,63 d
BR 106	2,57 d	2,67 cd
PA-87	1,29 e	1,24 e
C.V.(%)	9,57	9,26

^x Número estimado de pústulas primárias na área foliar inoculada das plantas, de acordo com as seguintes classes: 1= ausência de pústulas; 2= 1 a 5 pústulas; 3= 6 a 10 pústulas; 4= 11 a 20 pústulas; 5= 21 a 30 pústulas; 6= 31 a 50 pústulas e 7= mais de 50 pústulas. Médias seguidas por letras distintas em cada coluna diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

4.1.1.4 Formação de pústulas primárias e secundárias em plantas jovens de populações

As distribuições de freqüência da porcentagem de plantas jovens, dos materiais testados, comparadas à do híbrido suscetível padrão, quanto à presença de pústulas primárias e porcentagem de pústulas primárias com formação de pústulas secundárias estão apresentadas nas Figuras 9 e 10, para

os experimentos 1 e 2 respectivamente. As comparações entre as médias dos materiais testados, para essa variável, estão apresentadas na Tabela 4.

Em todos os tratamentos, houve uma maior porcentagem de plantas dentro da classe 2, apenas com presença de pústulas primárias, exceto na população PA-87 onde houve maior número de plantas na classe 1, sem a formação de pústulas (Figuras 9 e 10), contudo, puderam ser observadas diferenças significativas entre os tratamentos.

A população PA-87 apresentou a menor média, diferindo de todos os demais tratamentos. A população BR106 diferiu da testemunha suscetível em ambos os experimentos e a CPA-19 apenas no experimento 2. As demais não diferiram da testemunha.

As correlações de Pearson, entre todas as variáveis estudadas em plantas jovens de populações, no experimento 1, foram altamente significativas, sendo que entre a variável tipo de reação com as variáveis: tamanho de pústulas primárias, número estimado de pústulas primárias, e formação de pústulas primárias e secundárias, apresentaram valores de 0,97, 0,91 e 0,84, respectivamente. As correlações da variável tamanho de pústulas primárias com o número estimado de pústulas primárias e a formação de pústulas primárias e secundárias foram, respectivamente, 0,95 e 0,85 e entre as variáveis número estimado de pústulas primárias e formação de pústulas primárias e secundárias foi de 0,84.

As correlações de Pearson, no experimento 2, entre todas as variáveis estudadas em plantas jovens de populações, foram altamente significativas, sendo que entre o tipo de reação com as variáveis tamanho e número estimado de pústulas primárias, e formação de pústulas primárias e secundárias foram, respectivamente de 0,97, 0,96 e 0,89; da variável tamanho de pústulas com o número estimado de pústulas e a formação de pústulas

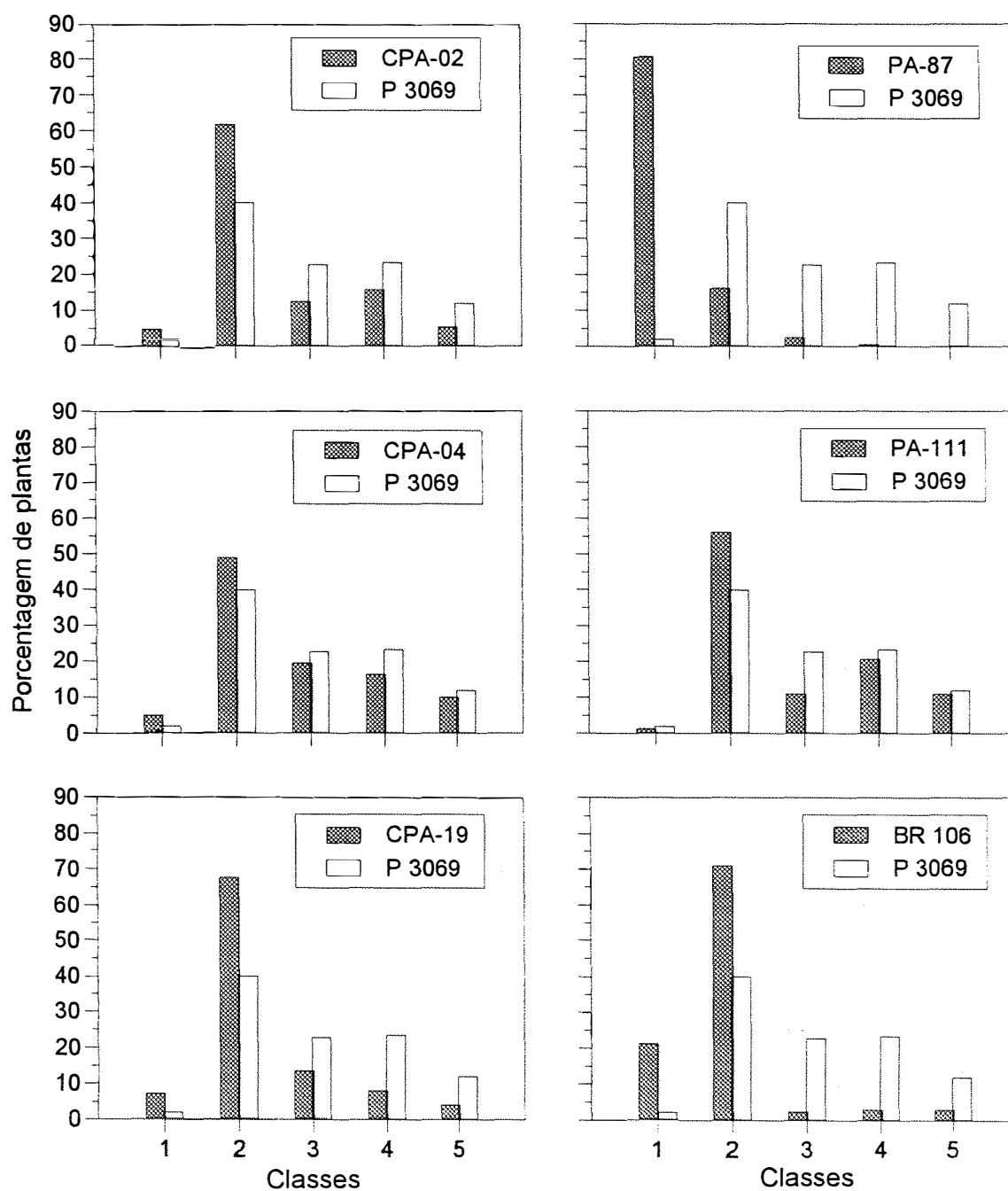


Figura 9. Distribuição de freqüência da porcentagem de plantas jovens de populações de milho, e do padrão suscetível P3069, em condições de casa-de-vegetação, no experimento 1, quanto à formação de pústulas primárias e secundárias de *P. polysora*, estimada de acordo com as seguintes classes: 1= ausência de pústulas; 2= presença de pústulas primárias e ausência de pústulas secundárias; 3= 1 a 30% de pústulas primárias com formação de pústulas secundárias; 4= 30 a 70%; 5= mais de 70%.

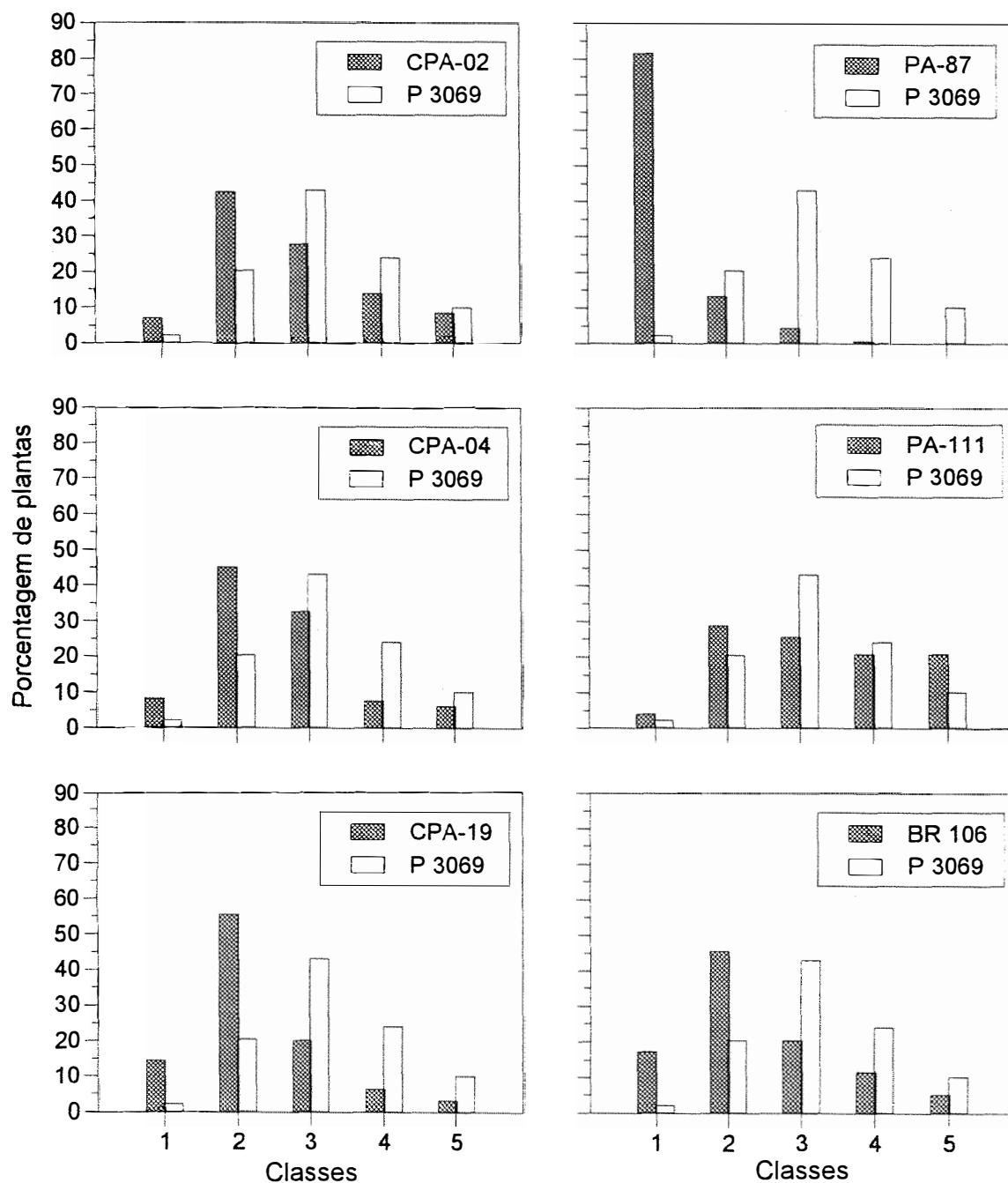


Figura 10. Distribuição de freqüência da porcentagem de plantas jovens de populações de milho, e do padrão suscetível P3069, em condições de casa-de-vegetação, no experimento 2, quanto à formação de pústulas primárias e secundárias de *P. polysora*, estimada de acordo com as seguintes classes: 1= ausência de pústulas; 2= presença de pústulas primárias e ausência de pústulas secundárias; 3= 1 a 30% de pústulas primárias com formação de pústulas secundárias; 4= 30 a 70%; 5= mais de 70%.

Tabela 4. Formação de pústulas primárias e secundárias de *P. polysora* em plantas jovens de populações de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 1 e 2.

Tratamentos	Formação de pústulas primárias e secundárias ^x	
	Experimento 1	Experimento 2
PA-111	3,06 a	3,30 a
P 3069	2,85 a	3,18 ab
CPA-02	2,77 ab	2,74 abc
CPA-04	2,56 ab	2,58 bc
CPA-19	2,33 ab	2,40 c
BR 106	1,96 b	2,28 c
PA-87	1,23 c	1,24 d
C.V.(%)	6,82	5,27

^x Formação de pústulas primárias e secundárias em plantas, estimada de acordo com as seguintes classes: 1= ausência de pústulas; 2= presença de pústulas primárias e ausência de pústulas secundárias; 3= 1 a 30% de pústulas primárias com formação de pústulas secundárias; 4= 30 a 70% e 5 = mais 70%. Médias seguidas por letras distintas em cada coluna diferem entre si ao nível de significância de 5% (Tukey dos dados transformados em \sqrt{x}).

primárias e secundárias foram, respectivamente, de 0,93 e 0,87 e, entre as variáveis número estimado de pústulas e formação de pústulas primárias e secundárias foi de 0,87.

A correlação canônica, obtida entre o conjunto das variáveis estudadas em plantas jovens de populações no experimento 1 e o do experimento 2 foi de 0,94, altamente significativa.

4.1.2 Variáveis estudadas em plantas adultas de populações em condições de campo, experimento 3

4.1.2.1 Severidade da doença em plantas adultas de populações

A distribuição de frequência da porcentagem de plantas adultas, em cada população, comparada à do híbrido padrão suscetível, quanto aos diferentes níveis de severidade média da doença nas folhas da espiga principal e primeira abaixo e na área foliar total da planta, estão ilustradas nas Figuras 11 e 12.

Observa-se que a população PA-87 apresentou a maioria das plantas na classe 1, de menor valor (Figuras 11 e 12) e comportou-se como resistente (Tabela 5) tanto pela avaliação da porcentagem de área foliar afetada nas folhas da espiga e abaixo, como da área foliar total da planta. As populações BR106 e CPA-19 apresentaram um pico na classe 2 (Figura 11), ou nas classes 1 e 2 (Figura 12), e comportaram-se também como resistentes (Tabela 5) não diferindo da PA-87, pelo primeiro método de avaliação da severidade.

A população CPA-04, nas Figuras 11 e 12, apresentou um pico menor que a CPA-19 e a BR106 na classe 2 e teve uma distribuição relativamente uniforme dentro das demais classes intermediárias. Não diferiu significativamente destas duas populações, pela avaliação das folhas da espiga e abaixo, mas diferiu das 3 resistentes já citadas pela avaliação da planta inteira (Tabela 5).

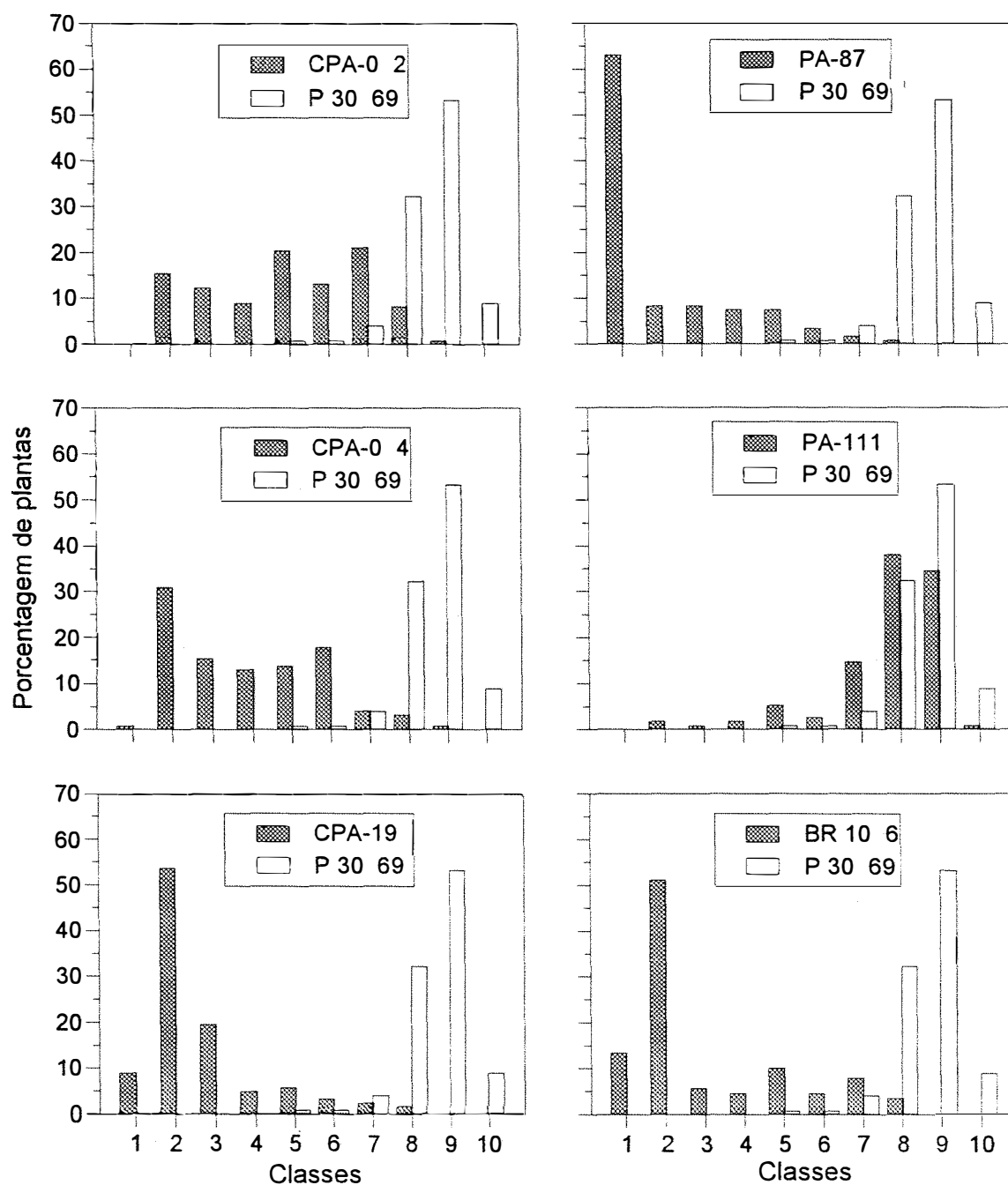


Figura 11. Distribuição de freqüência da porcentagem de plantas adultas de populações de milho, e do híbrido suscetível P3069, em condições de campo, no experimento 3, apresentando severidade média de infecção por *P. polysora* nas folhas da espiga principal e primeira abaixo, nas seguintes classes: 1= 0%, 2= > 0 a 0,1; 3= > 0,1 a 0,3; 4= > 0,3 a 0,7; 5= > 0,7 a 2; 6= > 2 a 5; 7= > 5 a 12; 8= > 12 a 27; 9= > 27 a 50; 10= > 50% de área foliar afetada pela ferrugem.

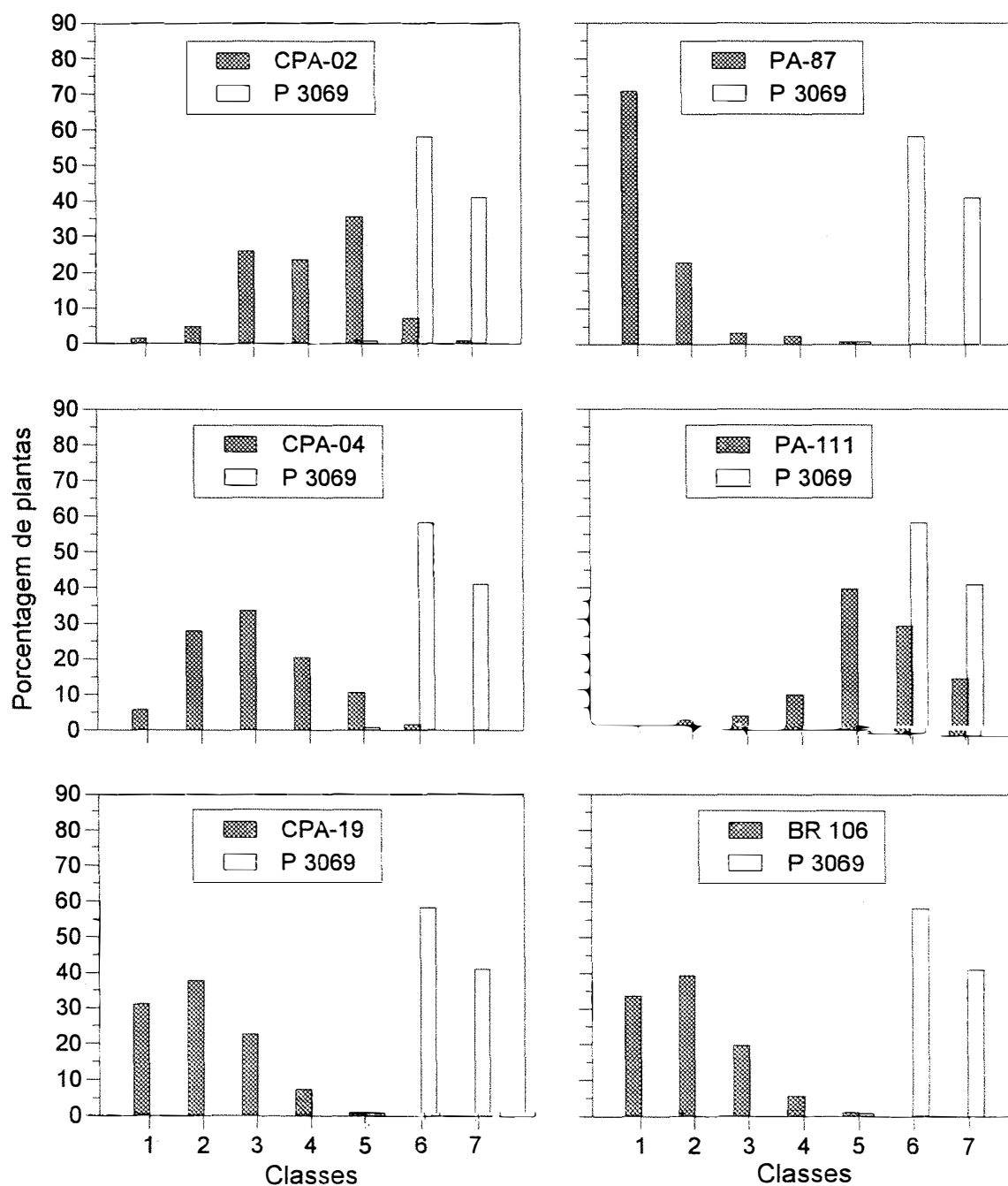


Figura 12. Distribuição de freqüência da porcentagem de plantas adultas de populações de milho, e do híbrido suscetível P3069, em condições de campo, no experimento 3, apresentando severidade média de infecção por *P. polysora* na área foliar total da planta, agrupada de acordo com as seguintes classes: 1 = 0% a pústulas esparsas; 2 = 1%; 3 = 2,5%; 4 = 5%; 5 = 10%; 6 = 25%; 7 = 50%; 8 = 75% e 9 = mais de 75% da planta afetada pela ferrugem.

Tabela 5. Severidade média de infecção por *P. polysora* nas folhas da espiga principal e primeira abaixo, e na área foliar total de plantas adultas de populações de milho, em condições de campo, no experimento 3.

Tratamentos	Severidade da doença	
	Folhas da espiga e primeira abaixo ^x	Área foliar total da planta ^y
P 3069	31,81 a	6,36 a
PA-111	20,33 b	5,37 ab
CPA-02	4,20 c	4,53 b
CPA-04	2,04 cd	3,07 c
BR 106	1,34 de	2,00 d
CPA-19	0,72 de	2,09 d
PA-87	0,47 e	1,40 e
C.V.(%)	12,90	10,78

^x Porcentagem de área foliar afetada, variando de 0 a 100%, estimada com auxílio da escala diagramática da Figura 2 (item 3.3.2.1). Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5% (Tukey dos dados transformados em arco seno $\sqrt{x/100}$).

^y Notas atribuídas à planta, variando de 1 (0%) a 9 (> 75% de área foliar afetada), com auxílio da escala diagramática da Agrocereis descrita no item 3.3.2.1. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5% (Tukey dos dados transformados em log x).

A população CPA-02 apresentou uma distribuição relativamente uniforme de plantas dentro das classes intermediárias (Figuras 11 e 12) e teve um comportamento intermediário quanto à resistência média das plantas, entretanto, diferindo do padrão suscetível pelos dois métodos de avaliação da severidade da doença (Tabela 5).

A população PA-111 diferiu da testemunha suscetível apenas pela avaliação da severidade nas folhas da espiga e abaixo desta (Tabela 5).

A análise de variância da variável severidade da doença em plantas adultas, no experimento 3, avaliada em duas folhas da planta ou através da área foliar total, está apresentada no Apêndice 9.

A correlação entre estes dois métodos de avaliação da severidade de infecção nas plantas foi altamente significativa, de 0,97.

4.1.2.2 Tamanho de pústulas em plantas adultas de populações

A variável tamanho de pústulas, em plantas adultas, dos materiais estudados no experimento 3, foi estimada com auxílio da escala diagramática ilustrada na Figura 1 (item 3.3.1.2) e as comparações das médias dos tratamentos, estão apresentadas na Tabela 6.

As distribuições de frequência da porcentagem de plantas, em cada tratamento, comparadas à do híbrido padrão suscetível P3069, quanto aos diferentes tamanhos de pústulas de *P. polysora* estão ilustradas na Figura 13. A população PA-87 teve a maior porcentagem de plantas na classe 1, com ausência de pústulas, apresentando a menor média (Tabela 6) e diferindo significativamente de todos os demais tratamentos. A CPA-19 e a BR106 apresentaram maior número de pústulas nas classes 2 e 3 (Figura 13), não diferindo entre si, mas diferindo da testemunha suscetível (Tabela 6). A CPA-04 e CPA-02, apresentaram um pico na classe 3, não diferiram entre si, mas diferiram da testemunha suscetível, e a CPA-04 não diferiu da BR106. A PA-111 não diferiu da testemunha suscetível quanto a esta variável.

Tabela 6. Tamanho de pústulas de *P. polysora* na parte central da folha da espiga principal, em plantas adultas de milho, em condições de campo, no experimento 3.

Tratamentos	Tamanho de pústulas ^x
P 3069	3,57 a
PA-111	3,37 ab
CPA-02	3,19 bc
CPA-04	3,00 cd
BR 106	2,78 de
CPA-19	2,58 e
PA-87	1,72 f
C.V.(%)	5,19

^xTamanho de pústulas em plantas classificadas de acordo com a seguinte escala: 1= ausência de pústulas; 2= presença de pústulas com tamanho predominante de 0,25 x 0,2; 3= 0,5 x 0,4; 4= 0,7 x 0,45; 5= 1,0 x 0,5; 6= 1,3 x 0,55 e 7= 1,8 x 0,6 mm. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

A análise de variância da variável tamanho de pústulas, em plantas adultas de populações, está apresentada no Apêndice 10.

As correlações de Pearson entre esta variável e a severidade da doença avaliada em duas folhas da planta e na área foliar total foi altamente significativa, apresentando valores de 0,82 e 0,85, respectivamente.

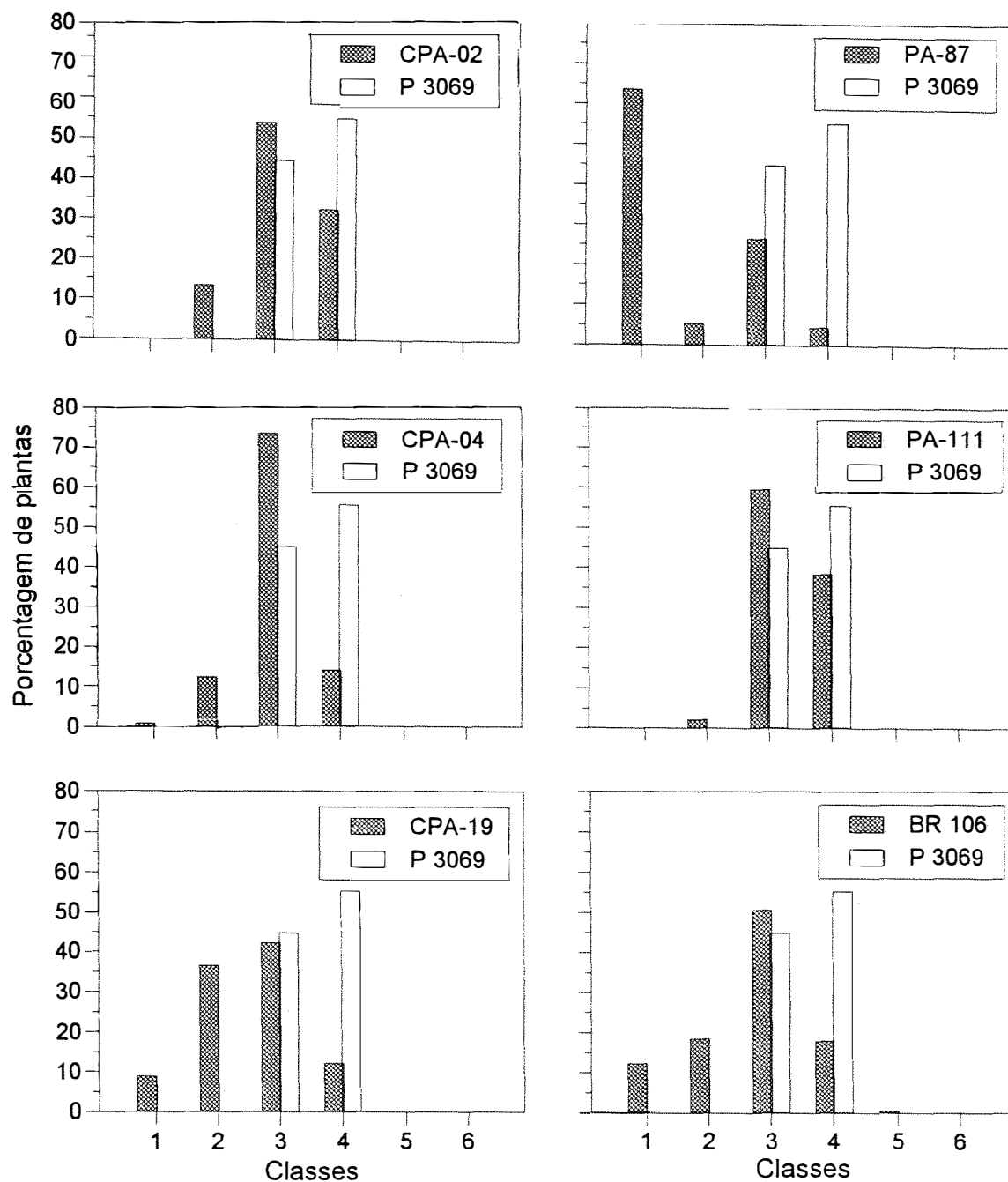


Figura 13. Distribuição de freqüência da porcentagem de plantas adultas de populações de milho e do híbrido suscetível P3069, em condições de campo, no experimento 3, quanto ao tamanho estimado de pústulas de *P. polysora* na parte central da folha da espiga principal, de acordo com as seguintes classes: 1= ausência de pústulas; 2= presença de pústulas com tamanho predominante de 0,25 x 0,2; 3= 0,5 x 0,4; 4= 0,7 x 0,45; 5=1,0 x 0,5; 6= 1,3 x 0,55 e 7= 1,8 x 0,6 mm.

A correlação canônica, obtida entre o conjunto das variáveis estudadas em plantas adultas de populações, no experimento 3 e o das variáveis estudadas em plantas jovens de populações, nos experimentos 1 e 2, foi altamente significativa pelo teste F, com valores de 0,93 e 0,94, respectivamente.

4.2 Estudo de componentes da resistência parcial da planta, em linhagens e híbridos

4.2.1 Variáveis avaliadas em plantas jovens, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5

4.2.1.1 Comprimento de pústulas primárias em plantas jovens de linhagens e híbridos

As comparações entre as médias obtidas do comprimento de pústulas primárias nos tratamentos foram analisadas conjuntamente nos experimentos 4 e 5, para cada uma das 3 épocas de avaliação, e estão apresentadas nas Tabelas 7, 8 e 9, respectivamente, e os quadros de análise de variância individual e conjunta nos Apêndices 11 a 16. Os tratamentos padrões resistente (HS9045) e suscetível (P3069) sempre diferiram entre si, caracterizando os extremos menor e maior, respectivamente desta variável.

Na primeira avaliação, realizada logo ao rompimento das pústulas, diferiram do padrão suscetível todos os genótipos testados, exceto a linhagem L24. Nas duas avaliações subsequentes, todos os tratamentos, inclusive esta linhagem, diferiram da testemunha suscetível.

Tabela 7. Comprimento médio de pústulas primárias de *P. polysora*, previamente marcadas, avaliadas logo ao rompimento, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 1ª avaliação.

Genótipos	Comprimento de pústulas ^x (mm)		
	Experimento 4 ^y	Experimento 5 ^z	Análise conjunta
P 3069	0,72	0,80	0,76 a
L 24	0,63	0,67	0,65 ab
CA 1#1#1	0,62	0,62	0,62 b
CA 4.2#7	0,61	0,62	0,61 bc
CA 1.2#1#1#	0,60	0,60	0,60 bcd
HS 19X24	0,59	0,58	0,59 bcd
CA 1.1#7	0,56	0,57	0,57 bcde
CA 12.1#3	0,53	0,51	0,52 bcdef
L 19	0,50	0,48	0,49 cdef
L 20	0,44	0,53	0,48 def
CA 5.2#	0,47	0,43	0,45 ef
HS 9045	0,39	0,48	0,44 f
C.V.(%)	13,97		

^x Medidas 5 pústulas por planta. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

^y Avaliação aos 8 e 9 dias após a inoculação.

^z Avaliação aos 9 e 10 dias após a inoculação.

Tabela 8. Comprimento médio de pústulas primárias de *P. polysora*, previamente marcadas, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 2ª avaliação.

Genótipos	Comprimento de pústulas ^x (mm)		
	Experimento 4 ^y	Experimento 5 ^z	Análise conjunta
P 3069	1,12	1,14	1,13 a
CA 1#1#1	0,94	0,86	0,91 b
L 24	0,92	0,84	0,88 b
HS 19X24	0,83	0,84	0,84 bc
CA 4.2#7	0,84	0,79	0,81 bcd
CA 1.2#1#1#	0,80	0,82	0,81 bcd
CA 1.1#7	0,79	0,69	0,74 bcde
CA 12.1#3	0,75	0,69	0,72 bcde
L 19	0,66	0,65	0,66 cde
CA 5.2#	0,70	0,56	0,63 de
L 20	0,56	0,66	0,61 e
HS 9045	0,57	0,62	0,59 e
C.V.(%)	11,66		

^x Medidas 5 pústulas por planta. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

^y Avaliação aos 11 e 12 dias após a inoculação.

^z Avaliação aos 12 e 13 dias após a inoculação.

Tabela 9. Comprimento médio de pústulas primárias de *P. polysora*, previamente marcadas, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 3ª avaliação.

Genótipos	Comprimento de pústulas ^x (mm)		
	Experimento 4 ^y	Experimento 5 ^z	Análise conjunta
P 3069	1,19	1,23	1,21 a
CA 1#1#1	1,02	0,96	0,99 b
L 24	0,95	0,92	0,94 bc
HS 19X24	0,92	0,90	0,91 bcd
CA 1.2#1#1#	0,90	0,90	0,90 bcd
CA 4.2#7	0,92	0,83	0,88 bcd
CA 1.1#7	0,81	0,78	0,79 bcde
CA 12.1#3	0,78	0,73	0,75 cde
CA 5.2#	0,82	0,64	0,73 cde
L 19	0,75	0,69	0,72 de
HS 9045	0,65	0,66	0,65 e
L 20	0,59	0,72	0,65 e
C.V.(%)	12,17		

^x Medidas 5 pústulas por planta. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

^y Avaliação aos 14 e 15 dias após a inoculação.

^z Avaliação aos 15 e 16 dias após a inoculação.

As linhagens L20, CA5.2#, L19 e CA12.1#3 não diferiram da testemunha resistente em relação ao comprimento das pústulas, nas 3 avaliações e a CA1.1#7 apenas na segunda e terceira avaliações.

Os demais materiais testados tiveram comportamento intermediário, entre eles a linhagem CA1#1#1 que não diferiu da L24 e se aproximou bastante do padrão suscetível.

4.2.1.2 Tamanho das pústulas primárias em plantas jovens de linhagens e híbridos

O tamanho médio das pústulas primárias dos genótipos em estudo, estimado com auxílio da escala diagramática ilustrada na Figura 1 (item 3.3.1.2), e comparado através de análise conjunta nos experimentos 4 e 5, para cada uma das 3 épocas de avaliação, está apresentado nas Tabelas 10, 11 e 12, respectivamente. Os quadros de análise de variância são apresentados nos Apêndices 17 a 22.

Os híbridos padrões de resistência (HS9045) e suscetibilidade (P3069) diferiram entre si, nas 3 épocas de avaliação, pertencendo ao grupo de genótipos com menor e maior tamanho de pústulas, respectivamente.

Os genótipos L20, L19, CA1.1#7, CA5.2# e CA12.1#3 não diferiram do padrão resistente quanto ao tamanho das pústulas, nas 3 avaliações, resultado este semelhante ao da variável comprimento de pústulas na segunda e terceira épocas, apresentado no item anterior (4.2.1.1).

Tabela 10. Tamanho médio das pústulas primárias de *P. polysora*, avaliadas logo ao rompimento, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 1ª avaliação.

Genótipos	Tamanho das pústulas ^x		
	Experimento 4 ^y	Experimento 5 ^z	Análise conjunta
P 3069	2,68	2,36	2,52 a
L 24	2,36	2,11	2,23 ab
CA 1.2#1#1#	2,12	1,95	2,04 bc
CA 1#1#1	1,94	1,82	1,88 bc
CA 4.2#7	1,86	1,88	1,87 bc
HS 19X24	1,68	1,62	1,65 cd
CA 5.2#	1,50	1,41	1,43 de
CA 1.1#7	1,29	1,49	1,39 de
CA 12.1#3	1,29	1,39	1,38 de
L 19	1,27	1,31	1,29 de
HS 9045	1,33	1,22	1,27 de
L 20	1,05	1,15	1,10 e
C.V.(%)			4,09

^xTamanho das pústulas estimado através de notas de 1 a 6, com auxílio da escala diagramática ilustrada na Figura 1(item 3.3.1.2). Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5% (Tukey dos dados transformados em $\sqrt{x + 1}$).

^yAvaliação aos 11 e 12 dias após a inoculação.

^zAvaliação aos 12 e 13 dias após a inoculação.

Tabela 11. Tamanho médio das pústulas primárias de *P. polysora*, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 2ª avaliação.

Genótipos	Tamanho das pústulas ^x		
	Experimento 4 ^y	Experimento 5 ^z	Análise conjunta
P 3069	3,86	3,42	3,63 a
L 24	3,10	2,72	2,91 ab
CA 1.2#1#1#	2,64	2,63	2,64 bc
CA 1#1#1	2,55	2,64	2,59 bc
HS 19X24	2,62	2,44	2,53 bc
CA 4.2#7	2,35	2,51	2,43 bcd
CA 12.1#3	2,16	2,03	2,10 cde
L 19	2,07	1,96	2,01 cde
CA 5.2#	2,23	1,68	1,95 cde
CA 1.1#7	1,93	1,62	1,77 de
HS 9045	1,95	1,46	1,70 e
L 20	1,53	1,65	1,5 e
C.V.(%)			3,89

^xTamanho de pústulas estimado através de notas de 1 a 6, com auxílio da escala diagramática da Figura 1(item 3.3.1.2). Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5% (Tukey dos dados transformados em $\sqrt{x+1}$).

^yAvaliação aos 11 e 12 dias após a inoculação.

^zAvaliação aos 12 e 13 dias após a inoculação.

Tabela 12. Tamanho médio das pústulas primárias de *P. polysora*, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 3ª avaliação.

Genótipos	Tamanho das pústulas ^x		
	Experimento 4 ^y	Experimento 5 ^z	Análise conjunta
P 3069	4,12	3,58	3,84 a
L 24	3,29	2,92	3,10 b
CA 1#1#1	3,15	2,88	3,01 b
CA 1.2#1#1#	2,75	2,87	2,81 bc
HS 19X24	2,89	2,70	2,80 bc
CA 4.2#7	2,79	2,68	2,74 bcd
CA 12.1#3	2,33	2,37	2,35 cde
CA 5.2#	2,48	2,02	2,25 cde
L 19	2,22	2,08	2,15 de
CA 1.1#7	2,06	1,83	1,94 e
HS 9045	2,03	1,55	1,78 e
L 20	1,75	1,81	1,78 e
C.V.(%)			4,59

^x Tamanho de pústulas estimado através de notas de 1 a 6, com auxílio da escala diagramática da Figura 1(item 3.3.1.2). Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5% (Tukey dos dados transformados em $\sqrt{x+1}$).

^y Avaliação aos 14 e 15 dias após a inoculação.

^z Avaliação aos 15 e 16 dias após a inoculação.

Quanto ao padrão suscetível, apenas a linhagem L24 não diferiu significativamente deste, na primeira e segunda avaliações realizadas, resultado também semelhante ao obtido com a variável comprimento de pústulas na primeira avaliação.

As correlações de Pearson, entre estas duas variáveis, para o experimento 4, foram de 0,71; 0,86 e 0,94 e para o experimento 5, de 0,89; 0,90 e 0,86, respectivamente, na primeira, segunda e terceira épocas de avaliação.

4.2.1.3 Número de pústulas em plantas jovens de linhagem e híbridos

As comparações entre o número médio de pústulas dos diferentes genótipos, nos experimentos 4 e 5, foram feitas através de análise conjunta, para cada uma das 3 épocas de avaliação, e estão apresentadas nas Tabelas 13, 14 e 15. Os quadros de análise de variância individual e conjunta estão nos Apêndices 23 a 28.

Nas 3 épocas de avaliação, os padrões resistente (HS9045) e suscetível (P3069) foram significativamente diferentes entre si. O P3069 sempre apresentou o maior número de pústulas, diferindo de todos os demais tratamentos.

Todos os tratamentos testados, exceto as linhagens L24 e L19, na primeira época de avaliação, não diferiram significativamente do híbrido resistente HS9045. Apesar de não terem sido detectadas diferenças significativas entre estes tratamentos, foi observada uma tendência de ordenamento relativamente semelhante nas 3 épocas de avaliação, pela análise conjunta, em ambos os experimentos.

Tabela 13. Número médio de pústulas primárias de *P. polysora*, avaliadas logo ao rompimento, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 1ª avaliação.

Genótipos	Número de pústulas por planta ^x		
	Experimento 4 ^y	Experimento 5 ^z	Análise conjunta
P 3069	58,51	60,42	59,46 a
L 24	25,60	30,36	27,93 b
L19	25,25	27,68	26,45 b
HS 19X24	22,19	24,15	23,16 bc
CA 5.2#	21,97	19,20	20,56 bc
CA 12.1#3	20,31	18,98	19,64 bc
CA 1#1#1	22,29	16,23	19,15 bc
CA 1.1#7	13,76	25,34	19,13 bc
CA 4.2#7	21,40	16,23	18,74 bc
CA 1.2#1#1#	14,97	20,71	17,73 bc
L 20	15,92	15,02	15,47 bc
HS 9045	7,17	13,40	10,06 c
C.V.(%)	22,03		

^x Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5% (Tukey dos dados transformados em $\sqrt{x+1}$).

^y Avaliação aos 8 e 9 dias após a inoculação.

^z Avaliação aos 9 e 10 dias após a inoculação.

Tabela 14. Número médio de pústulas de *P. polysora* em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 2ª avaliação.

Genótipos	Número de pústulas por planta ^x		
	Experimento 4 ^y	Experimento 5 ^z	Análise conjunta
P 3069	71,59	83,76	77,56 a
L 24	30,67	42,87	36,52 b
L 19	33,77	33,93	33,85 b
CA 5.2#	30,22	31,89	31,05 b
HS 19X24	28,79	29,64	29,21 b
CA 1#1#1	27,15	25,42	26,28 b
CA 1.1#7	16,91	34,57	24,99 b
CA 12.1#3	24,33	22,70	23,51 b
CA 1.2#1#1#	19,84	27,23	23,40 b
CA 4.2#7	25,71	20,84	23,22 b
L 20	22,42	21,04	21,73 b
HS 9045	15,49	28,92	21,71 b
C.V.(%)			19,77

^x Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5% (Tukey dos dados transformados em $\sqrt{x+1}$).

^y Avaliação aos 11 e 12 dias após a inoculação.

^z Avaliação aos 12 e 13 dias após a inoculação.

Tabela 15. Número médio de pústulas de *P. polysora* em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 3ª avaliação.

Genótipos	Número de pústulas por planta ^x		
	Experimento 4 ^y	Experimento 5 ^z	Análise conjunta
P 3069	77,18	105,93	91,00 a
L 24	33,05	52,79	42,36 b
CA 1#1#1	35,55	43,24	39,30 b
CA 5.2#	33,66	42,60	38,00 b
L 19	34,24	37,03	35,62 b
HS 19X24	30,70	37,12	33,84 b
CA 1.2#1#1#	25,58	40,69	32,71 b
CA 1.1#7	20,43	45,47	31,75 b
CA 12.1#3	26,10	29,91	27,97 b
HS 9045	17,56	36,57	26,24 b
CA 4.2#7	28,05	24,31	26,14 b
L 20	24,24	23,31	23,77 b
C.V.(%)			18,93

^x Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5% (Tukey dos dados transformados em $\sqrt{x+1}$).

^y Avaliação aos 14 e 15 dias após a inoculação.

^z Avaliação aos 15 e 16 dias após a inoculação.

4.2.1.4 Porcentagem de pústulas primárias rompidas em plantas jovens de linhagens e híbridos

A comparação entre a porcentagem média de pústulas primárias rompidas, nos genótipos em estudo, avaliada uma única vez, na primeira época de avaliação, feita através de análises individuais dos experimentos 4 e 5, está apresentada na Tabela 16. Os quadros de análise de variância são apresentados nos Apêndices 29 e 30.

Através da avaliação desta variável, não foi possível diferenciar os genótipos. Não houve tendência do híbrido padrão suscetível apresentar maior porcentagem de pústulas rompidas. Apenas alguns materiais apresentaram a tendência de um rompimento mais lento das pústulas, como a linhagem L20, nos dois experimentos e o padrão de resistência no primeiro experimento.

4.2.1.5 Fase predominante de desenvolvimento de pústulas em plantas jovens de linhagens e híbridos

As comparações entre a fase predominante média de desenvolvimento de pústulas nos genótipos, nos experimentos 4 e 5, para cada uma das 3 épocas de avaliação, estão apresentadas nas Tabelas 17, 18 e 19, respectivamente, e os quadros de análise de variância individual e conjunta nos Apêndices 31 a 36.

Tabela 16. Porcentagem média de pústulas primárias de *P. polysora* esporulando, avaliadas logo ao rompimento, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - avaliação única.

Genótipos	Porcentagem de pústulas primárias rompidas ^x		
	Experimento 4 ^y	Experimento 5 ^z	Média
CA 5.2#	65,71 a	92,98 a	79,35
CA 1.1#7	71,34 a	87,33 a	79,34
CA 1#1#1	73,35 a	85,19 a	79,27
CA 1.2#1#1#	67,18 a	89,65 a	78,42
CA 4.2#7	68,98 a	81,94 a	75,46
L 24	67,97 a	80,63 a	74,30
CA 12.1#3	63,74 a	82,15 a	72,95
P 3069	63,85 a	80,37 a	72,11
L19	67,25 a	70,81 a	69,03
HS 19X24	64,71 a	68,35 a	66,53
HS 9045	48,99 a	75,06 a	62,03
L20	54,10 a	68,43 a	61,27
C.V.(%)	9,43	6,93	

^x Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5% (Tukey dos dados transformados em \sqrt{x}).

^y Avaliação aos 8 e 9 dias após a inoculação.

^z Avaliação aos 9 e 10 dias após a inoculação.

Tabela 17. Fase predominante de desenvolvimento de pústulas de *P. polysora* avaliadas logo ao rompimento, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 1ª avaliação.

Genótipos	Fase predominante de desenvolvimento de pústulas ^x	
	Experimento 4 ^y	Experimento 5 ^z
P 3069	3,83 a	4,87 a
L 24	3,56 ab	4,60 a
CA 4.2#7	3,40 abc	4,16 ab
CA 1.2#1#1#	2,32 abcd	4,84 a
HS 19X24	3,11 abc	3,77 abc
CA 1#1#1	2,68 abcd	4,16 ab
CA 12.1#3	3,13 abc	3,20 abc
L 19	2,57 abcd	3,61 abc
CA 5.2#	2,97 abc	2,97 abc
CA 1.1#7	1,95 cd	3,42 abc
L 20	2,08 bcd	2,44 bc
HS 9045	1,29 d	2,07 c
C.V.(%)	7,17	7,35

^x Fase predominante de desenvolvimento de pústulas estimada de acordo com as seguintes classes: 0= ausência de sintomas; 1= pontos cloróticos e/ou necróticos; 2= lesões com pústulas circulares pequenas, $\leq 0,4$ mm de comprimento, encobertas pela epiderme; 2,5= lesões com pústulas circulares pequenas, $\leq 0,4$ mm, com esporulação; 3= lesões com pústulas circulares, de tamanho médio $> 0,4$ mm, encobertas pela epiderme; 4= lesões com pústulas circulares de tamanho médio, $> 0,4$ e $\leq 0,7$ mm, com esporulação; 5= lesões com pústulas circulares a ovais de tamanho médio a grande, $> 0,7$ e $\leq 1,0$ mm, com esporulação; 6= lesões com pústulas grandes, $> 1,0$ e $\leq 1,3$ mm, de formato oval, com esporulação; 7= lesões com pústulas muito grandes, $> 1,3$ mm, alongadas, com esporulação. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5% (Tukey dos dados transformados em $\sqrt{x+1}$).

^y Avaliação aos 8 e 9 dias após a inoculação.

^z Avaliação aos 9 e 10 dias após a inoculação.

Tabela 18. Fase predominante de desenvolvimento de pústulas de *P. polysora* em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 2ª avaliação.

Genótipos	Fase predominante de desenvolvimento de pústulas ^x	
	Experimento 4 ^y	Experimento 5 ^z
P 3069	5,90 a	6,02 a
L 24	5,09 ab	5,79 ab
CA 4.2#7	4,76 ab	5,52 ab
HS 19X24	4,61 abc	5,54 ab
CA 12.1#3	4,53 abc	5,34 ab
CA 1.2#1#1#	4,10 abc	5,72 ab
CA 5.2#	4,54 abc	4,87 ab
CA 1#1#1#	4,17 abc	5,20 ab
HS 9045	3,80 abc	4,62 b
L 19	3,60 bc	4,80 ab
L 20	3,28 bc	4,91 ab
CA 1.1#7	2,75 c	4,83 ab
C.V.(%)	6,59	3,66

^x Fase predominante de desenvolvimento de pústulas estimada de acordo com as seguintes classes: 0= ausência de sintomas; 1= pontos cloróticos e/ou necróticos; 2= lesões com pústulas circulares pequenas, $\leq 0,4$ mm de comprimento, encobertas pela epiderme; 2,5= lesões com pústulas circulares pequenas, $\leq 0,4$ mm, com esporulação; 3= lesões com pústulas circulares, de tamanho médio $> 0,4$ mm, encobertas pela epiderme; 4= lesões com pústulas circulares de tamanho médio, $> 0,4$ e $\leq 0,7$ mm, com esporulação; 5= lesões com pústulas circulares a ovais de tamanho médio a grande, $> 0,7$ e $\leq 1,0$ mm, com esporulação; 6= lesões com pústulas grandes, $> 1,0$ e $\leq 1,3$ mm, de formato oval, com esporulação; 7= lesões com pústulas muito grandes, $> 1,3$ mm, alongadas, com esporulação. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5% (Tukey dos dados transformados em $\sqrt{x+1}$).

^y Avaliação aos 11 e 12 dias após a inoculação

^z Avaliação aos 12 e 13 dias após a inoculação.

Tabela 19. Fase predominante de desenvolvimento de pústulas de *P. polysora* em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 3ª avaliação.

Genótipos	Fase predominante de desenvolvimento de pústulas ^x	
	Experimento 4 ^y	Experimento 5 ^z
P 3069	6,00 a	6,08 a
L 24	5,96 a	5,79 ab
CA 1#1#1	5,77 a	5,72 abc
CA 4.2#7	5,77 a	5,71 abc
CA 1.2#1#1#	5,58 a	5,87 ab
HS 19X24	5,75 a	5,70 abc
CA 12.1#3	5,61 a	5,63 abc
CA 5.2#	5,46 a	5,25 abc
L 19	5,50 a	5,20 abc
L 20	4,85 ab	5,12 abc
HS 9045	5,03 a	4,67 c
CA 1.1#7	3,20 b	4,96 bc
C.V.(%)	5,21	2,82

^x Fase predominante de desenvolvimento de pústulas estimada de acordo com as seguintes classes: 0= ausência de sintomas; 1= pontos cloróticos e/ou necróticos; 2= lesões com pústulas circulares pequenas, $\leq 0,4$ mm de comprimento, encobertas pela epiderme; 2,5= lesões com pústulas circulares pequenas, $\leq 0,4$ mm, com esporulação; 3= lesões com pústulas circulares, de tamanho médio $> 0,4$ mm, encobertas pela epiderme; 4= lesões com pústulas circulares de tamanho médio, $> 0,4$ e $\leq 0,7$ mm, com esporulação; 5= lesões com pústulas circulares a ovais de tamanho médio a grande, $> 0,7$ e $\leq 1,0$ mm, com esporulação; 6= lesões com pústulas grandes, $> 1,0$ e $\leq 1,3$ mm, de formato oval, com esporulação; 7= lesões com pústulas muito grandes, $> 1,3$ mm, alongadas, com esporulação. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5% (Tukey dos dados transformados em $\sqrt{x+1}$).

^y Avaliação aos 14 e 15 dias após a inoculação.

^z Avaliação aos 15 e 16 dias após a inoculação.

Os híbridos P3069 (padrão de suscetibilidade) e HS9045 (padrão de resistência) foram significativamente diferentes entre si, no experimento 4, apenas na primeira época de avaliação, e no experimento 5, em todas as épocas, caracterizando, nestes casos, os extremos maior e menor, respectivamente, da variável fase predominante de desenvolvimento de pústulas.

No experimento 4, a primeira avaliação, realizada logo ao rompimento das pústulas (Tabela 17), permitiu diferenciar do padrão suscetível as linhagens CA1.1#7 e L20, além do HS9045 e no experimento 5 apenas a L20 foi estatisticamente diferente do híbrido P3069, além do híbrido resistente.

Na segunda avaliação (Tabela 18), as linhagens CA1.1#7, L20 e L19, diferenciaram-se do padrão suscetível, no experimento 4, enquanto que apenas o híbrido padrão de resistência diferiu do P 3069, no experimento 5.

Na última avaliação do experimento 4, apenas a linhagem CA1.1#7 diferiu do padrão de suscetibilidade, embora esta não tenha diferido também da L20. No experimento 5, nesta terceira época de avaliação, apenas as linhagens CA1.1#7 e o híbrido HS9045 diferiram do padrão de suscetibilidade (Tabela 19).

Com relação ao padrão de resistência, por outro lado, na primeira avaliação do experimento 4, metade dos genótipos testados não diferiram estatisticamente daquele: CA1.1#7, L20, CA1.2#1#1#, L19 e CA1#1#1, e no experimento 5, os seguintes genótipos foram estatisticamente semelhantes ao padrão de resistência: L20, CA5.2#, CA1.1#7, CA12.1#3, L19 e HS19X24 (Tabela 17).

Na segunda avaliação, em ambos os experimentos, não foi possível diferenciar os genótipos testados do híbrido HS9045, o qual, no experimento 4, teve um comportamento intermediário (Tabela 18).

Na terceira avaliação do experimento 4, a linhagem CA1.1#7 apresentou uma média inferior à do híbrido HS9045, sendo que ambos os

materiais não diferiram da L20. No experimento 5, a maioria dos genótipos que foram semelhantes, na primeira avaliação, ao híbrido resistente, também o foram nesta época, os quais são: CA1.1#7, L20, L19, CA5.2# e CA12.1#3, além de CA1.2#1#1#, CA4.2#7 e CA1#1#1 que puderam ser diferenciados do padrão de resistência apenas nesta terceira época (Tabela 19).

4.2.2 Variáveis avaliadas em plantas adultas, em condições campo, experimento 6

4.2.2.1 Severidade da doença em plantas adultas de linhagens e híbridos

Esta variável foi avaliada levando-se em consideração a área foliar tomada por pústulas, e eventuais necroses foliares decorrentes da presença das mesmas, que ocorreram nos materiais mais suscetíveis.

A severidade média da doença, nos diferentes genótipos, estimada em duas folhas das plantas, com o auxílio da escala diagramática da Figura 2 está apresentada na Tabela 20. A severidade média nas plantas dos materiais testados, avaliada através da Escala Agroceres para planta inteira, está apresentada na Tabela 21. Os quadros de análise da variância, para a severidade em duas folhas e na planta inteira estão apresentados nos Apêndices 37 e 38, respectivamente.

Pelos dois métodos de avaliação, observou-se que os híbridos padrões de resistência (HS9045) e de suscetibilidade (P3069) sempre pertenceram aos grupos extremos, caracterizando, respectivamente, os níveis mais altos de resistência e suscetibilidade.

Tabela 20. Severidade de infecção por *P. polysora*, em plantas adultas de linhagens e híbridos de milho, em condições de campo, em duas folhas por planta, experimento 6.

Genótipos	Severidade média da doença ^w em duas folhas da planta nas épocas		
	1 ^a ^x	2 ^a ^y	3 ^a ^z
L 24	54,00 a	70,10 a	85,35 a
P 3069	42,56 a	60,66 a	76,19 a
CA 12.1#3	10,19 b	14,24 b	24,43 b
HS 19X24	3,97 c	6,57 bc	12,34 bc
CA 4.2#7	3,01 c	3,61 c	4,26 cd
L 19	0,90 cd	1,79 cd	2,99 de
CA 5.2#	0,93 cd	1,39 cd	2,11 de
L 20	0,16 cd	0,23 d	0,34 de
CA 1.2#1#1#	0,12 d	0,14 d	0,20 e
CA 1#1#1	0,05 d	0,07 d	0,11 e
CA 1.1#7	0,04 d	0,06 d	0,07 e
HS 9045	0,01 d	0,01 d	0,01 e
C.V.(%)	23,88	23,14	24,21

^w Porcentagem de área foliar afetada, variando de 0 a 100%, avaliada com auxílio da escala diagramática da Figura 2 (item 3.3.2.1). Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5% (Tukey dos dados transformados em \sqrt{x}).

^x Uma semana após o florescimento médio - avaliação realizada na folha da espiga principal e primeira abaixo.

^y Duas semanas após o florescimento - avaliação realizada na primeira e segunda folhas acima da espiga.

^z Três semanas após o florescimento - avaliação realizada na terceira e quarta folhas acima da espiga.

Tabela 21. Severidade de infecção por *P. polysora*, na planta inteira, em plantas adultas de linhagens e híbridos de milho, em condições de campo, no experimento 6.

Genótipo	Severidade da doença ^w na área foliar total da planta nas épocas		
	1 ^a ^x	2 ^a ^y	3 ^a ^z
P 3069	5,39 a	7,05 a	8,19 a
L 24	4,40 a	7,45 a	8,49 a
CA 12.1#3	3,19 bc	5,52 b	6,44 b
HS 19X24	2,68 bcd	4,18 c	5,03 bc
CA 4.2#7	3,35 b	3,93 cd	4,80 cd
L 19	1,95 def	2,97 de	3,57 de
CA 5.2#	2,38 cde	2,73 c	3,18 e
L 20	1,69 efg	2,02 ef	2,60 ef
HS 9045	1,39 fg	1,62 f	1,92 fg
CA 1#1#1	1,27 fg	1,49 f	1,64 fg
CA 1.1#7	1,12 g	1,42 f	1,64 fg
CA 1.2#1#1#	1,17 g	1,37 f	1,53 g
C.V.(%)	5,01	5,19	5,46

^w Nota atribuída à planta, variando de 1 (0%) a 9 (> 75% de área foliar total afetada), estimada com auxílio da escala diagramática Agroceres, descrita no item 3.3.2.1. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5% (Tukey dos dados transformados em $\sqrt{x+1}$).

^x Início do florescimento.

^y Duas semanas após a primeira avaliação.

^z Três semanas após a primeira avaliação.

Apenas a linhagem L24 não diferiu do P3069, mostrando-se altamente suscetível à doença, e apresentando rápida necrose foliar, após a formação das pústulas, da mesma forma que este híbrido (Tabelas 20 e 21).

Os genótipos que se mostraram mais resistentes, não diferindo do híbrido HS9045, pela avaliação em 2 folhas da planta, nas 3 avaliações realizadas foram: CA1.1#7, CA1#1#1, CA1.2#1#1#, L20, CA5.2# e L19.

Quando as plantas foram avaliadas através de escala de notas, um menor número de genótipos foi significativamente semelhante à testemunha resistente. As linhagens CA1.2#1#1#, CA1.1#7, CA1#1#1 e L20 foram estatisticamente semelhantes à testemunha nas três avaliações, e a L19 apenas na primeira avaliação (Tabela 21).

Houve boa correlação entre os diferentes métodos de avaliação, embora ela tenha sido mais alta nas comparações dentro de cada método, mesmo nas diferentes épocas. As correlações de Pearson entre estes dois métodos de avaliação da severidade, na primeira, segunda e terceira avaliações foram de 0,88; 0,91 e 0,90%, respectivamente.

Alguns diferentes tipos de reação observados em plantas adultas, em condições de campo, e em plantas jovens, em condições de casa-de-vegetação, estão ilustrados nas Figuras 14 e 15, respectivamente.

As fotografias foram tiradas, com a mesma distância focal, de lesões da terceira folha acima da espiga, em plantas adultas no campo, duas semanas após o florescimento, e de lesões na quarta folha de plantas jovens em casa-de-vegetação, 14 dias após a inoculação.

Nas plantas adultas, foram observados alguns genótipos com resistência elevada, caracterizada pela presença de manchas cloróticas, com ou sem pústulas pequenas no centro das lesões, estas com ou sem esporulação e também de lesões necróticas. Estes sintomas foram observados nas linhagens CA1.1#7, CA1.2#1#1# e CA1#1#1#. Observou-se também genótipos resistentes apresentando pústulas pequenas com ou sem presença

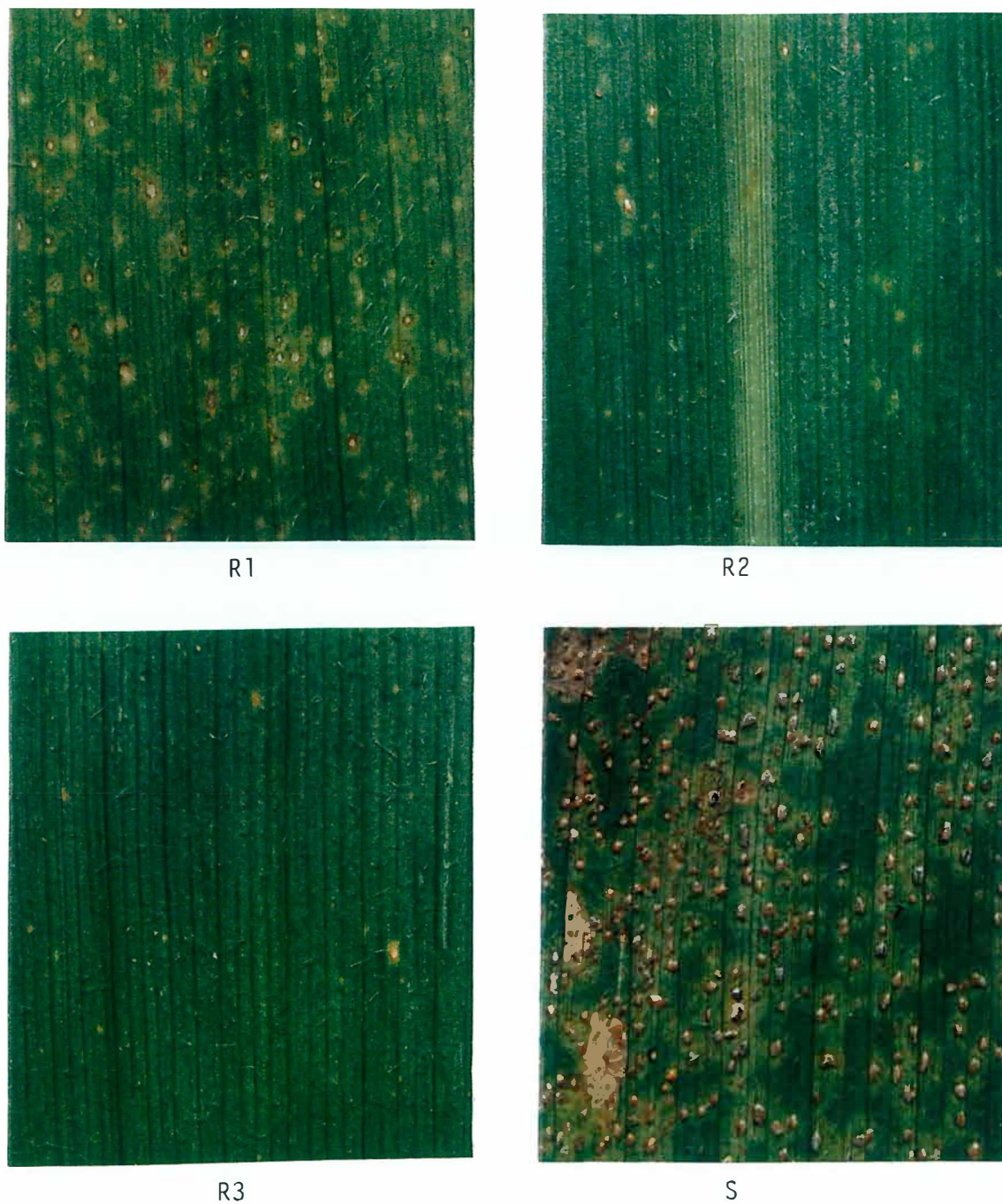


Figura 14. Caracterização de tipos de reação de plantas adultas a *P. polysora*. Resistência em linhagens: R1= lesões cloróticas e necróticas; R2= baixa densidade de pústulas e presença de pontos cloróticos. Resistência em híbridos: R3= baixa densidade de pústulas. Suscetibilidade: S= alta densidade de pústulas por unidade de área e início de necrose do tecido foliar.

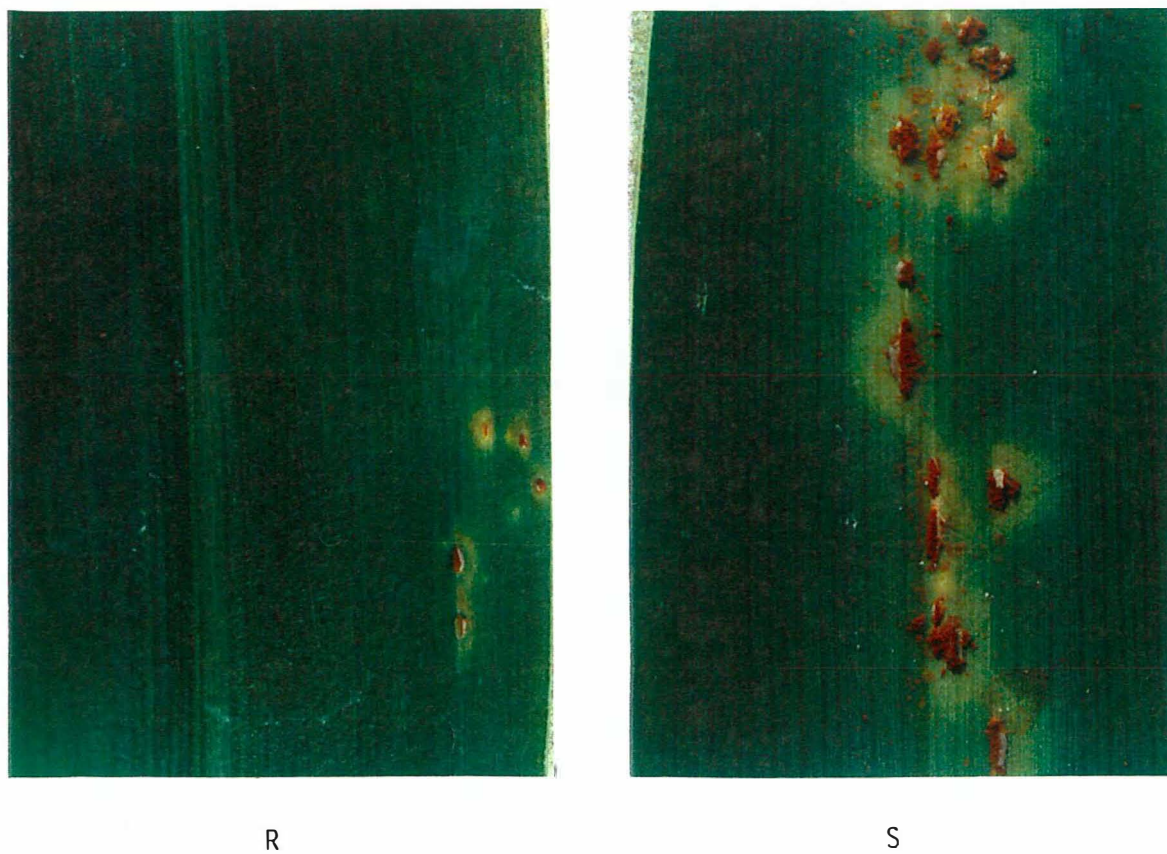


Figura 15. Caracterização de tipos de reação de plantas jovens a *P. polysora*.
R= resistência, com lesões pequenas. S= suscetibilidade, com lesões grandes, ovais a alongadas.

de pontos cloróticos. Nos genótipos com resistência moderada, ocorreram pústulas de tamanho médio e forma geralmente oval; e nos suscetíveis, pústulas grandes de forma oval a alongada, com esporulação abundante que levam, sob alta severidade da doença, a uma rápida necrose dos tecidos.

Em plantas jovens a reação de suscetibilidade se caracterizou por lesões grandes de forma oval ou alongada e a de resistência por lesões pequenas.

4.2.2.2 Tamanho de pústulas em plantas adultas de linhagens e híbridos

As comparações entre o tamanho de pústulas, avaliado na folha da espiga dos diferentes genótipos, em condições de campo, uma semana após o florescimento, estão na Tabela 22.

Apesar das pústulas das plantas adultas, em condições de campo, terem alcançado dimensões, em média, um pouco menores que as das plantas jovens, em casa-de-vegetação, os diferentes genótipos testados puderam ser discriminados em relação a esta variável.

Os padrões de resistência e suscetibilidade pertenceram aos grupos extremos com menor e maior média, respectivamente, diferindo significativamente entre si.

Todos os genótipos testados, exceto a linhagem L24, diferiram significativamente da testemunha suscetível, o híbrido P3069.

Quanto à comparação com a testemunha resistente (HS9045), as linhagens CA1.1#7, CA1#1#1, CA1.2#1#1#, L20 e L19 não diferiram desta, sendo que a CA1.1#7 e CA1#1#1, apresentaram as menores médias, diferentes significativamente da L19, da qual a testemunha resistente não chegou a diferir.

Tabela 22. Tamanho de pústulas de *P. polysora* na parte central da folha da espiga, em plantas adultas de linhagens e híbridos de milho, em condições de campo, no experimento 6.

Genótipos	Tamanho de pústulas ^x
L 24	2,97 a
P 3069	2,92 a
HS 19X24	2,38 b
CA 12.1#3	2,21 bc
CA 4.2#7	2,14 bc
CA 5.2#	1,93 cd
L 19	1,76 de
L 20	1,64 def
CA 1.2#1#1#	1,48 ef
HS 9045	1,43 ef
CA 1#1#1	1,40 f
CA 1.1#7	1,35 f
C.V.(%)	2,58

^xTamanho de pústulas estimado através de notas de 1 a 6, com auxílio da escala diagramática da Figura 1 (item 3.3.1.2). Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5% (Tukey dos dados transformados em $\sqrt{x+1}$).

Houve alta correlação entre o tamanho de pústulas e a severidade da doença no campo, sendo maior em relação à severidade avaliada pelo método de escala de notas. As correlações de Pearson entre o tamanho das pústulas e a porcentagem de área foliar afetada (em duas folhas) na primeira, segunda e terceira avaliações foram de 0,86; 0,86 e 0,87, e com a severidade da planta toda, pelo método de escala de notas, na primeira, segunda e terceira avaliações foram de 0,91; 0,93 e 0,93, respectivamente.

O quadro da análise de variância do tamanho das pústulas em plantas adultas de linhagens e híbridos está apresentado no Apêndice 39.

5 DISCUSSÃO

A inoculação das plantas de milho, realizada quando estas se apresentavam no estágio de 3 a 4 folhas, em condições de casa-de-vegetação, através da colocação de 2 gotas da suspensão de uredíniosporos de *Puccinia polysora* no cartucho das plantas, mostrou-se eficiente para permitir a discriminação da resistência das plantas. Métodos semelhantes, de inoculação no cartucho das plantas, foram utilizados anteriormente, por vários autores, para *Puccinia sorghi* e *Physopella zae* em milho (Oliveira, 1980; Carvalho, 1995). O pequeno volume da suspensão foi adequado, de forma que o cartucho das plantas o conteve e as pústulas surgiram na quarta folha, permitindo uma boa visualização das reações da planta. Em experimentos preliminares, observou-se, em híbridos padrões de resistência e de suscetibilidade, que a quarta folha era apropriada para diferenciar os sintomas da doença.

A escala descritiva elaborada para avaliação dos tipos de reação foi apropriada, permitindo diferenciar plantas de diferentes variedades em casa-de-vegetação. Esta escala incluiu uma primeira classe para plantas sem sintomas, da mesma forma que a escala elaborada por Stakman et al. (1944) e as utilizadas por Stanton & Cammack (1953) e Robert (1962). Outros autores, trabalhando com determinadas variedades, excluíram esta classe por considerá-la escape (Storey & Howland, 1957 e 1959).

A ocorrência de plantas sem sintomas, nos experimentos realizados em condições de casa-de-vegetação deste trabalho, provavelmente não é devida apenas a escape, porque observou-se que as populações mais

resistentes, principalmente a PA-87 (Tabela 1) foram as que apresentaram um maior número de plantas dentro desta classe (Figuras 3 e 4).

Quanto à escala descritiva da fase predominante de desenvolvimento de pústulas, utilizada na avaliação de plantas jovens de linhagens e híbridos, esta permitiu detectar algumas diferenças entre vários genótipos, principalmente na primeira avaliação, logo ao rompimento das pústulas (Tabela 17). Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Carvalho (1995), que observou que, na terceira avaliação, a variável fase média de desenvolvimento de lesões previamente marcadas de *Physopella zae*, embora possibilitando detectar diferenças significativas entre alguns genótipos, revelou-se insuficiente para identificar os diferentes níveis de resistência à ferrugem tropical, apesar de ter sido válida nas primeiras avaliações.

Além disso, Melching (1975), trabalhando com as três ferrugens do milho, observou que pústulas maduras de *P. polysora* sempre foram menores que as de *P. sorghi* ou *P. zae*. Além do menor tamanho, não é comum a formação de pústulas secundárias, ou em grupos, em lesões de *P. polysora* no milho em condições de campo, pois não há citação na literatura a esse respeito (Shurtleff, 1992). Pústulas secundárias, formadas ao redor de pústulas primárias, são muito comuns em lesões de *P. zae* e fazem parte da evolução natural das lesões deste patógeno (Carvalho, 1995). Nos experimentos realizados neste trabalho, com *P. polysora*, foi observada a formação de pústulas secundárias em plantas jovens em condições de casa-de-vegetação, mas, na maioria das vezes, em pequena porcentagem das pústulas primárias, não excedendo a 50% destas e portanto não sendo detectadas nas avaliações da fase predominante de desenvolvimento de pústulas. Estes dois fatores, portanto, de menor crescimento de pústulas e pequena formação de pústulas secundárias, provavelmente, tornam a variável fase predominante de desenvolvimento de pústulas não adequada para

distinção dos genótipos com resistência a ferrugem de *P. polysora* como para ferrugem de *P. zea*.

Em relação à escala diagramática com diferentes tamanhos de pústulas (Figura 1), esta mostrou-se eficiente como auxiliar na discriminação dos tratamentos quanto ao tamanho de pústulas tanto em populações como em linhagens e híbridos de milho, possibilitando detectar diferenças entre as plantas em todos os materiais testados. Apesar desta variável levar em conta também o formato da pústula, o tamanho de pústulas primárias, avaliado em plantas jovens de linhagens e híbridos (Tabelas 10 a 12) apresentou alta correlação com a variável comprimento de pústulas (Tabelas 7 a 9) nos experimentos 4 e 5, onde foram utilizadas as duas variáveis. O uso desta escala diagramática apresentou a vantagem de permitir uma avaliação mais rápida que a mensuração individual de pústulas realizada para a obtenção do comprimento destas.

Quanto ao método de avaliação da severidade de ferrugem polissora em folhas de plantas de milho no campo, a escala diagramática (Figura 2), elaborada especificamente para avaliação dessa doença em folhas individualizadas mostrou-se bastante adequada, proporcionando maior precisão e acurácia na estimativa da porcentagem da área das folhas coberta por pústulas. Esta escala representa vários níveis de severidade da ferrugem, em escala logarítmica, segundo recomendado por Amorim (1995).

Para a estimativa da área foliar total da planta adulta afetada pela doença, foi dada preferência à utilização da escala para avaliação da ferrugem comum, causada por *Puccinia sorghi* (Agrocères, 1993), por esta representar níveis de doença em escala relativamente logarítmica, o que facilita e torna mais segura a diferenciação das plantas nas avaliações.

Dentre as variáveis utilizadas para avaliação da resistência, o comprimento, tamanho e número de pústulas e o tipo de reação das plantas são importantes na discriminação de variedades e demais genótipos de milho

por serem componentes da resistência parcial, no caso das ferrugens denominada “slow rusting”, a qual diminui a taxa de progresso da doença no campo (Parlevliet, 1979). A variável relacionada à formação de pústulas secundárias, por expressar diferenças na colonização do hospedeiro e reprodução do parasita (Robinson, 1987; Vanderplank, 1984; Parlevliet, 1979) provavelmente está associado à resistência parcial. Carvalho (1995) encontrou que o número de pústulas secundárias em lesões de *Physopella zea* permitiu a diferenciação dos genótipos quanto à resistência, sendo complementar à variável desenvolvimento de lesões.

As variáveis tipo de reação, tamanho e número estimado de pústulas primárias, e formação de pústulas primárias e secundárias, utilizadas na avaliação de plantas jovens de populações de milho em casa-de-vegetação, nos experimentos 1 e 2 (Tabelas 1 a 4), foram eficientes na diferenciação destes materiais testados quanto à resistência. Estas variáveis apresentaram coeficiente de variação com valores dentro da faixa de 4,6 a 9,6% que, não sendo elevado, demonstra a adequação dos experimentos para discriminação das plantas através das variáveis estudadas. As variedades que apresentaram as menores médias para essas variáveis também foram as que comportaram-se como mais resistentes no estágio de planta adulta em condições de campo, tanto nas avaliações da área foliar afetada pela doença (Tabela 5) como do tamanho de pústulas (Tabela 6).

Não há referências na literatura sobre estudos com variáveis relacionadas à resistência em populações (materiais segregantes). Por outro lado, em estudos com linhagens e híbridos (materiais homogêneos), Zummo (1988) obteve resultados semelhantes ao deste trabalho. Este autor observou que a incidência, dada pela presença de pústulas e porcentagem de área foliar coberta pelas pústulas e o tamanho, dado pelo comprimento das pústulas, poderiam ser utilizados para diferenciar genótipos de milho quanto a resistência parcial à ferrugem.

Estes resultados também estão de acordo com Ru-Hong¹ et al., citados por Zummo (1988), que encontraram resistência em materiais de milho, a qual caracterizaram como “slow-rusting”, baseada em menor número de pústulas por unidade de área foliar e tipo de infecção inferior, entre outros. A partir destes resultados, Scott & Zummo (1989) utilizaram em seus experimentos linhagens identificadas previamente como tendo resistência “slow rusting” nas quais foram observadas pústulas menores e em número reduzido.

Neste trabalho, comparando os experimentos 1 e 2, para cada uma das variáveis avaliadas em plantas jovens de populações (Tabelas 1 a 4), algumas observações podem ser feitas quanto às diferenças encontradas. Estas variações podem ter sido ocasionadas, em parte, por diferenças na temperatura ocorrida durante a realização destes experimentos. Para o experimento 1, a temperatura média foi ao redor de 24°C, e para o experimento 2, por volta de 26°C (Apêndice 40), mais próxima a 27°C que é a temperatura ideal para o desenvolvimento desta ferrugem. Foi possível uma melhor discriminação entre os tipos de reação no experimento 2 (Tabela 1) no qual as pústulas se desenvolveram mais, provavelmente por ter ocorrido temperatura mais favorável à doença. Pela análise conjunta destes experimentos, para essa variável, chegou a ser detectada diferença significativa entre experimentos (Apêndice 2). O tamanho das pústulas (Tabela 2) e a formação de pústulas secundárias (Tabela 4) também foram um pouco maiores no experimento 2, permitindo melhor diferenciação entre os materiais testados, embora esta diferença não tenha sido detectada estatisticamente (Apêndices 4 e 8). O número de pústulas, ao contrário, foi um pouco menor no experimento 2 (Tabela 3 e Apêndice 6). Estes resultados estão de acordo com Melching (1975), que observou que pústulas de *P. polysora* foram maiores e esporularam

¹ RU-HONG, Z.; KING, S.B.; SCOTT, G.E. **A study of slow rusting of southern rust of corn**: preliminary report state college. Mississippi Agricultural Forestry Experiment Station, 1983. 6p. (Bulletin, 925).

mais nas temperaturas mais altas dentro da faixa de 17 a 30°C, e que a temperatura ideal para maior infectividade dos uredíniosporos está na faixa de 18 a 26°C. Outros fatores que podem estar influenciando o número de pústulas são pequenas diferenças na idade das pústulas das quais foram coletados os uredíniosporos para inoculação dos experimentos, pois há rápida perda da capacidade de infecção dos esporos em pústulas com alguns dias, até um declínio errático em pústulas com 10 dias (Melching, 1975) e pequena viabilidade dos esporos, depois de coletados, a qual pode diminuir ao redor de 20% em um dia, sob condições ambientais (Hollier & King, 1985). Zummo (1988) também encontrou alguma variação na expressão de componentes da resistência de genótipos de milho a *P. polysora*, devido a divergências em condições ambientais e, da mesma forma que neste trabalho, pôde separar os genótipos, mesmo nessas condições.

O uso de distribuições de frequência, para as variáveis avaliadas nos estudos de resistência em populações segregantes, foi bastante adequado, permitindo uma melhor caracterização da resistência pela visualização da variabilidade existente, além da simples comparação das médias entre estes materiais.

As populações PA-87, BR106, CPA-19, CPA-04 e CPA-02 apresentaram diversos graus de resistência a *P. polysora*, comportando-se como resistentes ou moderadamente resistentes e, principalmente as três primeiras, mostraram-se promissoras para utilização em programas de melhoramento onde haja interesse por materiais com maior resistência a esta doença. Esta informação possibilita o uso de materiais que necessitam de um menor número de ciclos de seleção, ou seja, o tempo necessário para se obter populações melhoradas para este caráter, as quais poderão ser utilizadas ainda como variedades ou para produção de híbridos intervarietais e também como fontes de novas linhagens para a obtenção de híbridos mais resistentes (Paterniani & Miranda Filho, 1987).

Com relação ao estudo de componentes da resistência parcial em linhagens e híbridos, todas as variáveis relacionadas à quantidade de esporos produzidos: comprimento, tamanho e número de pústulas primárias e fase predominante do desenvolvimento de pústulas, estudadas em plantas jovens, em casa-de-vegetação, nos experimentos 4 e 5 (Tabelas 7 a 19), e as estudadas em plantas adultas, no campo, no experimento 6: severidade da doença em duas folhas e na planta inteira e tamanho de pústulas (Tabelas 20 a 22), permitiram identificar diferenças entre os genótipos.

Tanto o comprimento de pústulas, em plantas jovens, como o tamanho das pústulas, avaliado em plantas jovens e adultas, permitiram discriminação entre os genótipos. Foram observadas, entretanto, algumas diferenças em determinados materiais. Em casa-de-vegetação, a linhagem CA1.1#7 apresentou comprimento de pústulas intermediário em relação aos demais genótipos (Tabelas 7, 8 e 9), mas tamanho reduzido, enquadrando-se dentro do grupo de genótipos com menor tamanho de pústulas (Tabela 10, 11 e 12). Isto deveu-se, provavelmente, ao fato destas pústulas serem um pouco mais estreitas, enquadrando-se em uma classe inferior da escala diagramática de tamanhos de pústulas utilizada, correspondente à Figura 1. A variável tamanho de pústula, embora mais subjetiva, por levar em conta, além do comprimento, também a largura, possivelmente apresente um resultado mais acurado da quantidade de esporos produzidos.

As linhagens CA1.1#1 e CA1.2#1#1# que apresentaram comprimento e tamanho de pústula intermediários e a CA1.1.#7 que apresentou comprimento intermediário nas avaliações em casa-de-vegetação, estas três apresentaram, em plantas adultas, em condições de campo, os menores tamanhos de pústulas, as quais chegaram a apresentar diferenças contrastantes quanto à resistência em plantas jovens e adultas. Nas plantas adultas dessas linhagens, sob condições de campo, no experimento 6, foi observada uma variabilidade de sintomas, sendo caracterizados por manchas

ou reações cloróticas sem ou com pústulas, e estas sem ou com esporulação (Figura 14 R1). Zummo (1988) também observou, em alguns genótipos de seus experimentos, onde o que pareceram ser “flecks” a olho nu, quando examinados sob um aumento de 30 vezes, eram na realidade uredínias muito pequenas de *P. polysora*, com 0,1 mm, que quando dissecadas em laboratório, ocasionalmente apresentavam uredíniosporos. Estas uredínias não esporulavam ou liberavam uredíniosporos até após o colapso do tecido do hospedeiro. Este autor, por outro lado, além da observação de pontos cloróticos e pústulas muito pequenas, não menciona a ocorrência de lesões cloróticas ou necróticas nos materiais altamente resistentes. Carvalho (1995), em estudos com a ferrugem tropical do milho, à semelhança deste trabalho, também encontrou reações clorótico-necróticas associadas ou não a pústulas muito pequenas em linhagens com resistência elevada. Observou também que plantas jovens destas linhagens, em condições de casa-de-vegetação, não apresentavam pústulas com comprimento menor que os materiais com resistência moderada. Este autor cita que a maior suscetibilidade destes genótipos, em condições de casa-de-vegetação e sua maior resistência em campo, sugere a existência de resistência de planta adulta. Nas linhagens deste trabalho, que apresentaram alta resistência associada a reação clorótico-necrótica em plantas adultas, não foi observada correspondência da resistência no estágio de plantas jovens devido possivelmente a um elevado nível de resistência de planta adulta.

A linhagem L24, que nas plantas jovens em condições de casa-de-vegetação, notadamente na segunda e terceira avaliações, diferiu do híbrido padrão suscetível P3069, quanto ao comprimento (Tabelas 8 e 9) e ao tamanho de pústulas (Tabela 12), nas plantas adultas em condições de campo (Tabela 22), apresentou reação um pouco diferente, dada pelo tamanho relativamente maior de pústulas, não diferindo deste. Isto provavelmente ocorreu devido ao vigor de híbrido apresentado pelo padrão suscetível, P3069,

no estágio de planta adulta, pois evidências deste efeito são citadas por Bailey et al. (1987) que observaram que os híbridos, de uma forma geral, são mais resistentes que as linhagens, e sugerem que o "slow rusting", seja afetado pelo vigor geral da planta.

Quanto aos demais genótipos, que não apresentaram reação clorótico-necrótica nos estádios de planta adulta, aqueles com menor comprimento (Tabelas 7 a 9) e menor tamanho de pústulas (Tabelas 10 a 12) em casa-de-vegetação foram os mais resistentes em condições de campo (Tabelas 20 e 21). Os resultados obtidos com estes genótipos estão de acordo com Zummo (1988), que também comparou linhagens e híbridos em condições de casa-de-vegetação e campo.

Em casa-de-vegetação, o tamanho das pústulas, em geral, foi maior que no campo, fato também observado por Zummo (1988), possivelmente pela manifestação da resistência de planta adulta. Este autor, entretanto, observou que a relação entre os genótipos por ele testados, quanto a esta variável permaneceu constante em casa-de-vegetação e no campo. Ele, porém, trabalhou com outros materiais, e não faz referência a linhagens com reações cloróticas no estágio de planta adulta, como as observadas no experimento 6 e ilustradas na Figura 14 R1.

O tamanho de pústulas em plantas adultas, em condições de campo (Tabela 22), estimado com auxílio da escala diagramática da Figura 1, que apresentou alta correlação, ao redor de 0,90, com a severidade da doença, avaliada pelos dois métodos, em duas folhas (Tabela 20) ou na planta inteira (Tabela 21), mostrou-se uma variável eficiente para diferenciar genótipos quanto à resistência a *P. polysora*. Bassanezi (1995) e Lamauti (1995) também estimaram, com sucesso, o tamanho de pústulas de ferrugem em plantas de feijão, através de escalas diagramáticas semelhantes à utilizada neste trabalho.

O número de pústulas (Tabelas 13 a 15) em plantas jovens de linhagens e híbridos, de modo geral, foi menor em plantas dos genótipos mais resistentes que nas dos genótipos mais suscetíveis, mas essa diferença foi evidenciada apenas quando compararam-se genótipos com graus de resistência acentuadamente distintos. Resultado semelhante foi observado por Carvalho (1995) no patossistema milho - *Physopella zaeae*.

Em plantas jovens de populações, nos experimentos 1 e 2, quando foi feita a distribuição de frequência do número de plantas dentro das classes de número de pústulas primárias (Figuras 7 e 8), observou-se, em parte das populações, que estas distribuições eram relativamente uniformes dentro das classes intermediárias, indicando uma grande variação do número de pústulas por planta em cada material, diferentemente das demais características avaliadas onde a distribuição em geral apresentava um pico em uma das classes (Figuras 3 a 6, 9 e 10). Incidência (número de uredínias) variável foi encontrada também por Zummo (1988) em avaliações de linhagens e híbridos de milho quanto à resistência a *P. polysora*, mas apesar desta variabilidade também foi possível discriminar os genótipos.

Bailey et al. (1987) apontam que maiores diferenças em relação ao número de pústulas são observadas no campo, com muitos ciclos do patógeno na cultura, embora Salgado et al. (1996) não tenham encontrado diferenças entre a densidade de pústulas nos diferentes genótipos testados em condições de campo, observando apenas diferenças significativas quanto ao número de pústulas nesses genótipos em casa-de-vegetação. Ru-Hong et al.¹ citados por Zummo (1988) também descreveram resistência “slow rusting” a *P. polysora* baseada em menor frequência de infecção, entre outras características da uredínia.

Com efeito, entre as variáveis estudadas em linhagens e híbridos, o número de pústulas (Tabelas 13 a 15) foi a que apresentou o mais alto coeficiente de variação (ao redor de 20%) e foi menos eficiente em demonstrar

a resistência com o número de repetições utilizado. As demais variáveis também relacionadas à quantidade de esporos produzidos, nas quais o coeficiente de variação variou ao redor de 4 e 12% para o tamanho (Tabelas 10 a 12) e comprimento (Tabelas 7 a 9) de pústulas, respectivamente, permitiram melhor discriminação entre a resistência dos genótipos. Nos experimentos com populações (Tabela 3), em que foi utilizado maior número de repetições, com grande número de plantas, o coeficiente de variação foi menor (ao redor de 9%) e houve boa discriminação das populações quanto à resistência.

Da mesma forma, Pataky (1987), trabalhando com *Puccinia sorghi* em milho, observou diferenças entre genótipos quanto ao número de pústulas esporulando apenas quando utilizou um maior número de repetições.

Nos experimentos 4 e 5, realizados com plantas jovens de linhagens e híbridos, apesar da diferença evidenciada apenas entre os genótipos que apresentaram número de pústulas acentuadamente distintos, algumas observações podem ser feitas. A linhagem L24, altamente suscetível no estágio de planta adulta, em condições de campo, não diferindo do híbrido suscetível P3069, sempre apresentou um número de pústulas significativamente menor que o P3069 nos experimentos com plantas jovens em casa-de-vegetação, sugerindo que sua suscetibilidade pode ser consequência, além da ausência de um vigor de híbrido, principalmente pelo comprimento ou tamanho de pústulas (variáveis pelas quais várias vezes não diferiu do padrão suscetível - Tabelas 7, 10 e 11), entre outras. A linhagem L19, que comportou-se como resistente a moderadamente resistente em condições de campo, várias vezes, não diferindo do híbrido padrão de resistência, HS9045 (Tabelas 20 e 21), diferiu deste, em condições de casa-de-vegetação, quanto ao número de pústulas primárias na primeira avaliação (Tabela 13), e apresentou um comportamento, em relação a essa variável, sempre muito semelhante ao da linhagem L24, altamente suscetível em

condições de campo (Tabelas 13 a 15). Estes resultados sugerem que o número de pústulas primárias, componente da resistência “slow rusting”, provavelmente tem menor efeito na manifestação da resistência da linhagem L19 do que outros componentes como o comprimento ou o tamanho de pústulas, para os quais a L19 sempre diferiu da L24 e nunca diferiu do padrão resistente (Tabelas 7 a 12) nos experimentos 4 e 5. Estes resultados indicam que a linhagem L19 é moderadamente resistente devido, principalmente, ao menor tamanho ou comprimento das pústulas, mecanismo pelo qual é produzido um menor número de esporos.

Por outro lado, a linhagem L20, mais resistente que a L19 nunca diferiu do padrão resistente quanto aos componentes da resistência “slow rusting”, estudados em plantas jovens nos experimentos 4 e 5: comprimento, tamanho e número de pústulas (Tabela 7 a 15), avaliados em condições de casa-de-vegetação e quanto ao tamanho de pústulas (Tabela 22), avaliado em plantas adultas no campo, no experimento 6. Esta linhagem mostrou-se bastante resistente, não diferindo do híbrido padrão resistente em todas as avaliações de severidade da doença no campo (Tabelas 20 e 21).

As observações feitas com estas duas linhagens estão de acordo com Scott & Zummo (1989), que observaram que o “slow rusting”, pode ser o efeito de uma ou mais características que reduzem o crescimento e o desenvolvimento do fungo. Estes autores concluíram que, se o genótipo da planta apresenta genes para mais de um desses componentes, então o efeito total será cumulativo. Variáveis avaliadas por Carvalho (1995) como o desenvolvimento de pústulas e o número de pústulas secundárias, mostraram-se como componentes da resistência “slow rusting” do milho a *Physopella zae* e também apresentaram efeitos complementares na manifestação da resistência.

A variável fase predominante de desenvolvimento de pústulas, estudada em plantas jovens de linhagens e híbridos, embora não tenha sido

eficiente para discriminar os genótipos em relação a resistência à *P. polysora*, como o foi para *P. zea* (Carvalho, 1995), permitiu serem observadas diferenças entre os genótipos na primeira avaliação, realizada logo ao rompimento das pústulas (Tabela 17).

O início do rompimento das pústulas, em plantas jovens de linhagens e híbridos, em casa-de-vegetação, no experimento 3, deu-se aos 8 dias, e no experimento 4, apenas aos 9 dias após a inoculação, nos genótipos testados, em todos os tratamentos. Esta diferença provavelmente ocorreu devido a influência do ambiente no período posterior à inoculação, onde as temperaturas médias foram de 25,2° e 23,8°C, respectivamente para os experimentos 3 e 4 (Apêndice 41). Melching (1975) também observou diminuição do tempo para início da esporulação de pústulas de *P. polysora* em temperaturas mais altas dentro da faixa de 17 a 30°C. Outra causa de variação do período latente, citada por Parlevliet (1979), pode ser por diferenças na idade das folhas. Neste trabalho, em experimentos preliminares com plantas jovens, também foi observado que as pústulas de *P. polysora* em folhas mais novas, tanto de híbridos resistentes como suscetíveis de milho, romperam-se em tempo um pouco menor.

Pela porcentagem de pústulas primárias rompidas (Tabela 16) não foi possível discriminar a resistência dos materiais neste trabalho, havendo maior diferença entre experimentos que entre tratamentos. Apenas observou-se a tendência de um rompimento mais tardio das pústulas na linhagem L20 (resistente) e no híbrido padrão resistente.

Por outro lado, Ru-Hong et al.¹ citados por Zummo (1988) encontraram, em milho, resistência “slow rusting” a *P. polysora* associada a período latente mais longo. Zummo (1988) também observou, nos genótipos mais suscetíveis, que as pústulas romperam-se mais cedo, embora tenha notado diferenças maiores quanto a esta variável em plantas adultas no campo que em plântulas em casa-de-vegetação. Este autor concluiu que variáveis

como tamanho e número de pústulas, e entre eles a porcentagem de pústulas esporulando, permitiram separar os genótipos quanto à resistência em condições ambientais divergentes. Observou, no entanto, que diferenças em relação ao período de incubação foram maiores entre experimentos que entre tratamentos. Scott & Zummo (1989) que encontraram, nos genótipos mais resistentes, menor tamanho e número de pústulas altamente significativo, observaram apenas que nestes o rompimento de pústulas chegou a ser mais tardio. Pataky (1987), embora estudando o patossistema milho - *Puccinia sorghi*, não observou diferenças entre genótipos resistentes e suscetíveis quanto ao período latente.

As divergências nos resultados obtidos entre os vários trabalhos quanto à importância do tempo para início da produção de esporos, como componente da resistência, podem ser devidas a diferenças na forma de manifestação da resistência dos diferentes genótipos estudados pelos autores. Possivelmente, um menor número de genótipos apresenta esta variável como um importante componente da resistência.

A resistência parcial ou "slow-rusting" é geralmente considerada como de planta adulta (Vanderplank, 1984; Kim, 1993), mas Zummo (1988) considera que ela pode se manifestar, independente do estágio de desenvolvimento, em diferentes graus.

Os genótipos que apresentaram comportamento de resistência a *P. polysora* foram, em geral, os mesmos tanto no estágio de planta jovem, em casa-de-vegetação, como em plantas adultas no campo; porém, alguns deles, CA1.1, CA1.2 e CA1.7, que tiveram comportamento intermediário quanto ao comprimento de pústulas em plantas jovens em casa-de-vegetação, apresentaram-se como altamente resistentes em condições de campo. (Tabelas 21 e 22). Estes genótipos apresentaram desenvolvimento muito lento de lesões nas folhas das plantas adultas infectadas, fato mais facilmente observado nas folhas inferiores, pelo rápido aumento da severidade da doença

nos materiais mais suscetíveis. Isto sugere resistência de planta adulta, que pode ser uma característica da resistência parcial. A resistência destes materiais, caracterizada por reações clorótico-necróticas sem ou com pústulas, estas sem ou com esporulação, se assemelha a tipos de reações também encontrados por outros autores para ferrugens em milho (Carvalho, 1995; Ullstrup, 1965 e Hulbert et al., 1991). Em contraposição, Pataki (1987) relatou este tipo de reação a *Puccinia sorghi* como condicionado por herança monogênica ou oligogênica que, como regra geral, não se manifesta através da resistência parcial. A resistência parcial tem sido muito procurada pela maior possibilidade de ser estável ou durável.

Quanto aos genótipos mais suscetíveis, esta ferrugem tem sido descrita como a mais agressiva e destrutiva entre as ferrugens do milho, causando seca precoce (Shurtleff, 1992). Neste trabalho, sob condições ambientais extremamente favoráveis, com temperatura e umidade elevadas (Apêndice 41), foi observada rápida necrose dos materiais suscetíveis, o híbrido padrão de suscetibilidade e a linhagem L24 (Tabelas 20 e 21), o mesmo sendo observado por vários autores, entre eles Futrell et al. (1975) que observaram severidade de 80% em genótipos suscetíveis.

Para a maioria dos programas de melhoramento, a seleção para os vários componentes da resistência parcial em plantas jovens provavelmente seria impraticável, pois os testes são intensivamente trabalhosos e requerem precisa técnica de inoculação e substancial número de repetições, mas a habilidade de detectar diferenças em plantas jovens seria de benefício potencial à maioria dos programas de melhoramento (Pataky, 1986) e também a identificação de fontes de resistência parcial, que são expressas através de diferentes componentes do ciclo de infecção, poderiam resultar em maiores níveis de resistência quando estas fontes são cruzadas em combinações de híbridos (Pataky, 1986; Scott & Zummo, 1989).

6. CONCLUSÕES

1. As variáveis tipo de reação, tamanho e número estimado de pústulas primárias são eficientes para a discriminação de níveis de resistência a *Puccinia polysora* em plantas jovens de populações de milho.
2. As variáveis comprimento, tamanho e número de pústulas primárias (relacionadas à quantidade de esporos produzidos) são adequadas para mostrar a manifestação da resistência parcial, como componentes desta, em plantas jovens de linhagens e híbridos.
3. A resistência, em níveis mais elevados, apresentada por plantas jovens de diferentes linhagens e híbridos, se manifesta através de maiores reduções dos seus componentes e também de reduções em um maior número destes componentes.
4. A variável porcentagem de pústulas primárias rompidas (relacionada ao tempo para início da produção de esporos) não foi eficiente para demonstrar a manifestação da resistência parcial em plantas jovens de linhagens e híbridos.
5. As variáveis severidade de doença em duas folhas e tamanho de pústulas são apropriadas para a diferenciação da resistência de plantas adultas de populações, linhagens e híbridos, apresentando alta correlação com a severidade da planta inteira.

6. A escala descritiva, elaborada para identificação dos tipos de reação, é adequada para diferenciação da resistência em plantas jovens de populações; a escala de tamanhos de pústula é apropriada para a diferenciação de plantas jovens e adultas de populações, linhagens e híbridos; e a escala diagramática de severidade de doença em folhas individualizadas é apropriada para auxiliar na discriminação de plantas adultas de populações, linhagens e híbridos.
7. As populações mais resistentes a *P. polysora*: PA-87, BR106 e CPA-19 são adequadas para serem utilizadas em programas de melhoramento como fontes de resistência.
8. Há maior confiabilidade em avaliações da resistência de materiais geneticamente homogêneos realizadas em plantas adultas em condições de campo, pois algumas linhagens, com alto nível de resistência associado a reação clorótica, em plantas adultas, revelam níveis variados de resistência no estágio de planta jovem, enquanto outros materiais apresentam resistência em plantas jovens e adultas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROCERES. **Guia agrocere de sanidade**. São Paulo, [1993]. 56p.

AMORIM, L. Avaliação de doenças. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.) **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda, 1995. v.1, cap.32, p.647-671.

BAILEY, B.A.; SCHUH, W.; FREDERIKSEN, R.A.; BOCKHOLT, A.J.; SMITH, J.D. Identification of slow-rusting resistance to *Puccinia polysora* in maize inbreds and single crosse. **Plant Disease**, v.71, n.6, p.518-521, 1987.

BALMER, E. & PEREIRA, O.A.P. Doenças do milho. In: PATERNIANI, E. & VIEGAS, G.P. (Ed.) **Melhoramento e produção de milho**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.2, cap.14, p.595-634.

BASSANEZI, R.B. Interações entre o mosaico em desenho do feijoeiro e duas doenças fúngicas, ferrugem e mancha angular, em plantas de feijoeiro. Piracicaba, 1995. 124p. Dissertação (M.S.) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

BERGAMIN FILHO, A. & KIMATI, H. Variedades resistentes. In: GALLI, F. (Ed.) **Manual de Fitopatologia**. 2.ed., São Paulo: Agronômica Ceres Ltda, 1978. v.1, cap.17, p.297-324.

- BROERS, L.H.M. & LOPEZ-ATILANO, R.M. Effect of interplot interference on the assessment of partial resistance to stem rust in durum wheat. **Phytopathology**, v.85, n.2, p.233-237, 1995.
- BROWDER, L.E. Specificity of the *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*: *Triticum aestivum* "Bulgaria 88" relationship. **Phytopathology**, v.63, p.524-528, 1973.
- CAMARGO, L.E.A. Análise genética da resistência e da patogenicidade. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.) **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda, 1995. v.1, cap.24, p.470-492.
- CARVALHO, R.V. Resistência do milho a *Physopella zae* (Mains) Cummins & Ramachar, agente causal da ferrugem tropical. Piracicaba, 1995. 83p. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- CUMMINS, G.B. Identity and distribution of three rusts of corn. **Phytopathology**, v.31, n.9, p.856-857, 1941.
- FANTIN, G.M.; SAWAZAKI, E.; MEREGE, W.H.; DENUCCI, S.; EICHEL, O.A.C.; GALLO, P.B.; MARTINS, A.L.; CASTRO, J.L.; SORDI, G. Teste regional de cultivares de milho: Avaliação de doenças. **Fitopatologia Brasileira**, v.17, n.2, p.173-174, ago. 1992. /Apresentado ao 25. Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Gramado, 1992 – Resumo dos trabalhos/

FANTIN, G.M.; SILVA, H.P.; BALMER, E.; MIRANDA FILHO, J.B. de. Herança da resistência à ferrugem causada por *Puccinia polysora* em milho. **Fitopatologia Brasileira**, v.18, p.332-333, ago. 1993. Suplemento. /Apresentado ao 26 Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Aracaju, 1993 – Resumo dos trabalhos/

FUTRELL, M.C. *Puccinia polysora* epidemics on maize associated with cropping practice and genetic homogeneity. **Phytopathology**, v.65, n.11, p.1040-1042, 1975.

FUTRELL, M.C.; HOOKER, A.L.; SCOTT, G.E. Resistance in maize to corn controlled by a single dominant gene. **Crop Science**, v.15, n.4, p.597-599, 1975.

GODOY, C.V.; BASSANEZI, R.B.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Influência da temperatura e do período de molhamento nos parâmetros monocíclicos de *Puccinia polysora*. **Fitopatologia Brasileira**, v.21, p.361, 1996. Suplemento. /Apresentado ao 29. Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Campo Grande, 1996 - Resumos/

HARLAN, J.R. Genetics of disaster. **Journal Environmental**, v.1, p.212-215, 1972.

HOLLIER, C.A.; KING, S.B. Effects of temperature and relative humidity on germinability and infectivity of *Puccinia polysora* uredospores. **Plant Disease**, v.69, n.11, p.937-939, 1985.

HOOKER, A.L. Corn and sorghum rusts. In: ROELFS, A.P. & BUSHNELL, W.R. (Ed.). **The cereal rusts: diseases, distribution, epidemiology and control.** New York: Academic Press, 1985. v.2, p.207-236.

HOOKER, A.L. The genetics and expression of resistance in plants to rusts of the genus *Puccinia*. **Annual Review of Phytopathology**, v.5, p.163-168, 1967.

HOOKER, A.L. Widely based resistance to rust in corn. In: BROWNINGS, J.A. (Ed.) **Disease consequences of intensive and extensive culture of field crops.** Iowa Agric. Home Econ. Exp. Stn. Spec. Rep., 1969. p.28-34.

HORSFALL, J.G. & COWLING, E.B. Patometry: the measurement of plant disease. In: Horsfall, J.G. & Cowling, E.B. (Ed.) **Plant Disease, an Advanced Treatise.** How Disease Develops in Populations. New York: Academic Press, 1978. v.2, p.119-136.

HULBERT, S.H.; LYONS, P.C.; BENNETZEN, J.L. Reactions of maize lines carrying Rp resistance genes to isolates of the common rust pathogen, *Puccinia sorghi*. **Plant Disease**, v.75, n.11, p.1130-3, nov. 1991.

IAMAUTI, M.T. Avaliação de danos causados por *Uromyces appendiculatus* no feijoeiro. Piracicaba, 1995. 85p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

JOHNSON, R. Durable Resistance: definition of, genetic control, and attainment in plant breeding. **Phytopathology**, v.71, n.6, p.567-568, 1981.

- KIM, S.K. General resistance breeding for stresses in maize in tropics. In: JACOBS, T.H. & PARLEVLIT, J.E. **Durability of disease resistance**. Dordrecht: Kluwer Academic Publ., 1993. p.329.
- KING, S.B. & SCOTT, G.E. Development of southern rust on maize at different stages of maturity. **Plant Disease**, v.66, n.6, p.477-481, 1982.
- KRAMER, H.H. & ULLSTRUP, A.J. Preliminary evaluation of exotic maize germ plasm. **Agronomy Journal**, v.51, p.687-689, 1959.
- MAINS, E.B. Studies in rust resistance. **The Journal of Heredity**, v.17, n.9, p.313-24, set. 1926.
- MELCHING, J.S. Corn rusts: types, races and destructive potencial. In: ANNUAL CORN & SORGHUM RESEARCH CONFERENCE, 30., Washington, 1975. Washington, American Seed Trade Association, 1975. p.90-115.
- OLIVEIRA, W.F. Reações de milho (*Zea mays* L.) a *Puccinia sorghi* Schw., e preservação de uredosporos do patógeno. Piracicaba, 1980. 56p. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- PARLEVLIT, J.E. Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. **Annual Review of Phytopathology**, n.17, p.203-22, 1979.
- PARLEVLIT, J.E. What is durable resistance, a general outline. In: JACOBS, T.H. & PARLEVLIT, J.E. **Durability of disease resistance**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. p.23-29.

PATAKY, J.K. Partial rust resistance in sweet corn hybrid seedling. **Phytopathology**, v.76, n.7, p.702-707, 1986.

PATAKY, J.K. Reaction of sweet corn germoplasm to common rust an evaluation of Rp resistance in Illinois. **Plant Disease**, v.71, n.9, p.284-828, set. 1987.

PATERNIANI, E. & MIRANDA FILHO, J.B. Melhoramento de populações. In: PATERNIANI, E. & VIEGAS, G.P. (Ed.) **Melhoramento e produção do milho**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.1, cap.6, p.217-74.

RAID, R.N.; PENNYPACKER, S.P.; STEVENSON, R.E. Characterization of *Puccinia polysora* epidemics in Pennsylvania and Maryland. **Phytopathology**, v.78, n.5, p.579-585, 1988.

RANDLE, W.M.; DAVIS, D.W.; GROTH, J.V. Interplot interference in field plots with leaf rust of maize. **Journal of American Society of Horticultural Science**, v.111, p.297-300, 1986.

RHIND, D.; WATERSTON, J.M.; DEIGHTON, F.C. Ocurrance of *Puccinia polysora* Underw. in West Africa. **Nature**, v.169, p.631, 1952.

ROBERT, A.L. Host ranges and races of the corn rusts. **Phytopathology**, v.52, p.1010-1012, out. 1962.

ROBINSON, R.A. Horizontal resistance. **Review of Plant Pathology**, v.52, n.8, p.483-501, 1973.

- ROBINSON, R.A. **Host management in crop pathosystems**. New York: Macmillan Publishing, 1987. 263p.
- RODRIGUES-ARDON, R.; SCOTT, G.E.; KING, S.B. Maize yield losses caused by southern corn rust. **Crop Science**, v.20, n.6, p.812-814, 1980.
- RYLAND, A.K. & STOREY, H.H. Physiological races of *Puccinia polysora* Underw. **Nature**, v.176, n.4483, p.655-656, 1955.
- SALGADO, F.L. BRUNELLI, K.R.; TOMBOLATO, D.C.M.; NASS, L.; CAMARGO, L.E.A. Resistência de linhagens de milho à *Puccinia polysora* avaliada em casa-de-vegetação e campo. **Fitopatologia Brasileira**, v.21 p.350, 1996. Suplemento. /Apresentado ao 29. Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Campo Grande, 1996 – Resumos/
- SAVILE, D.B.O. Taxonomy of the cereal rust fungi. In: BUSHNELL, W.R. & ROELFS, A.P. (Ed.) **The cereal rusts**. Orlando: Academic Press, 1994. v.1, cap. 3, p.79-112.
- SCOTT, G.E.; KING, S.B.; ARMOUR Jr.; J.W. Inheritance of resistance to southern corn rust in maize populations. **Crop Science**, v.24, p.265-267, 1984.
- SCOTT, G.E. & ZUMMO, N. Effect of genes with slow-rusting characteristics on southern corn rust in maize. **Plant Disease**, v.73, n.2, p.114-116, 1989.
- SHURTLEFF, M.C. (Ed.) **Compendium of corn diseases**. 2.ed. St. Paul: American Phytopathological Press, 1992. 105p.

SHURTLEFF, M.C. (Ed.) **Compendium of corn diseases**. St. Paul: American Phytopathological Press, 1976. 64p.

SIDHU, G.S. Gene for gene relationship in parasitic systems. **Science Progress**, v.62, p.467-485.

STAKMAN, E.C.; LEVINE, M.N.; LOEGERING, W.Q. Identification of physiologic races of *Puccinia graminis tritici*. U.S.D.A. Bur. Ent., 617, 1944. 27p.

STANTON, W.R.; CAMMACK, R.H. Resistance to the maize rust, *Puccinia polysora* Underw. **Nature**, v.172, p.502-6, set. 1953.

STOREY, H.H.; HOWLAND (RYLAND) A.K. Resistance in maize to the tropical american rust fungus, *Puccinia polysora* Underw. I. Genes Rpp₁ e Rpp₂. **Heredity**, v.11, n.3, p.289-301, 1957.

STOREY, H.H. & HOWLAND (RYLAND) A.K. Resistance in maize to the tropical american rust fungus, *Puccinia polysora*: II. Linkage of genes Rpp₁ e Rpp₂. **Heredity**, v.13, n.1, p.61-65, 1959.

STOREY, H.H. & HOWLAND, A.K. The tropical rust disease of maize caused by *Puccinia polysora* Underw. In: **East African Agr. and Forestry Res. Organ. Annu. Rep.** 1961. p.55-57.

STOREY, H.H. & HOWLAND, A.K. Tropical rust disease of maize caused by *Puccinia polysora* Underw. In: **East African Agr. and Forestry Res. Organ. Annu. Rep.** 1962. p.42-43.

- STOREY, H.H. & RYLAND, A.K. Resistance to the maize rust, *Puccinia polysora*. **Nature**, v.173, n.4408, p.778-779, 1954.
- ULLSTRUP, A.J. Inheritance and linkage of a gene determining resistance in maize to an American race of *Puccinia polysora*. **Phytopathology**, v.55, p.425-428, 1965.
- UNDERWOOD, L. M. Some new fungi chiefly from Alabama. **Bull. Torrey Botan. Club**, v.24, p.81-86, 1897.
- VANDERPLANK, J.E. **Disease resistance in plants**. Orlando: Academic Press, 1984. 194p.
- VANDERPLANK, J.E. **Plant Diseases: epidemics and control**. New York: Academic Press, 1963. 349p.
- YEH, C.C. Studies on rusts of maize. **Journal of Agricultural Research of China**, v.35, n.1, p.81-93, 1986. /Resumo/
- ZEYEN, R.J.; GROTH, J.V.; DAVIS, D.W. Understanding rust resistance in sweet corn. **Veg. Crops. Res. Rep.** Dep. Plant Pathology Hortic. Univ. Minn. 1984. 94p.
- ZUMMO, N. Components contributing to partial resistance in maize to *Puccinia polysora*. **Plant Disease**, v.72, n.2, p.157-160, 1988.

APÊNDICES

Apêndice 1 - Análise de variância do tipo de reação à *P. polysora* de plantas jovens de populações de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 1 e 2.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio do tipo de reação das plantas	
		Experimento 1	Experimento 2
Blocos	3		
Tratamentos	6	1,623**	2,729**
Resíduo	18	0,022	0,040
Média geral		3,212	3,492
CV (%)		4,622	5,730

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 2 - Análise de variância conjunta do tipo de reação à *P. polysora* de plantas jovens de populações de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 1 e 2.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio do tipo de reação das plantas	
Blocos d. exp.	6		
Experimentos	1		1,100*
Tratamentos	6		4,214**
Exp. x trat.	6		0,138
Resíduo	36		0,031
Média geral			3,352
CV (%)			5,256

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 3 - Análise de variância do tamanho de pústulas primárias de *P. polysora*, em plantas jovens de populações de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 1 e 2.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio do tamanho de pústulas nas plantas	
		Experimento 1	Experimento 2
Blocos	3		
Tratamentos	6	3,128**	3,692**
Resíduo	18	0,059	0,086
Média geral		3,122	3,277
CV (%)		7,748	8,947

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 4 - Análise de variância conjunta do tamanho de pústulas primárias de *P. polysora* em plantas jovens de populações de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 1 e 2.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio do tamanho de pústulas nas plantas
Blocos d. exp.	6	
Experimentos	1	0,335
Tratamentos	6	6,694**
Exp. x trat.	6	0,126
Resíduo	36	0,072
Média geral		3,199
CV (%)		8,400

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 5 - Análise de variância do número estimado de pústulas primárias de *P. polysora* em plantas jovens de populações de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 1 e 2.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio do número estimado de pústulas/planta	
		Experimento 1	Experimento 2
Blocos	3		
Tratamentos	6	4,800**	3,203**
Resíduo	18	0,097	0,075
Média geral		3,254	2,951
CV (%)		9,570	9,263

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 6 - Análise de variância conjunta do número estimado de pústulas primárias de *P. polysora* em plantas jovens de populações de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 1 e 2.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio do número estimado de pústulas/planta	
Blocos d. exp.	6		
Experimentos	1		1,284*
Tratamentos	6		7,824**
Exp. x trat.	6		0,179
Resíduo	36		0,086
Média geral			3,103
CV (%)			9,444

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 7 - Análise de variância da formação de pústulas primárias e secundárias de *P. polysora*, em plantas jovens de populações de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 1 e 2.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio da formação de pústulas primárias e secundárias nas plantas ^x	
		Experimento 1	Experimento 2
Blocos	3		
Tratamentos	6	0,190**	0,219**
Resíduo	18	0,011	0,007
Média geral		1,531	1,577
CV (%)		6,822	5,277

^x Dados transformados em \sqrt{x}

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 8 - Análise de variância conjunta da formação de pústulas primárias e secundárias de *P. polysora* em plantas jovens de populações de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 1 e 2.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio da formação de pústulas primárias e secundárias nas plantas ^x	
		Experimento 1	Experimento 2
Blocos d. exp.	6		
Experimentos	1		0,030
Tratamentos	6		0,397**
Exp. x trat.	6		0,012
Resíduo	36		0,009
Média geral			1,554
CV (%)			6,076

^x Dados transformados em \sqrt{x}

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 9 - Análise de variância da severidade média de infecção por *P. polysora* nas folhas da espiga principal e primeira abaixo e na área foliar total de plantas adultas de populações de milho, em condições de campo, experimento 3.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio da severidade da doença	
		Folhas da espiga e abaixo ^x (%)	Planta inteira ^y (nota)
Blocos	3		
Tratamentos	6	582,565**	1,284**
Resíduo	18	3,065	0,015
Média geral		13,571	1,125
CV (%)		12,902	10,780

^x Dados transformados em arco seno $\sqrt{x/100}$

^y Dados transformados em log x

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 10 - Análise de variância do tamanho médio de pústulas de *P. polysora* em plantas adultas de populações de milho em condições de campo, no experimento 3.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio do tamanho de pústulas
Blocos	3	
Tratamentos	6	1,518**
Resíduo	18	0,022
Média geral		2,885
CV (%)		5,188

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 11 - Análise de variância do comprimento médio de pústulas primárias de *P. polysora*, previamente marcadas, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 1ª avaliação.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio do comprimento de pústulas	
		Experimento 4	Experimento 5
Blocos	2		
Tratamentos	11	0,026**	0,031**
Resíduo	22	0,006	0,007
Média geral		0,556	0,574
CV (%)		13,397	14,489

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 12 - Análise de variância conjunta do comprimento médio de pústulas primárias de *P. polysora*, previamente marcadas, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 1ª avaliação.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio do comprimento de pústulas
Blocos d. experim.	4	
Experimentos	1	0,006
Tratamentos	11	0,054**
Experim. x tratam.	11	0,003
Resíduo	44	0,006
Média geral		0,565
CV (%)		13,970

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 13 - Análise de variância do comprimento médio de pústulas primárias de *P. polysora*, previamente marcadas, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 2ª avaliação.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio do comprimento de pústulas	
		Experimento 4	Experimento 5
Blocos	2		
Tratamentos	11	0,076**	0,073**
Resíduo	22	0,010	0,007
Média geral		0,790	0,762
CV (%)		12,495	10,678

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 14 - Análise de variância conjunta do comprimento médio de pústulas primárias de *P. polysora*, previamente marcadas, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 2ª avaliação.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio do comprimento de pústulas
Blocos d. experim.	4	
Experimentos	1	0,014
Tratamentos	11	0,141**
Experim. x tratam.	11	0,007
Resíduo	44	0,008
Média geral		0,776
CV (%)		11,657

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 15 - Análise de variância do comprimento médio de pústulas primárias de *P. polysora*, previamente marcadas, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 3ª avaliação.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio do comprimento de pústulas	
		Experimento 4	Experimento 5
Blocos	2		
Tratamentos	11	0,082**	0,085**
Resíduo	22	0,0140	0,007
Média geral		0,858	0,829
CV (%)		13,773	10,162

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 16 - Análise de variância conjunta do comprimento médio de pústulas primárias de *P. polysora*, previamente marcadas, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 3ª avaliação.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio do comprimento de pústulas	
Blocos d. experim.	4		
Experimentos	1		0,015
Tratamentos	11		0,158**
Experim. x tratam.	11		0,009
Resíduo	44		0,011
Média geral			0,844
CV (%)			12,166

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 17 - Análise de variância do tamanho médio das pústulas primárias de *P. polysora*, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 1ª avaliação.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio do tamanho das pústulas ^x	
		Experimento 4	Experimento 5
Blocos	2		
Tratamentos	11	0,069**	0,040**
Resíduo	22	0,003	0,006
Média geral		1,635	1,621
CV (%)		3,300	4,766

^x Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$

*Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 18 - Análise de variância conjunta do tamanho médio das pústulas primárias de *P. polysora*, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 1ª avaliação.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio do tamanho das pústulas ^x
Blocos d. experim.	4	
Experimentos	1	0,003
Tratamentos	11	0,106**
Experim. x tratam.	11	0,003
Resíduo	44	0,004
Média geral		1,628
CV (%)		4,093

^x Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 19 - Análise de variância do tamanho médio das pústulas primárias de *P. polysora*, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 2ª avaliação.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio do tamanho das pústulas ^x	
		Experimento 4	Experimento 5
Blocos	2		
Tratamentos	11	0,078**	0,079**
Resíduo	22	0,004	0,006
Média geral		1,841	1,790
CV (%)		3,622	4,144

^x Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 20 - Análise de variância conjunta do tamanho médio das pústulas primárias de *P. polysora*, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 2ª avaliação.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio do tamanho das pústulas ^x
Blocos d. experim.	4	
Experimentos	1	0,047
Tratamentos	11	0,150**
Experim. x tratam.	11	0,007
Resíduo	44	0,005
Média geral		1,816
CV (%)		3,885

^x Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 21 - Análise de variância do tamanho médio das pústulas primárias de *P. polysora*, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 3ª avaliação.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio do tamanho das pústulas ^x	
		Experimento 4	Experimento 5
Blocos	2		
Tratamentos	11	0,085**	0,077**
Resíduo	22	0,007	0,008
Média geral		1,904	1,849
CV (%)		4,441	4,742

^x Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 22 - Análise de variância conjunta do tamanho médio das pústulas primárias de *P. polysora*, em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 3ª avaliação.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio do tamanho das pústulas ^x
Blocos d. experim.	4	
Experimentos	1	0,057
Tratamentos	11	0,157**
Experim. x tratam.	11	0,005
Resíduo	44	0,007
Média geral		1,877
CV (%)		4,590

^x Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 23 - Análise de variância do número médio de pústulas primárias de *P. polysora* em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 1ª avaliação.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio do número de pústulas ^x	
		Experimento 4	Experimento 5
Blocos	2		
Tratamentos	11	3,95**	3,530*
Resíduo	22	0,84	1,397
Média geral		4,716	4,889
CV (%)		19,438	24,178

^x Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 24 - Análise de variância conjunta do número médio de pústulas primárias de *P. polysora* em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 1ª avaliação.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio do número de pústulas ^x
Blocos d. experim.	4	
Experimentos	1	0,538
Tratamentos	11	6,957**
Experim. x tratam.	11	0,524
Resíduo	44	1,119
Média geral		4,802
CV (%)		22,025

^x Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 25 - Análise de variância do número médio de pústulas de *P. polysora* em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 2ª avaliação.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio do número de pústulas ^x	
		Experimento 4	Experimento 5
Blocos	2		
Tratamentos	11	3,932**	4,505*
Resíduo	22	0,901	1,515
Média geral		5,358	5,761
CV (%)		17,713	21,367

^x Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 26 - Análise de variância conjunta do número médio de pústulas de *P. polysora* em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 2ª avaliação.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio do número de pústulas ^x
Experimentos	1	2,927
Tratamentos	11	7,699**
Experim. x tratam.	11	0,737
Resíduo	44	1,208
Média geral		5,560
CV (%)		19,769

^x Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 27 - Análise de variância do número médio de pústulas de *P. polysora* em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 3ª avaliação.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio do número de pústulas ^x	
		Experimento 4	Experimento 5
Blocos	2		
Tratamentos	11	3,890**	5,848**
Resíduo	22	0,888	1,766
Média geral		5,657	6,516
CV (%)		16,657	20,394

^x Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 28 - Análise de variância conjunta do número médio de pústulas de *P. polysora* em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 3ª avaliação.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio do número de pústulas ^x
Blocos d. experim.	4	
Experimentos	1	3,278
Tratamentos	11	8,793**
Experim. x tratam.	11	0,945
Resíduo	44	1,327
Média geral		6,087
CV (%)		18,926

^x Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 29 - Análise de variância da porcentagem média de pústulas primárias de *P. polysora* rompidas em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimento 4 - avaliação única.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio da porcentagem de pústulas rompidas no experimento 4 ^x
Blocos	2	
Tratamentos	11	0,619
Resíduo	22	0,558
Média geral		7,920
CV (%)		9,434

^x Dados transformados em \sqrt{x}

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 30 - Análise de variância da porcentagem média de pústulas primárias de *P. polysora* rompidas em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimento 5 - avaliação única.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio da porcentagem de pústulas rompidas no experimento 5 ^x
Blocos	2	
Tratamentos	11	0,695
Resíduo	22	0,382
Média geral		8,920
CV (%)		6,926

^x Dados transformados em \sqrt{x}

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 31 - Análise de variância da fase predominante média de desenvolvimento das pústulas de *P. polysora* em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 1ª avaliação.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio da fase predominante de desenvolvimento das pústulas ^x	
		Experimento 4	Experimento 5
Blocos	2		
Tratamentos	11	0,117**	0,138**
Resíduo	22	0,019	0,025
Média geral		1,925	2,152
CV (%)		7,169	7,350

^x Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 32 - Análise de variância conjunta da fase predominante média de desenvolvimento das pústulas de *P. polysora* em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 1ª avaliação.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio da fase predominante de desenvolvimento das pústulas ^x	
		Experimento 4	Experimento 5
Blocos d. experim.	4		
Experimentos	1		0,932**
Tratamentos	11		0,215**
Experim. x tratam.	11		0,040
Resíduo	44		0,022
Média geral			2,039
CV (%)			7,281

^x Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 33 - Análise de variância da fase predominante média de desenvolvimento das pústulas de *P. polysora* em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 2ª avaliação.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio da fase predominante de desenvolvimento das pústulas ^x	
		Experimento 4	Experimento 5
Blocos	2		
Tratamentos	11	0,103**	0,025*
Resíduo	22	0,023	0,008
Média geral		2,287	2,502
CV (%)		6,591	3,659

^x Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 34 - Análise de variância conjunta da fase predominante média de desenvolvimento das pústulas de *P. polysora* em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 2ª avaliação.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio da fase predominante de desenvolvimento das pústulas ^x	
Blocos d. experim.	4		
Experimentos	1		0,832**
Tratamentos	11		0,103*
Experim. x tratam.	11		0,024
Resíduo	44		0,016
Média geral			2,394
CV (%)			5,208

^xDados transformados em $\sqrt{x + 1}$

*Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 35 - Análise de variância da fase predominante média de desenvolvimento das pústulas de *P. polysora* em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 3ª avaliação.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio das fase predominante de desenvolvimento das pústulas ^x	
		Experimento 4	Experimento 5
Blocos	2		
Tratamentos	11	0,079**	0,021**
Resíduo	22	0,017	0,005
Média geral		2,520	2,543
CV (%)		5,210	2,822

^x Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 36 - Análise de variância conjunta da fase predominante média de desenvolvimento das pústulas de *P. polysora* em plantas jovens de linhagens e híbridos de milho, em condições de casa-de-vegetação, experimentos 4 e 5 - 3ª avaliação.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio da fase predominante de desenvolvimento das pústulas ^x	
		Experimento 4	Experimento 5
Blocos d. experim.	4		
Experimentos	1		0,010
Tratamentos	11		0,078*
Experim. x tratam.	11		0,022
Resíduo	44		0,0112
Média geral			2,532
CV (%)			4,179

^x Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 37 - Análise de variância da severidade de infecção por *P. polysora* avaliada em duas folhas da planta, em plantas adultas de linhagens e híbridos de milho em condições de campo, no experimento 6.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio da % de área foliar infectada de 2 folhas por planta nas épocas ^x		
		1 ^a	2 ^a	3 ^a
Blocos	3			
Tratamentos	11	24,739**	33,371**	42,023**
Resíduo	33	0,215	0,283	0,428
Média geral		1,941	2,299	2,704
CV (%)		23,884	23,136	24,208

^x Dados transformados em \sqrt{x}

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 38 - Análise de variância da severidade de infecção por *P. polysora* na área foliar total da planta, em plantas adultas de linhagens e híbridos de milho, em condições de campo, experimento 6.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio das notas atribuídas às plantas nas épocas ^x		
		1 ^a	2 ^a	3 ^a
Blocos	3			
Tratamentos	11	0,492**	0,986**	1,182**
Resíduo	33	0,008	0,011	0,014
Média geral		1,840	2,063	2,194
CV (%)		5,009	5,190	5,460

^x Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 39 - Análise de variância do tamanho de pústulas de *P. polysora* em plantas adultas de linhagens e híbridos de milho, em condições de campo, experimento 6.

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio do tamanho de pústulas ^x
Blocos	3	
Tratamentos	11	0,104**
Resíduo	33	0,002
Média geral		1,716
CV (%)		2,581

^x Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Apêndice 40 - Média da temperatura nos períodos anterior e posterior à inoculação dos experimentos realizados em casa-de-vegetação.

Experimento	Período ^x	Temperatura (°C)		
		Mínima	Média	Máxima
1	A	16,84	23,94	31,31
	B	20,14	24,33	29,57
2	A	20,99	24,82	36,47
	B	21,70	27,50	36,52
4	A	20,97	25,15	32,81
	B	21,34	25,22	30,44
5	A	21,34	25,22	30,44
	B	20,75	23,78	30,85

^x A = período entre a semeadura e a inoculação; B = período entre a inoculação e a última avaliação.

Apêndice 41 - Média dos dados climáticos nos períodos anterior e posterior à inoculação dos experimentos realizados em condições de campo^y.

Experimento	Período ^x	Temperatura (°C)			Umidade Relativa (%)	Insolação (%)	Radiação solar (cal/cm ² .dia)	Dias de chuva	Precipitação (mm)
		Min	Med	Max					
3	A	19,71	24,18	28,66	86,45	3,78	333,50	16	15,95
	B	20,27	25,95	31,67	82,76	6,45	430,00	38	8,95
6	A	20,49	26,52	32,56	77,72	8,21	481,12	11	4,82
	B	19,72	25,46	30,77	82,43	7,69	396,45	35	2,25

^x A = período entre a semeadura e a inoculação; B = período entre a inoculação e a última avaliação.

^y Média do período, onde Exp. 3A = 20 dias; Exp. 3B = 62 dias; Exp. 6A = 25 dias, Exp. 6B = 61 dias