

EPIDEMIOLOGIA E CONTROLE DE BRUSONE - PROGRESSO E PERSPECTIVA

Anne Sitarama Prabhu
Pesquisador-CNPAF.

EPIDEMIOLOGIA E CONTROLE DE BRUSONE - PROGRESSO E PERSPECTIVA¹

ANNE SITARAMA PRABHU²

1. INTRODUÇÃO

Um vasto conhecimento sobre epidemiologia e controle de brusone vem sendo acumulado, desde a identificação de seu agente causal, em 1891 (*Pyricularia oryzae* Cav.) por CAVARA, na Itália. A principal característica deste fungo é que ele tem se adaptado a diferentes condições ecoclimáticas e encontra-se distribuído em quase todas as regiões do mundo onde se cultiva arroz. No Brasil, a doença foi constatada pela primeira vez em 1912, por AVERNA-SACCA, em São Paulo e, em 1935, no Rio Grande do Sul, por PIMENTEL (1935). Atualmente é considerada como a principal doença tanto do arroz irrigado como nas condições de sequeiro. Embora não haja uma estimativa quantitativa das perdas causadas por esta doença, constitui-se ela na maior e mais geral preocupação dos produtores de arroz de sequeiro. É difícil avaliar o seu papel sobre as atitudes sociais dos produtores, o que poderá levá-los a mudanças nos seus sistemas de cultivos. Esta é uma evidência circunstancial.

A pesquisa sistemática sobre o controle de brusone começou há cerca de 60 anos, no Japão. Vários métodos foram desenvolvi

¹ Seminário proferido no CNPAF em 11/10/1976

² Pesquisador na área de Fitopatologia de arroz, do Centro Nacional de Pesquisa - Arroz, Feijão - EMBRAPA - Goiânia, GO.

dos. Estes métodos que resolviam os problemas traziam novos problemas. O resultado é que a doença ainda permanece sendo o maior problema pelo mundo, e a busca de novos métodos ainda continuará. A experiência do passado tem mostrado novos conceitos e princípios para a investigação dos problemas de hoje. Tanto os progressos como as necessidades contínuas devem ser trazidos à luz. O nosso propósito, hoje, é revistar a respeito de epidemiologia e controle, o que tem sido feito no passado, em várias partes do mundo, os novos conceitos em pesquisa, a pesquisa atual em arroz de sequeiro no Brasil e suas perspectivas futuras.

2. HISTÓRICO

Têm-se buscado três formas de controle: a - Uso da resistência varietal; b - Controle químico; e c - Controle através de práticas culturais. O conceito de causa é chamado de etiologia. No caso de brusone, foi extensivamente estudada e parou quando a causa foi definitivamente determinada. Quando a etiologia cessou, a epidemiologia começou a ser estudada, e vem sendo acumulado bastante conhecimento sobre os fatores que afetam as várias fases do desenvolvimento da doença.

2.1. - Melhoramento para resistência à brusone

O melhoramento, visando a resistência à brusone, iniciou há cerca de 50 anos, na Índia e no Japão, quando a especialização fisiológica de *P. oryzae* era desconhecida. Na Índia, CO-4 e GEB-24 foram usados como pais, em cruzamentos para re

sistência. Mais tarde, a resistência do GEB-24 foi quebrada. No Japão, desde 1936, foram usados os genes de Norin 22 para resistência. A procura de novos genes é contínua, em vista de ser a resistência alterada por novas raças.

Nos EE.UU., Zenith, Nira e Fortuna foram as cultivares mais resistentes, em Arkansas, durante os testes de 1940 a 1942. Em 1954, Zenith foi cultivada em mais de 50% da área dos estados do sul. Ela tornou-se suscetível às raças 1 e 7, sendo substituída por Nato, que também se tornou suscetível às raças prevalentes, em 1962. Após uma série de testes, a variedade "Nova" foi liberada em 1963 porque mostrou resistência moderada a 8 dentre 10 raças. Esta foi quebrada pelas raças 7 e 8. A variedade "Dawn" foi lançada em 1966.

A partir de 1963, foi dada maior ênfase ao melhoramento para resistência a raças específicas, no IRRI, após a descoberta de raças fisiológicas em *P. Oryzae*, em 1960, por LATERAL et al. (1960). Diversas cultivares têm sido liberadas, baseado em testes feitos em vários locais do mundo. Revisando os trabalhos de resistência no passado, OU (1972) afirma que pode ser reconhecido considerável sucesso, mas, na maioria dos casos, não foi obtido um alto grau de resistência. Mesmo que se faça muito esforço, para incorporação de resistência a uma raça específica, isto não seria uma solução. O processo de melhoramento varietal e a quebra da resistência são contínuos. Deve ser feito esforço no sentido de procurar a resistência horizontal, mesmo que se saiba muito pouco com referência à brusone do arroz.

No Brasil, as cultivares de arroz de sequeiro não foram criadas visando a resistência à brusone. Foi dada prioridade à qualidade dos grãos e ao comportamento sob condições de seca. As cultivares melhoradas e mais comumente plantadas, como IAC 1246, IAC 47 e IAC 25, são suscetíveis. Somente em São Paulo e no Rio Grande do Sul foram feitos trabalhos registrando a ocorrência de raças fisiológicas.

2.2. - Controle químico

A primeira tentativa para controlar brusone foi feita por BOKURA, 62 anos atrás, sob condições de campo, com calda bordaleza. Desde 1923, calda bordaleza e outros compostos de cobre foram intensivamente usados no Japão, até que GOTO et al (1955) descobriram seus efeitos fitotóxicos e a redução da produção. Após a 2ª guerra mundial, as misturas fungicidas, à base de cobre com organo-mercuriais, como o acetato de fenil mercúrio, foram usadas. Depois elas foram substituídas por formulações em pó, de compostos organo-mercuriais, que eram usadas, também, para o tratamento de sementes. A descoberta do antibiótico Cefalotecina (YOSHII 1949), produzido pelo fungo *Cephalotecium* sp., marcou uma nova etapa no controle da brusone. Diversos antibióticos foram produzidos, mas nenhum deles pôde ser usado na prática, até que a Blasticidina-S, originada de *Streptomyces griseochromogenes*, foi produzida, em 1955. A partir de 1961, tornou-se usada no Japão, vindo a ser produzida em larga escala. O sucesso de Bla-S estimulou a pesquisa e muitos organo-metálicos foram desenvolvidos recentemente e es

tão sendo usados em condições de campo, substituindo Bla-S. Os mais importantes deles, que estão sendo comercializados no Brasil, são Kasumin (Kasugamicina), Kitazin (tiofosfato de o-di-etil-s-benzil) e Hinosan (tiofosfato de O-etil-s-difenil). Hinosan e Bla-S têm atividade comparável em suas ações protetoras e erradicativas. Kasumin é superior em sua ação erradicativa em relação ao Bla-S e Hinosan (KOZAKA-1969). Foi provado que Benlate é mais efetivo na atividade sistêmica, contra brusone, que qualquer outro fungicida específico para controlá-la.

2.3. - Controle através de práticas culturais

O sucesso inicial do controle de brusone, com químicos, permitiu o uso de mais fertilizantes. Isto criou o grande problema da alta incidência de brusone e a redução da eficiência do fungicida. As várias práticas culturais sob o sistema de cultivo intensivo de arroz irrigado foram revisadas por KOSAKA (1963). Há dois conceitos básicos sobre práticas culturais empregadas para o controle: 1 - evitar excesso de absorção de nitrogênio, até o emborrachamento; e 2 - aumento de conteúdo de sílica da planta. Isto ajudaria no desenvolvimento de métodos de práticas culturais apropriadas para locais de diferentes condições sócio-econômicas e para os atuais sistemas de produção.

2.4. - Pesquisa epidemiológica

A pesquisa epidemiológica sobre brusone foi concentrada nos fatores que afetam a germinação dos esporos, fases

pré e pós-infecção pelo fungo, esporulação, reação a diferentes estágios de crescimento, dispersão de esporos, fonte de inóculo, etc. O grau de infecção é determinado pela interação patógeno-hospedeiro-ambiente, no tempo e espaço. Muito pouco foi feito no estudo da relação quantitativa entre as variáveis. A publicação de um livro famoso "Plant Diseases, Epidemics and Control", por J.E. VAN DER PLANK, trouxe uma nova forma para a fitopatologia como ciência quantitativa.

3. CONCEITOS MODERNOS EM EPIDEMIOLOGIA

Epidemiologia é a ciência da doença em populações (VAN DER PLANK 1963). Neste sentido, a palavra epidemia é derivada do grego "dentre pessoas" e foi usada por HIPÓCRATES, a 2000 anos antes. Para o propósito de análise, a epidemia é definida como um aumento de doença em relação ao tempo. Controle de doença é uma parte da epidemiologia e é orientado para prevenção do aumento da doença. O tempo é um fator importante. Uma epidemia é descrita pela medida do progresso da doença com o tempo. A matemática da epidemia foi introduzida por VAN DER PLANK (1963). A epidemia é descrita por uma taxa de infecção aparente (r), que é a taxa com a qual a população do patógeno aumenta. O valor " r " significa tudo sobre uma epidemia. " r " é o coeficiente de regressão de uma proporção de folhas doentes, expressa em logaritmos em relação ao tempo.

$$r = \frac{2,3}{t_2 - t_1} \log_{10} \frac{x_2 (1 - x_1)}{x_1 (1 - x_2)} \quad \text{onde,}$$

r = taxa de infecção aparente

x_1 = doença no tempo t_1

x_2 = doença no tempo t_2

3.1. - Epidemia e controle

A um tempo qualquer (t), durante o curso de uma epidemia, a quantidade de doença (x) é determinada por quanto inóculo havia no início (x_0) e quão rápido a doença desenvolveu (r). A relação é exemplificada na equação:

$$x = x_0 \cdot e^{rt} \quad \text{onde}$$

$e \rightarrow$ base no logaritmo neperiano.

- o) controle é dirigido no sentido de reduzir x_0 , r ou t .
- a) Os métodos de controle para reduzir " t " são plantio de cultivares mais precoces, ou de plantio mais cedo, para o escape.
- b) Métodos para o controle de " x_0 " são sanidade, resistência vertical e erradicação com químicos.
- c) Medidas de controle que reduzem " r " são a resistência horizontal e fungicidas protetores.

Sanidade é o processo de redução de inóculos do qual uma epidemia inicia. Redução de " x_0 " pode ser por sementes sa diais, sementes tratadas ou rotação de culturas. O uso de erra dicantes para reduzir x_0 também é considerado sanidade.

3.2. - Resistência vertical e horizontal

A resistência vertical reduz o inóculo inicial (x_0), e a resistência horizontal reduz a taxa de infecção (r). A re

sistência vertical é a resistência na qual a hipótese gen-por-gen é aceitável, e a resistência horizontal é a resistência para a qual a hipótese gen-por-gen é inaceitável (VAN DER PLANK 1975). Quando a cultivar é resistente a algumas raças é chamada de resistência vertical ou perpendicular, e quando a resistência é contra todas as raças é dita horizontal ou lateral.

Diversos termos foram usados para denotar a resistência vertical e horizontal. A resistência horizontal foi também chamada resistência de campo, generalizada, não-específica, quantitativa, poligênica, uniforme e resistência parcial. A resistência vertical foi também chamada de específica, racial, monogênica, quantitativa e diferencial. Os méritos e defeitos dos vários termos usados são discutidos por VAN DER PLANK (1975).

3.3. - Terminologia segundo Robinson

DEME system - Ele usou o sufixo deme para o hospedeiro e Tipo para o patógeno. Para ambos usou o prefixo Pato.

Um PATÓDEMO é uma população de hospedeiros na qual todos os indivíduos têm uma resistência em comum. Um PATÓTIPO é uma população de patógenos na qual todos os indivíduos têm uma patogenicidade em comum. Interações diferenciais mostram evidência de resistência vertical, embora haja algumas exceções. A Fig. 1 mostra a interação diferencial entre patódemo e patótipo. As populações do hospedeiro são, então, denominadas patódemos verticais e, do patógeno, patótipos verticais. Quando não há interação diferenciadora significativa (Fig. 2), as populações e suas características são descritas como horizontal. Então uma ordem

constante dá melhor indicação de resistência horizontal.

Patótipo Vertical	PATÓDEMO VERTICAL			Patótipo Horizontal	PATÓDEMO HORIZONTAL		
	A	B	C		D	E	F
a	4	0	0	d	2	3	4
b	0	4	0	e	1	2	3
c	0	0	4	f	0	1	2

Fig. 1. Interação diferencial

Fig. 2. Ordem constante (não tem interação diferencial)

Robinson(1973)

3.4. - Métodos de avaliações de resistência

O tipo de resistência, que é comumente empregado no melhoramento e bem conhecido dos melhoristas, é qualitativo. Os indivíduos das progênes são classificados como resistentes ou suscetíveis. Não é necessário nenhum método especial para medir a resistência. A relação das populações segregantes concordam com as leis mendelianas na maneira pela qual a herança de um ou poucos genes causam a resistência. A experiência mostrou que este tipo de resistência não tem valor contra patógenos com *P. oryzae*, com alta mutabilidade vertical.

As possibilidades de medir formas intermediárias de resistência, baseado em métodos epidemiológicos, abriu um novo caminho na filosofia de melhoramento. A resistência quantitativa ou parcial ou horizontal não seguiu a lei de herança mendeliana. Nenhuma classe distinta de resistência pode ser notada, e métodos especiais de avaliação são necessários. O valor numérico

da resistência parcial (RES) pode variar de 0 a 1 (ZADOKS 1972). Quando RES é zero, a planta teste está tão doente quanto o mais suscetível padrão. Quando RES é 1, nenhuma doença é encontrada e a resistência é completa. A resistência parcial é aquela que está entre os valores $0 < RES < 1$. A resistência parcial é subdividida em componentes que podem ser medidos por métodos quantitativos, como relação de infecção (n° de lesões divididos pe lo n° de esporos aplicados), período latente, velocidade de esporulação, crescimento da lesão, período infeccioso. Estes termos são bem claros, de acordo com a teoria epidemiológica de VAN DER PLANK (1963).

Cada hospedeiro possui alguma resistência horizontal a cada doença. Mas este nível pode ser tão baixo que não tenha valor. É possível medir a resistência horizontal quando a vertical está também presente (ROBINSON 1973). Uma técnica para melhoramento de arroz para resistência horizontal, sugerida por ROBINSON, é usar somente pais, nas quais haja ausência de resistência vertical a *P. oryzae*. Entretanto, estes pais podem não ser encontrados na prática e outra técnica, alternativa, é seleccionar um patótipo vertical de *P. oryzae* e usar somente pais que tenham suscetibilidade vertical a ele.

Um novo método experimental de melhoramento para resistência horizontal contra todas as doenças envolve policruzamento ao acaso de cultivares selecionadas após eliminação da resistência vertical. Isto é feito por um gameticida masculino (Ethrel - R.H. 351.2-cloro-etil ácido fosfônico). O problema de este produto afetar a emergência da panícula pode ser contornado pe

la aplicação do ácido giberélico. A população é exposta a uma forte pressão de seleção contra as doenças mais importantes, às pragas e para características agronômicas, durante as sete gerações de policruzamento.

3.5. - Relação custo/benefício de várias medidas de controle

As perdas de lavouras podem ser vistas como o aspecto econômico e social da epidemiologia. A medida da intensidade de doença, perda de produção ou qualidade são importantes aspectos das epidemias.

Para avaliação das perdas, duas hipóteses foram propostas por VAN DER PLANK (1963):

1. A injúria é proporcional à quantidade de doença; isto é válido, se o desenvolvimento dos grãos continua até a época da colheita;
2. A injúria é proporcional à duração da doença na lavoura. Em outras palavras, é proporcional à área sob curva de progresso da doença.

4. O ARROZ DE SEQUEIRO NO BRASIL E A PESQUISA EM PROCESSO

A brusone é o principal problema do arroz no Brasil Central, seguida pela escaldadura, que vem crescendo em importância. No primeiro ano de cultivo, a escaldadura foi encontrada com maior frequência que a brusone, o que indica a possibilidade de hospedeiros para o agente causal. O inóculo aumenta na palhada doente e plantas remanescentes, aumentando a intensidade nos anos subseqüentes. A ausência de informação sobre as per

das causadas pela brusone e a economicidade de uso de químicos para o controle torna necessário iniciar estudos em epidemiologia quantitativa e controle, além da busca de fontes de resistência.

Com o objetivo de desenvolver um sistema de controle integrado, está sendo feita uma tentativa no sentido de identificar variáveis neste sistema, bem como as suas inter-relações. Estes estudos conduzirão ao desenvolvimento de modelos para previsão da doença, perdas da produção e para adequação do uso de fungicidas em cultivares moderadamente resistentes. As etapas envolvidas neste estudo são a identificação de um estágio crítico, a intensidade de brusone que causa perda significativa na produção, estimativa de doença neste estágio baseado na quantidade de inóculo inicial, a perda esperada com dada intensidade de brusone, determinação da época e intervalo de pulverizações e o aumento em produção com cada pulverização de fungicida, a eficiência do controle baseado no grau de resistência de uma dada cultivar, a redução do inóculo inicial pela sanidade, etc.

4.1. - Algumas medidas quantitativas e inter-relações

Foram obtidas as seguintes inter-relações:

- a) Taxa de aumento de brusone em 20 cultivares de sequeiro pela geração de curvas de progresso.
- b) Inter-relação entre percentagens de controle e o grau de resistência, baseado na infecção das folhas e grãos.

- c) Inter-relação entre o inóculo inicial da brusone e a intensidade de brusone no emborrachamento.
- d) Correlação de doença nas duas últimas folhas e a infecção de panículas, baseado no levantamento realizado em fazendas.
- e) Efeito de duas intensidades de brusone no estágio vegetativo sobre a maturação dos grãos.
- f) Percentagem de aumento de panículas com brusone em relação ao tempo.
- g) Relação entre estágio de formação de grão e percentagem de infecção.
- h) Percentagem de perda de peso dos grãos em relação à época da infecção da panícula com brusone.
- i) Percentagem de perda de peso dos grãos em relação à época de infecção da panícula e percentagem de panículas infectadas.
- j) Proporção de aumento do peso de grãos com o tempo.

5. PERSPECTIVAS

Existem dois sistemas de cultivo de arroz de sequeiro contrastantes, no Brasil.

O sistema de produção extensivamente mecanizado, no Brasil-Central, onde o tamanho da fazenda é grande e a população de plantas por unidade de área é maior, constituindo um grande meio de cultura para *Pyricularia*, particularmente nos segundos e terceiros anos de cultivo. Esta situação, com a intensificação de práticas culturais, constitui-se em perigo constante

de epidemias. Estes sistemas permitem, portanto, o uso de tecnologia moderna.

Em contraste, em outro extremo, estão o Pará e Maranhão, onde o tamanho de fazenda é pequeno, com práticas ainda primitivas, não permitindo a criação de condições ótimas para a brusone. Neste caso, os recursos naturais limitados e as condições sócio-econômicas proíbem a utilização de técnicas modernas.

Estas duas situações enfatizam a crescente responsabilidade de pesquisar métodos eficientes para estas diferentes condições.

A maior parte da produção de arroz ainda está originando de culturas com brusone. De acordo com análises recentes, somente cerca de 9% da área cultivada é parcialmente protegida pelo uso de fungicida. A tendência para uso de fungicida, como um insumo normal, está aumentando. Com o uso de tecnologia moderna, há perspectivas de mais altas produções de arroz, quando a pulverização de fungicida se tornar mais econômica do que no presente.

Uma nova estratégia de pesquisa deve ser o melhoramento das cultivares de arroz para resistência horizontal. A pesquisa fitopatológica deve ser orientada para o desenvolvimento de métodos para medir a resistência uniforme, na qual os geneticistas podem estudar o padrão de herança.

A época das pulverizações com fungicidas, baseada na previsão da doença e perdas nas variedades com resistência horizontal, poderá, certamente, revolucionar a produção de arroz nas condições de sequeiro.

LITERATURA CITADA

- JAMES, W. Clive. Assesment of Plant diseases and losses. Ann. Rev. Phytopathol. 10:253-76, 1974.
- KOZAKA, T. Control of rice blast by cultivation practices in Japan, in the rice blast disease. Proc. Symp. at IRRI, July, 1963: 421-438. Baltimore, Maryland, Johns Hopkins Press.
- _____. Chemical control of rice blast in Japan. Rev. Pl. Prot. Res. 2:53-63, 1969.
- KRANZ, J. Comparison of epidemics. Ann. Rev. Phytopathol. 10: 355-373, 1974.
- LUKE, H.H.; CHAPMAN, W.H. and BARNETT, R. D. Horizontal resistance of Red Rustproof Oat to Crown Rust. Phytopathology. 62:414-417, 1972.
- OU, S.H. Rice Diseases. Kew, Surrey, England. C.A.B. 342 pp. 1973.
- PARLEVLIIET, J.E. Partial resistance of barley to trafr rust, Puccinia hordei. II. Relationships between field triale, microplot tests and latent period. Euphytica. 24:293-303. 1975.
- _____. Evaluation of the concept of horizontal resistance in the barley Puccinia hordei host. Pathologen relation ship. Phytopathology. 66:494-496, 1976.

REGINA, E.M.A. and RIBEIRO, A.S. Rice diseases in Brazil. Se
gunda Reunion Pelotas, Rio Grande do Sul, 6-11 Dec. 1971.

ROBINSON, R.A. Vertical resistance. Rev. Pl. Path. 50:233-239.
1971.

_____. Horizontal resistance. Rev. Pl. Path. 52:483-501.
1973.

_____. The Nature of physiologic specialization in plant
parasitism. (Unpublished) 1976.

TURKENSTEEN, L.J. Partial resistance of tomatoes against
Phytophthora infestants, the late blight fungus. Agricultu-
ral Research Reports 810. Wageningen. 84 pp. 1973.