

RELAÇÃO ENTRE O RENDIMENTO DE GRÃOS DE TRIGO E A ÁREA ABAIXO DA CURVA DE DESENVOLVIMENTO DA FERRUGEM-DA-FOLHA¹

CAYO MARIO TAVELLA² e OLAVO ROBERTO SONEGO³

RESUMO - Estudou-se a redução no rendimento de grãos de trigo causada pela ferrugem-da-folha em relação à área abaixo da curva de desenvolvimento da doença (ABC) e às leituras em vários estádios de desenvolvimento do hospedeiro. Foram utilizados dados oriundos de ensaios destinados a avaliar a eficiência de fungicidas químicos, realizados durante três anos, em Indápolis, MS. Estudou-se a regressão entre o rendimento, ABC e as leituras. A que foi obtida usando-se a ABC como variável independente é a que explicou a maior parte da variação em rendimento, em dois de três casos.

Termos para indexação: avaliação de perdas.

RELATIONSHIP BETWEEN WHEAT YIELD AND AREA UNDER THE DISEASE PROGRESS CURVE OF LEAF RUST

ABSTRACT - The yield reduction caused by leaf rust on wheat was studied in relation to the area below the disease progress curve (ABC), and disease readings in various growth stages of the host, using data from a series of experiments established to test chemicals for rust control. Trials were carried out at Indápolis, MS, Brazil, during three years. Regression was studied, being the equation obtained with the area below the curve of disease progress as the independent variable, the one which explained a greater portion of the variation in yield, in two of three cases.

Index terms: yield loss assessment.

INTRODUÇÃO

A ferrugem-da-folha é uma das doenças mais maléficas do trigo no Mato Grosso do Sul, e em outras regiões do Brasil. A resistência a essa doença tem sido objeto da principal atenção dos melhoristas, assim como o seu controle por meios químicos e a sua epidemiologia (Rosa et al. 1982, Barcellos & Aita 1982a, b, c, Barcellos et al. 1982a, b, Roelfs s.d., Aita 1982 e Sonego & Moraes 1983).

Os danos causados foram estudados por Sonego & Moraes (1983), nos níveis de ataque encontrados nos ensaios com fungicidas; porém, falta uma forma de relacionar a redução do rendimento de grãos a qualquer nível de ataque, por meio de uma equação simples. Isto seria útil para determinar umbrais econômicos, para orientar a utilização do controle químico (Brown & Holmes 1983 e Teng et al. 1979), e para estabelecer níveis e tipos de resistência aceitáveis, nas cultivares recomendadas. Equações de regressão calculadas

usando dados de rendimento, leituras de ferrugem e área abaixo da curva de desenvolvimento da doença atendem a essas exigências, segundo Buchenau (1975).

MATERIAL E MÉTODOS

Para detectar as variáveis que melhor explicam as variações no rendimento de grãos, foi feita a análise de regressão linear modelo $y = a + b x$, considerando a produção como variável dependente, e as notas de ferrugem-da-folha em distintos estádios e a área abaixo da curva de desenvolvimento da doença (ABC) como variável independente. Foram utilizados dados obtidos por Sonego & Moraes (1983) nos experimentos de controle químico da ferrugem-da-folha conduzidos pela Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Dourados (UEPAE de Dourados) de 1979 a 1982, na área de Indápolis, município de Dourados, MS. As cultivares utilizadas foram INIA 66, em 1979 e 1980, e Jupateco em 1982. A descrição detalhada dos tratamentos e do delineamento experimental encontra-se na fonte anteriormente citada.

Diferenças na eficiência dos produtos testados, assim como nas doses e na repetição, ou não, das aplicações, causaram variação no desenvolvimento da doença e no rendimento. A ABC foi calculada multiplicando-se o valor médio de duas leituras consecutivas pelo número de dias transcorridos entre elas, e somando-se todos os períodos para obter o total, o que foi indicado em unidades arbitrárias. A leitura traços (TR) foi considerada

¹ Aceito para publicação em 18 de dezembro de 1984.

² Eng. - Agr., M.Sc., Convênio IICA/EMBRAPA/UEPAE de Dourados, Caixa Postal 661, CEP 79800 Dourados, MS.

³ Eng. - Agr., M.Sc., EMBRAPA-UEPAE de Dourados.

igual a zero. Foram calculados os coeficientes de regressão b e o valor de y na interseção com o eixo das ordenadas. Efetuou-se a análise de variância de cada equação obtida usando-se a ABC e as leituras de ferrugem em diversos estádios de desenvolvimento do hospedeiro como variável independente.

Também foram desenhados gráficos do desenvolvimento da ferrugem visando facilitar a observação.

RESULTADOS

As Tabelas 1, 2 e 3, mostram os rendimentos de grãos, em kg/ha, dos tratamentos, e a ABC calculada para cada um deles, em cada um dos experimentos. A diferença entre o melhor tratamento e a testemunha — esta sem controle químico, com a mais alta infecção — foi de 531 kg/ha, em 1979; 450 kg/ha, em 1980; e 576 kg/ha, em 1982, o que representa uma queda de rendimento de 22%, 23% e 29%, respectivamente.

A Tabela 4 mostra os valores do intercepto (a), coeficiente de regressão (b), relação das variâncias (F), com o seu respectivo grau de significância, e coeficiente de determinação das regressões (R^2) entre rendimento e a ABC, e entre rendimento e leituras de ferrugem em diferentes estádios de desenvolvimento do hospedeiro.

TABELA 1. Rendimento de grãos e ABC dos tratamentos de controle da ferrugem da folha do trigo, cultivar INIA 66. Indápolis, MS, 1979*.

Tratamento	Rendimento de grãos (kg/ha)	ABC
ATE + Maneb	2.276	445,0
Maneb	2.104	445,0
Mancozeb	2.214	1.017,5
Propineb	2.229	315,0
Piracarbolido	1.866	1.312,5
Piracarbolido + Maneb	2.194	445,0
Clorotalonil	2.216	1.017,5
Triadimefon + Maneb	2.370	245,0
Etirimol	2.021	1.277,5
Testemunha	1.839	1.440,0
Triadimefon (1,0)	2.141	170,0
Triadimefon (0,5)	2.153	315,0

* Cálculos realizados com dados obtidos por Sonogo & Moraes (1983).

TABELA 2. Rendimento de grãos e ABC dos tratamentos de controle da ferrugem da folha do trigo, cultivar INIA 66. Indápolis, MS, 1980*.

Tratamento	Rendimento de grãos (kg/ha)	ABC
ATE + Maneb	1.679	316,0
Maneb	1.877	316,0
Mancozeb	1.932	371,0
Propineb	1.722	371,0
Piracarbolido	1.521	1.077,5
Piracarbolido + Maneb	1.717	316,0
Clorotalonil	1.655	693,0
Triadimefon (1,0)	1.860	142,5
Triadimefon + Maneb	1.922	142,5
Etirimol	1.605	1.077,5
Testemunha	1.482	1.060,0

* Cálculos realizados com dados obtidos por Sonogo & Moraes (1983).

DISCUSSÃO

As regressões encontradas entre as leituras de ferrugem e a ABC, com o rendimento, explicam porções importantes da variação neste, com exceção da que foi calculada com a leitura no estádio 11.5.1. de desenvolvimento do trigo, no ensaio de 1979. Neste mesmo ensaio, as leituras nos estádios 11.2 e 11.3 explicam uma parte maior da variação, em rendimento, do que aquela calculada tendo a ABC como variável independente. Nos outros ensaios aconteceu o contrário, sendo a ABC o parâmetro que explicou a maior parte da variação em rendimento de grãos ($R^2 = 0,923$ em 1982 e 0,730 em 1980).

Os tratamentos que praticamente não apresentaram doença — Triadimefon + Maneb em 1979 e 1980, com 145 e 142,5 de ABC e Preventivo + Sistêmico em 1982, com 97,5 de ABC, comparados com as testemunhas, mostram quedas de rendimento, nestas, de 22%, 23% e 29% em 1979, 1980 e 1982, respectivamente, o que evidencia claramente a nocividade da doença.

A Fig. 1 mostra as diferenças entre as curvas de progresso da doença nas duas cultivares usadas. As curvas não puderam ser comparadas — uma vez que as duas cultivares foram usadas em anos dife-

TABELA 3. Rendimento de grãos e ABC dos tratamentos de controle da ferrugem da folha do trigo, cultivar Jupateco, Indápolis, MS, 1982*.

Tratamento	Rendimento de grãos (kg/ha)	ABC
Preventivo, 3 aplicações	1.635	240,0
Sistêmico, 3 aplicações	1.763	195,0
Preventivo + sistêmico, 3 aplicações	2.000	97,5
Preventivo, 2. ^a e 3. ^a aplicação	1.521	660,0
Preventivo, 1. ^a e 3. ^a aplicação	3.650	365,0
Preventivo, 1. ^a e 2. ^a aplicação	1.756	248,0
Sistêmico, 2. ^a e 3. ^a aplicação	1.501	660,0
Sistêmico, 1. ^a e 3. ^a aplicação	1.757	280,0
Sistêmico, 1. ^a e 2. ^a aplicação	1.724	257,5
Preventivo + sistêmico, 2. ^a e 3. ^a aplicação	1.567	660,0
Preventivo + sistêmico, 1. ^a e 3. ^a aplicação	1.858	120,0
Preventivo + sistêmico, 1. ^a e 2. ^a aplicação	1.991	97,5
Preventivo + sistêmico, 1. ^a aplicação	1.886	120,0
Preventivo + sistêmico, 2. ^a aplicação	1.493	910,0
Preventivo + sistêmico, 3. ^a aplicação	1.433	950,0
Testemunha	1.424	950,0

1.^a aplicação = 13.7

2.^a aplicação = 28.7

3.^a aplicação = 12.8

* Cálculos realizados com dados obtidos por Sonogo & Moraes (1983).

TABELA 4. Valores de a, b, F e R² das regressões do rendimento de grãos com a ABC, e leituras de intensidades de ataques de ferrugem em distintos estádios de desenvolvimento do trigo. (Escala Feeks-Large).

Variável	a	b	F	R ²
1979				
ABC	2.304	-0,244	24,910	0,549
Leitura em 10.5.1	2.245	-8,332	4,466 n.s.	0,308
Leitura em 11.1	2.311	-9,017	16,398	0,629
Leitura em 11.2	2.333	-5,886	14,161	0,587
Leitura em 11.3	2.300	-5,375	18,126	0,651
1980				
ABC	1.916	-0,358	27,020	0,730
Leitura em 10.5	1.925	-36,593	12,660	0,584
Leitura em 10.7	2.016	-29,091	17,530	0,661
Leitura em 11.3	1.875	3,682	14,286	0,613
1982				
ABC	1.949	-0,642	83,536	0,923
Leitura em 10.5	2.259	-6,524	14,502	0,605
Leitura em 10.5.4	1.881	-7,495	59,288	0,809
Leitura em 11.1	1.898	-5,946	81,212	0,853

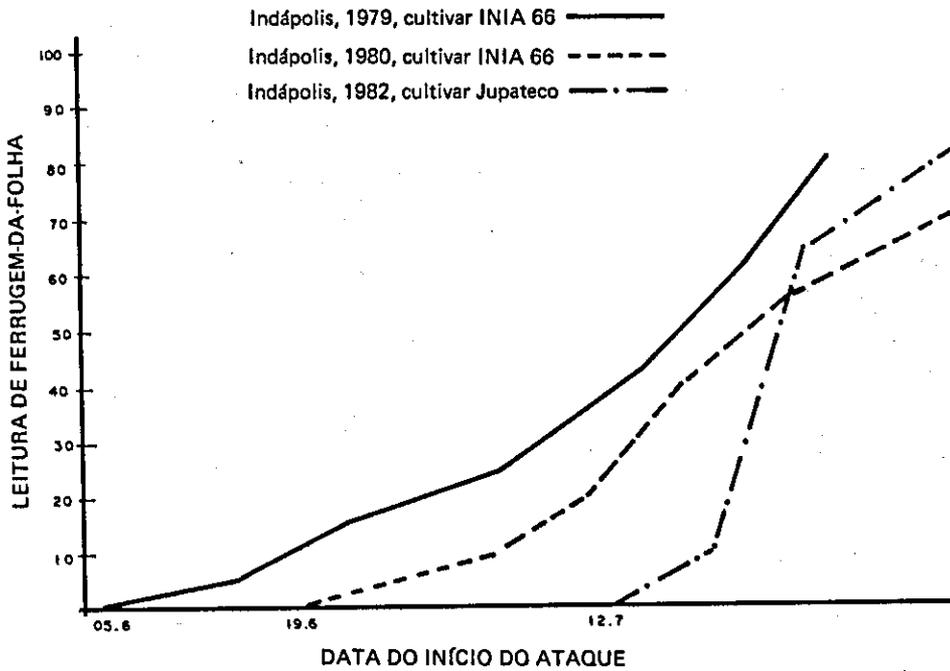


FIG. 1. Curva de desenvolvimento da ferrugem-da-folha na testemunha. Indápolis, MS, 1982.

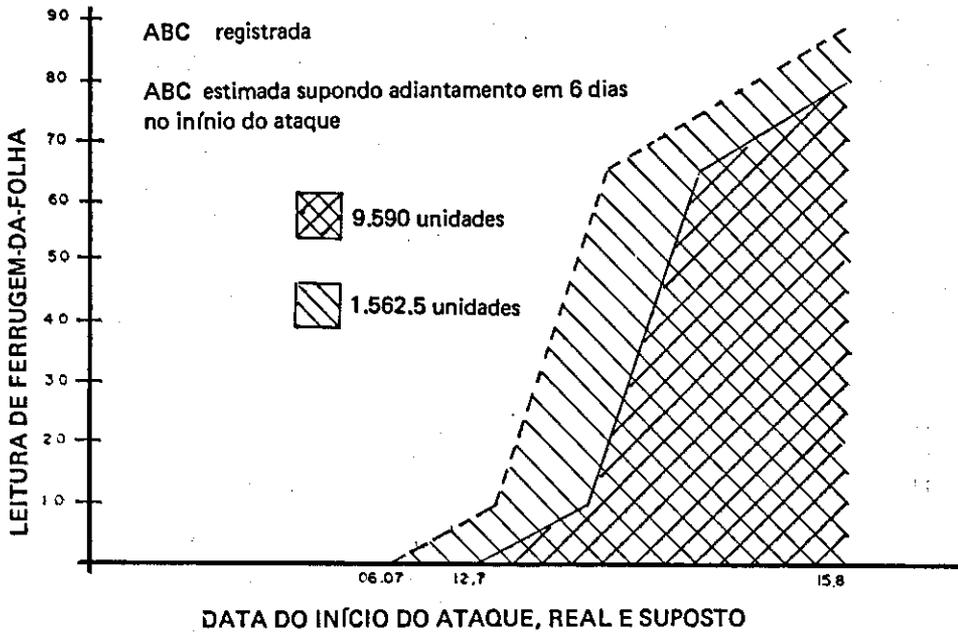


FIG. 2. Área abaixo da curva (ABC) de progresso da doença, sem tratamento. Indápolis, MS, 1982.

rentes, porque o ensaio tinha por objetivo determinar a eficiência dos tratamentos, e não, detectar diferenças de comportamento das cultivares com relação à ferrugem —; mas, ainda assim, permitiram visualizar alguns fatos. Uma vez que a ferrugem da folha está presente bem mais cedo na região dos cerrados — 5 - 6 graus de latitude mais ao norte —, e não há nenhuma barreira que impeça a chegada dos esporos com as correntes de ar, o ataque poderia ter iniciado bem antes da data em que ocorreu, em 1982, sobre a cultivar Jupateco, desde que as condições ambientais o tivessem permitido. Em apenas seis dias de antecipação, assumida a mesma velocidade de progresso, poderia ter aumentado a ABC em 612,5 unidades (Fig. 2). Usando a equação correspondente, $\hat{y} = 1.949 - 0,642 x$, quando x é acrescentado em 612 unidades, o rendimento decresce em 252 kg/ha, o que significa uma redução de 17% em relação ao valor obtido nas condições do ensaio.

Da mesma maneira pode ser visualizada a conseqüência de um avanço na data de início da epidemia na cultivar INIA 66, na qual a doença progride mais lentamente, ao que parece. Enquanto a cultivar Jupateco atingiu uma ABC de 950 unidades em apenas 24 dias, a cultivar INIA 66 demorou 46 dias para atingir uma área apenas pouco maior, 1.027,5 unidades.

Obviamente, os dados disponíveis não podem servir de suporte a conclusões sobre as características das cultivares testadas, mas são suficientes para chamar a atenção e mostrar a necessidade de se aprofundar este tipo de análise em ensaios futuros, especialmente planejados.

CONCLUSÕES

1. O uso de equações de regressão baseadas em dados mais completos permitirá avaliar os danos causados pela ferrugem em forma contínua, e ainda, ultrapassar os limites da variação realmente registrada na amostragem por meio de extrapolações prudentes, e especular com as conseqüências de situações previsíveis.

2. Também poderão ajudar na elaboração da estratégia de controle, seja na escolha do nível e tipo de resistência a ser procurada, seja na oportunidade dos tratamentos com fungicidas.

3. Novos ensaios permitirão diferenciar cultivares com precisão, no que concerne ao progresso da doença.

REFERÊNCIAS

- AITA, L. Informação preliminar sobre a coleta de esporos de fungos fitopatogênicos. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 12., Cascavel, PR, 1982. Resultados de pesquisa apresentados na XII RENAPET. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1982. p.258-9.
- BARCELLOS, A.L. & AITA, L. Avaliação de cultivares e linhagens de trigo à ferrugem-da-folha. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 12., Cascavel, PR, 1982. Resultados de pesquisa apresentados na XII RENAPET. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1982a. p.213-5.
- BARCELLOS, A.L. & AITA, L. Ensaio para observação e coleta de amostras de ferrugem da folha do trigo - 1980/1981. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 12., Cascavel, PR, 1982. Resultados de pesquisa apresentados na XII RENAPET. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1982b. p.219.
- BARCELLOS, A.L. & AITA, L. Raças fisiológicas de *Puccinia recondita* (ferrugem da folha do trigo) no Brasil em 1980 e 1981. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 12., Cascavel, PR, 1982. Resultados de pesquisa apresentados na XII RENAPET. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1982c. p.209-12.
- BARCELLOS, A.L.; AITA, L. & COELHO, E.T. Informações preliminares sobre fonte de inóculo de ferrugem da folha e do colmo do trigo em Passo Fundo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 12., Cascavel, PR, 1982. Resultados de pesquisa apresentados na XII RENAPET. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1982a. p.220-2.
- BARCELLOS, A.L.; BEEK, M.A.; AITA, L. & IGNACZAK, J.C. Controle químico à ferrugem da folha em cultivares de trigo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 12., Cascavel, PR, 1982. Resultados de pesquisa apresentados na XII RENAPET. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1982b. p.216-8.
- BROWN, J.S. & HOLMES, R.J. Guidelines for use of foliar sprays to control stripe rust of wheat in Australia. *Plant Dis.*, 67(5):485-7, 1983.
- BUCHENAU, G.W. Relationship between field loss and area under the wheat stem rust and leaf rust progress curves. *Phytopathology*, 65:1317-8, 1975.
- ROELFS, A.P. Informe do consultor em epidemiologia de ferrugens. Montevideo, IICA- Cono Sur/BID, s.d. 27p.
- ROSA, O. de S.; BARCELLOS, A.L.; PRESTES, A.M.; SOUSA, C.N.A. de; PICININI, E.C.; COELHO, E.T.;

- SARTORI, J.F.; DEL DUCA, L. de J.A.; AITA, L.; SOUZA, P.G.; SCHEEREN, P.L.; CAETANO, V. da R.; LINHARES, W.I. & LUZ, W.C. da. Melhoramento para resistência a doenças, e características agronômicas através de retrocruzamento em trigo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 12., Cascavel, PR, 1982. Resultados de pesquisa apresentados na XII RENAPET. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1982. p.114-8.
- SONEGO, O.R. & MORAES, A.G. de. Controle químico das ferrugens da folha e do colmo do trigo no estado de Mato Grosso do Sul. Dourados, EMBRAPA-UEPAE de Dourados, 1983. 28p. (EMBRAPA-UEPAE de Dourados. Circular Técnica, 6).
- TENG, P.S.; CLOSE, R.C. & BLACKIE, M.J. Comparison of models of estimating yield loss caused by leaf rust (*Puccinia hordei*) on Zephyr barley in New Zealand. *Phytopathology*, 69(12):1239-44, 1979.