



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

**SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA
ABASTECIMENTO, AQUICULTURA E PESCA**

**INSTITUTO DE DEFESA AGROPECUÁRIA E
FLORESTAL DO ESPÍRITO SANTO**

CERTIFICAÇÃO FITOSSANITÁRIA DE ORIGEM

Vol. I - PRAGAS



ETIOLOGIA E EPIDEMIOLOGIA DE DOENÇAS DE PLANTAS

Waldir Cintra de Jesus Junior
José Aires Ventura
Hélcio Costa

I. ETIOLOGIA

1. CONCEITOS EM ETIOLOGIA

Etiologia é uma palavra derivada do grego, *aetia* = causa, e *logos* = estudo. De maneira simples podemos considerar como a ciência que estuda as causas das doenças. Características como o agente causal, modo de penetração, crescimento, multiplicação e outros eventos compõem o estudo da etiologia de determinada doença.

A maioria das doenças de plantas é causada por organismos vivos. Todo organismo capaz de causar doença é denominado de *patógeno*. Os principais patógenos de plantas são os seguintes: *fungos, bactérias, vírus, nematoides, fitoplasmas, espiroplasmas, viroides e protozoários*. As doenças causadas por agentes bióticos são consideradas infecciosas, pois o patógeno é capaz de crescer e multiplicar em plantas doentes e pode haver disseminação da doença de planta doente para planta sadia. As doenças causadas por agentes abióticos, por sua vez, podem ser consideradas não infecciosas, pois

não há transmissão de planta para planta. *Patogenicidade* é, portanto, considerada a capacidade que o organismo associado ao hospedeiro tem de causar doença.

2. TESTE DE PATOGENICIDADE

Quando um organismo é encontrado associado a uma planta doente, se for conhecido ou registrado anteriormente, é identificado com a ajuda de literatura. Entretanto, se for um organismo desconhecido, pelo menos para tal planta, para confirmá-lo ou descartá-lo como agente causal da doença, é necessária a realização do *teste de patogenicidade*. O estabelecimento da relação causal entre uma doença e um micro-organismo só pode ser confirmado após o cumprimento de uma série de etapas, conhecidas por *Postulados de Koch*, os quais foram desenvolvidos por Robert Koch (1881) para patógenos humanos e adaptados posteriormente para Fitopatologia, constituindo o teste de patogenicidade. As etapas são:

- **Associação constante patógeno-hospedeiro:** um determinado micro-organismo deve estar presente em todas as plantas de uma mesma espécie que apresentam o mesmo sintoma. Em outras palavras, deve-se poder associar sempre um determinado sintoma a um patógeno em particular.

- **Isolamento do patógeno:** o organismo associado aos sintomas deve ser isolado da planta doente e multiplicado artificialmente.

- **Inoculação do patógeno e reprodução dos sintomas:** a cultura pura do patógeno, obtida anteriormente, deve ser inoculada em plantas saudáveis da mesma espécie que apresentou os sintomas iniciais da doença e provocar a mesma sintomatologia observada anteriormente.

- **Reisolamento do patógeno:** o mesmo organismo deve ser isolado das plantas submetidas à inoculação artificial. Se todas as etapas acima forem cumpridas, o organismo isolado pode ser considerado como o agente patogênico responsável pelos sintomas observados.

Os testes de patogenicidade são realizados, geralmente, em casa-de-vegetação para plantas, e em laboratório para partes de plantas como estacas, ramos, folhas destacadas, frutos etc.

3. CLASSIFICAÇÃO DOS PATÓGENOS

Parasitismo é um fenômeno extremamente complexo, sendo delineado em vários níveis. Baseados nesses aspectos existem várias classificações para patógenos de plantas; entretanto, simplificada, eles podem ser agrupados em:

• **Parasitas obrigatórios:** são aqueles que vivem às custas do tecido vivo do hospedeiro. Não são cultivados em meio de cultura. Ex: fungos causadores de míldios, oídios, ferrugens e carvões; vírus, viroides, nematoides e algumas bactérias.

- **Saprófitas facultativos:** são aqueles que vivem a maioria do tempo ou a maior parte de seu ciclo de vida como parasitas, mas em certas circunstâncias podem sobreviver saprofiticamente sobre matéria orgânica morta. Podem ser cultivados em meio de cultura. Ex: fungos causadores de manchas foliares, como *Alternaria* spp., *Colletotrichum* spp. e *Cercospora* spp.

- **Parasitas facultativos:** são aqueles que normalmente se desenvolvem como saprófitas, mas que são capazes de passar parte ou todo o seu ciclo de desenvolvimento como parasitas. São facilmente cultivados em meio de cultura. Ex: fungos como *Rhizoctonia solani* e *Sclerotium rolfsii*.

Em geral, os parasitas obrigatórios e facultativos diferem entre si pela forma como atacam as plantas hospedeiras e obtêm seus nutrientes a partir destas. No caso dos parasitas obrigatórios, a colonização é, geralmente, intercelular; enquanto nos facultativos ela é, na maioria das vezes, intracelular.

Em virtude das diferenças de parasitismo, o teste de patogenicidade através dos Postulados de Koch apresenta particularidades para parasitas facultativos e obrigatórios. No caso de parasitas facultativos, o teste de patogenicidade segue os postulados descritos previamente, enquanto no caso de parasitas obrigatórios somente dois postulados podem ser aplicados:

- **Associação constante patógeno-hospedeiro:** um determinado micro-organismo deve estar presente em

todas as plantas de uma mesma espécie que apresenta o mesmo sintoma.

- **Inoculação do patógeno e reprodução dos sintomas:** extrato de folhas doentes (no caso de vírus) ou suspensão de esporos ou esporângios (no caso de fungos causadores de ferrugens, carvões, oídios e míldios) deve ser inoculado em plantas sadias da mesma espécie que apresentou os sintomas iniciais da doença e provocar a mesma sintomatologia observada anteriormente.

4. DENOMINAÇÃO DOS PATÓGENOS

O nome genérico é escrito com inicial maiúscula e grifado. O nome específico é escrito com inicial minúscula e grifado. Os nomes subespecíficos como os de patovar (pv.), subespécie (subsp.), variedade (var.) e forma *specialis* (f.sp.) também são escritos com inicial minúscula e grifados. O grifo poderá ser substituído por letra em itálico ou negrito. O nome genérico deverá ser abreviado a partir da segunda citação em texto científico. O nome do autor ou autores que classificaram a espécie deve ser citado cada vez que a mesma for escrita pela primeira vez em qualquer texto científico, podendo ser abreviados. O termo spp. = várias espécies e sp. = espécie desconhecida.

II. EPIDEMIOLOGIA

1. CONCEITOS EM EPIDEMIOLOGIA

Epidemiologia é o "estudo das epidemias e dos fatores que as influenciam", ou, em uma conceituação mais complexa, é o "estudo de populações de patógenos em populações de hospedeiros e da doença resultante desta interação, sob a influência do ambiente e a interferência humana".

Mas o que é uma epidemia? Epidemia refere-se ao "aumento da doença numa população de plantas em intensidade e/ou extensão, isto é, um aumento na incidência-severidade e/ou um aumento na área geográfica ocupada pela doença". Apesar da definição de epidemia considerar somente o aumento na intensidade da doença, a epidemiologia como ciência estuda não somente doenças que aumentam como doenças que diminuem, seja em intensidade, seja extensão.

O termo **epidemia poliética** caracteriza aquelas epidemias que necessitam de anos para mostrar significativo aumento na intensidade da doença. O termo **pandemia** caracteriza aquelas epidemias que ocupam uma área extremamente grande, de tamanho quase continental. **Endemia** caracteriza uma doença sempre presente numa determinada área, sem estar em expansão. Apesar dessas definições, epidemia não é o oposto de endemia, pois não existe uma doença completamente endêmica de um lado e uma doença

completamente epidêmica de outro. Endemia e epidemia se misturam, exibindo uma variação contínua entre os extremos. Assim, uma doença endêmica, por fatores como modificação momentânea do microclima pode tornar-se epidêmica vindo a afetar muitos indivíduos, com grande intensidade, numa determinada área e num determinado tempo. Este fenômeno é referido como sendo um surto epidêmico de uma doença normalmente endêmica e, caso ocorra periodicamente, é chamado de **epidemia cíclica**.

Muitas epidemias são localizadas e causam perdas pequenas a moderadas. Algumas epidemias são mantidas sob controle naturalmente, por exemplo, por mudanças nas condições ambientais. Outras são mantidas sob controle por pulverizações com agrotóxicos e outras medidas de controle. Ocasionalmente, entretanto, algumas epidemias surgem repentinamente, escapam ao controle e tornam-se amplamente dispersas ou severas em algumas espécies de plantas particulares.

A epidemiologia, como a maioria das ciências, apresenta duas faces distintas que, apesar disso, se complementam: a face acadêmica e a face aplicada. A primeira tem por objetivo uma melhor compreensão da estrutura e do comportamento das doenças no campo, e a segunda, baseando-se na primeira, tem por principal objetivo a otimização do manejo de doenças. Uma melhor compreensão da estrutura e do comportamento das doenças é fundamental, mas o grande desenvolvimento da epidemiologia nos últimos anos deveu-se, sem dúvida, às possibilidades de seu uso na

otimização do manejo de doenças. Nesse contexto, a epidemiologia tem como principais objetivos:

- a) estudar a evolução das doenças em populações do hospedeiro;
- b) avaliar os prejuízos absolutos e relativos causados pelas doenças nas culturas;
- c) avaliar os efeitos simples e as interações entre resistência do hospedeiro, medidas sanitárias, utilização de fungicidas e outras medidas de manejo das doenças;
- d) avaliar a eficiência técnica e econômica das medidas de manejo em cada etapa sobre o agroecossistema;
- e) estabelecer estratégias de manejo das doenças e aperfeiçoá-las para a proteção das culturas.

2. ELEMENTOS DE UMA EPIDEMIA

Para uma doença de planta se desenvolver em proporções epidêmicas é necessário que ocorra uma perfeita interação entre uma população de plantas suscetíveis, uma população de patógenos virulentos e agressivos, sob condições ambientais favoráveis. Qualquer modificação em um desses fatores provocará uma redução na intensidade da doença ou de sua taxa de desenvolvimento. O homem pode auxiliar no início e no desenvolvimento de epidemias através de suas atividades. No entanto, mais frequentemente a interferência humana pode paralisar ou retardar o início e desenvolvimento de epidemias pelo uso de medidas apropriadas de controle.

Para descrever a interação dos componentes de epidemias de doenças de plantas, o triângulo da doença, que descreve a interação de seus componentes, necessita ser expandido para incluir a influência do tempo e do homem. A quantidade de cada um dos três componentes da doença e suas interações no desenvolvimento desta sofre influência de um quarto componente: o tempo. A quantidade de doença é afetada pelo ponto específico em tempo no qual um evento particular ocorre quando de seu desenvolvimento e a duração de tempo desse evento. O efeito do tempo no progresso da doença torna-se aparente quando se considera a importância da época do ano (isto é, as condições climáticas e o estágio de crescimento quando o hospedeiro e o patógeno podem coexistir), a duração e a frequência de temperatura e pluviosidade favorável, o tempo de aparecimento dos vetores, a duração do ciclo de infecção de uma doença particular etc. Caso os quatro componentes desse tetraedro pudessem ser quantificados, o seu volume seria proporcional à quantidade de doença em uma planta ou numa população de plantas.

O desenvolvimento de doenças em plantas cultivadas é também grandemente afetado por um quinto componente: o homem. A interferência humana pode afetar o tipo de planta desenvolvida numa determinada área, o grau de resistência da planta, a época de plantio e a densidade de plantas cultivadas. Pela resistência de determinadas plantas que cultiva, o homem também determina quais patógenos e raças patogênicas podem predominar. Pelas práticas culturais de controle químico e biológico utilizadas, o homem afeta a quantidade de

inóculo primário e secundário disponível para atacar plantas. Ele também modifica o efeito do ambiente sobre o desenvolvimento da doença pelo retardo ou antecipação do plantio ou colheita, pelo plantio em covas altas ou maior espaçamento, pela proteção da superfície de plantas com químicos antes das chuvas e pelo controle da umidade em áreas destinadas ao armazenamento dos produtos. O período de atividade no desenvolvimento e proteção das plantas pode afetar várias combinações desses componentes a um considerável grau, afetando grandemente a quantidade de doenças em plantas individuais e em populações de plantas.

O diagrama esquemático das inter-relações dos fatores envolvidos em epidemias de doenças de plantas está representado na Figura 1. Hospedeiro, patógeno e ambiente são representados por cada lado de um triângulo, o tempo é representado por uma linha perpendicular partindo do centro do triângulo e o homem, como o pico do tetraedro, no qual a base é o triângulo e a altura é o comprimento de tempo. Neste sentido o homem interage, bem como é influenciado por cada um dos outros quatro componentes de uma epidemia e, portanto, incrementa ou decresce a magnitude da epidemia.

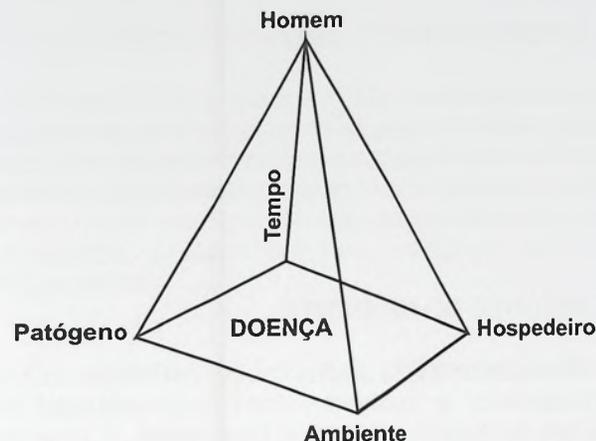


Figura 1. Diagrama esquemático das inter-relações dos fatores envolvidos em epidemias de doenças de plantas (adaptado de Agrios, 1997).

3. CONDIÇÕES QUE AFETAM O DESENVOLVIMENTO DE EPIDEMIAS

3.1. FATORES DO HOSPEDEIRO

Vários fatores internos e externos de plantas hospedeiras exercem importantes funções no desenvolvimento de epidemias, dentre os quais se destacam: níveis de resistência genética ou suscetibilidade do hospedeiro, grau de uniformidade genética das plantas hospedeiras, tipo de cultura, idade da planta hospedeira etc.

3.2. FATORES DO PATÓGENO

Os principais fatores do patógeno que influenciam no desenvolvimento de epidemias são os seguintes: nível de virulência e agressividade, quantidade de inóculo próximo ao hospedeiro, tipo de reprodução, ecologia, modo de disseminação etc.

3.3. FATORES DO AMBIENTE

A maioria das doenças de plantas ocorre em áreas onde o hospedeiro é cultivado, mas normalmente não ocorrem epidemias severas e frequentes. A presença numa mesma área de plantas suscetíveis e patógenos virulentos nem sempre garantem numerosas infecções e, muito menos, o desenvolvimento de uma epidemia. Esse fato reforça a influência do ambiente no desenvolvimento de epidemias. O ambiente pode afetar disponibilidade, estágio de crescimento e suscetibilidade genética do hospedeiro. Pode também afetar a sobrevivência, a taxa de multiplicação, a esporulação, a distância de disseminação do patógeno, a taxa de germinação dos esporos e a penetração. Adicionalmente, o ambiente pode também afetar o número e a atividade de vetores do patógeno. As variáveis ambientais que mais afetam o desenvolvimento de epidemias de doenças de plantas são a umidade e a temperatura, entretanto também pode haver influência da luminosidade, do pH, da fertilidade do solo e da nutrição mineral das plantas.

3.4. FATORES DO HOMEM

Muitas atividades humanas têm um efeito direto ou indireto nas epidemias de doenças de plantas, algumas favorecem e outras reduzem a frequência e a taxa da epidemia. Como exemplos podem ser citados: seleção e preparo do local de plantio, seleção do material de propagação, práticas culturais, introdução de novos patógenos etc.

4. QUANTIFICAÇÃO DA INTENSIDADE DE DOENÇAS

A quantificação de doenças é necessária tanto para o estudo de medidas de manejo, na determinação da eficiência de um fungicida, ou na caracterização da resistência varietal, como para a construção de curvas de progresso da doença e estimativas dos danos provocados. Sua importância tem sido frequentemente comparada à importância da diagnose, pois de nada adiantaria conhecer o agente causal (patógeno) de uma doença se não fosse possível quantificar os sintomas por ele causados. Embora a importância da quantificação de doenças seja amplamente reconhecida, existe falta de padronização nos métodos utilizados na avaliação de doenças.

O problema da desuniformidade de métodos começa pela própria terminologia utilizada, uma vez que os termos incidência e severidade, que representam as variáveis a serem estimadas, são muitas vezes utilizados de forma inadequada. **Incidência** é a

porcentagem de plantas doentes ou partes de plantas doentes em uma amostra ou população, enquanto **severidade** é a porcentagem da área ou do volume de tecido coberto por sintomas. Os métodos de avaliação de doenças podem ser agrupados em métodos diretos, onde a estimativa da quantidade de doença é feita diretamente através dos sintomas, ou métodos indiretos, onde a quantidade de doença é estimada pela população do patógeno.

4.1. MÉTODOS DIRETOS DE AVALIAÇÃO DE DOENÇAS

Entre os métodos diretos de avaliação de doenças encontram-se principalmente as estimativas da incidência e da severidade.

4.1.1. Quantificação da Incidência

A variável incidência é a de maior simplicidade, precisão e facilidade de obtenção. A contagem do número de plantas de tomateiro com murcha bacteriana, do número de frutos de manga com antracnose e do número de plantas de milho com carvão fornecem uma ideia clara da intensidade de cada doença, sem nenhuma subjetividade. Esses valores podem ser expressos em porcentagem ou através de outros índices.

Muitas vezes a avaliação da doença baseada na incidência fornece dados alarmantes e não reflete a

intensidade real da doença no campo, pois leva em consideração somente a presença do sintoma e não a intensidade deste. Além disso, do ponto de vista da quantificação de danos, a utilização da incidência está sujeita a algumas limitações, uma vez que só pode ser usada para aquelas doenças que atacam a planta toda, como as viroses sistêmicas e as murchas vasculares, ou para aquelas em que uma única infecção é suficiente para impedir a comercialização do produto, como as podridões de frutos.

4.1.2. Quantificação da Severidade

A variável severidade é a mais apropriada para quantificação de doenças foliares como manchas, crestamentos, ferrugens, oídios e mildios. Nestes casos, a porcentagem da área de tecido foliar coberta por sintomas retrata melhor a intensidade da doença que a incidência.

Exemplo: Para comparar a resistência de duas variedades de cafeeiro à ferrugem foram coletadas 100 folhas de cada variedade no campo. Todas as folhas de ambas as variedades apresentavam pústulas (100% de incidência). Porém, em média, em uma variedade havia 4 pústulas/folha, enquanto na outra havia 20 pústulas/folha. Será que ambas as variedades são iguais quanto à resistência? Certamente não, daí a importância de se considerar a estimativa da severidade nesses casos.

A quantificação da severidade não é tarefa fácil. Para

contornar tal dificuldade, várias estratégias têm sido propostas, dentre as quais se destacam a utilização de **escalas descritivas** e de **escalas diagramáticas**. Qualquer que seja a estratégia adotada, é fundamental que o estágio de desenvolvimento da cultura e o órgão da planta amostrado sejam bem definidos.

- **Escalas descritivas** - utilizam chaves com certo número de graus para quantificar doenças. Cada grau da escala deve ser apropriadamente descrito ou definido. São numerosos os exemplos de utilização de escalas descritivas. Algumas são bastante úteis e largamente empregadas, pois representam uma metodologia uniforme de coleta de dados. Muitas, por outro lado, são mal elaboradas e não permitem uma avaliação sistemática de doenças.

- **Escalas diagramáticas** - são representações ilustradas de uma série de plantas ou parte de plantas com sintomas em diferentes níveis de severidade. Atualmente, essas escalas constituem-se na principal ferramenta de avaliação da severidade para muitas doenças.

4.2. MÉTODOS INDIRETOS DE AVALIAÇÃO DE DOENÇAS

A avaliação direta de doenças é difícil de ser realizada quando os sintomas observados na planta envolvem apenas redução de vigor, diminuição de produção ou enfezamento. Isto é muito comum nas doenças causadas por vírus e nematoides. A principal estratégia

utilizada para quantificar este tipo de doença é a determinação da população do patógeno.

Com relação às viroses, existem muitos exemplos em que a presença do agente causal não está relacionada com a presença de sintomas visíveis. A avaliação deste tipo de doença é feita com técnicas de diagnose, como indexação do vírus em plantas indicadoras ou técnicas sorológicas. Métodos sensíveis de sorologia têm permitido, inclusive, a quantificação de partículas virais no hospedeiro, o que está de certa forma relacionada à severidade da doença. O teste imuno-enzimático conhecido por ELISA tem sido utilizado com este objetivo.

Para nematoides, a população patogênica é avaliada através de métodos específicos envolvendo amostragem de solo e raízes com posterior extração e contagem de indivíduos. Os dados obtidos desta forma servem tanto na orientação de medidas de controle quanto na estimativa de danos causados por estes organismos.

5. PROGRESSO DE DOENÇAS

5.1. CLASSIFICAÇÃO EPIDEMIOLÓGICA DE DOENÇAS

Quanto à classificação epidemiológica, dois grupos podem ser conceituados: *doenças de juro compostos* e *doenças de juro simples*. No primeiro grupo, plantas

infectadas durante o ciclo da cultura servirão de fonte de inóculo para novas infecções durante o mesmo ciclo. É o caso típico da ferrugem do trigo, por exemplo, cujo agente causal (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*), em condições favoráveis, pode produzir uma geração a cada 10 dias. Esta situação é análoga ao crescimento de capital a juros compostos, em que os juros ganhos rendem novos juros. No caso de doenças de juros compostos, *plantas doentes rendem novas plantas doentes durante o ciclo da cultura*. Para que isto ocorra, está implícita uma movimentação do patógeno a partir de plantas doentes em direção a novos sítios de infecção. No segundo grupo, *plantas infectadas durante o ciclo da cultura não servirão de fonte de inóculo para novas infecções durante o mesmo ciclo*. É o caso típico da murcha do algodoeiro, por exemplo, cujo agente causal (*Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*) coloniza principalmente o interior do xilema das plantas infectadas. Esta situação é análoga ao crescimento de capital a juros simples, em que os juros ganhos não rendem novos juros. No caso de doenças de juros simples, o aumento gradativo do número de plantas doentes durante o ciclo da cultura não é devido, primariamente, à movimentação do patógeno a partir de plantas doentes em direção a novos sítios de infecção e sim ao inóculo original, neste caso clamidósporos, previamente existente no solo.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**. 4th ed. San Diego: Academic Press, 1997.

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1996. 289 p.

BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Eds.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 3. ed. São Paulo: Ceres, 1995.

VALE, F. X. R.; JESUS JUNIOR, W. C. de; ZAMBOLIM, L. (Eds.). **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte, MG: Perfil, 2004.