



## Sumário

- Introdução
- Doenças em plantas
- Coeficiente de dano de doenças
- Lupa para identificar doenças
- Como diferenciar sintomas
- Principais doenças foliares
  - Oídio
  - Mildio
  - Crestamento bacteriano
  - Ferrugem em soja
    - Sintomas
    - Desenvolvimento
    - Plantas hospedeiras
- Doenças de fim de ciclo
- Folha-carijó e outros sintomas
- Índice de área foliar
- Danos causados por doenças em soja
- Controle de doenças
  - Fungicidas preventivos e curativos
  - Ação sistêmica de fungicidas
- Agradecimentos

## Introdução

As doenças de fim de ciclo e a ferrugem-asiática exigem maior conhecimento sobre a identificação, monitoramento, características biológicas dos patógenos e o potencial de danos na lavoura, para adotar a melhor estratégia de controle.

Essa publicação foi elaborada com o objetivo de oferecer informações sobre as características e diferenciação dos sintomas causados pela ferrugem-asiática e as principais doenças foliares em soja, com base nos Informativos Técnicos Cooplantio, bibliografia, especialistas da área e experiência prática em lavouras.

## Doenças em plantas

Os agentes causadores de doenças em plantas podem ser agrupados, de acordo com sua relação com o hospedeiro (planta), em biotróficos e necrotróficos.

Os biotróficos se alimentam de células vivas e são totalmente dependentes do hospedeiro vivo para sua sobrevivência e não desenvolvem sobre restos culturais, sementes ou material orgânico morto. Estes patógenos apresentam ampla distribuição sobre a superfície vegetal, maior número de gerações e não causam danos tão severos na vascularização (nervuras) do que os necrotróficos. Os biotróficos mais comuns são os oídios, mildios e ferrugens.

Os necrotróficos parasitam (penetram) o tecido vegetal e em seguida produzem toxinas que provocam a morte de partes da planta (manchas foliares). O fungo alimenta-se do tecido vegetal morto e seus danos são mais severos do que os causados pelos biotróficos, pois causam o colapso total das áreas infectadas, inclusive no sistema vascular (nervuras), sendo o dano irreversível. O controle com fungicidas é mais difícil para esse grupo de doenças.

Os patógenos necrotróficos sobrevivem em restos culturais e nas sementes, ao contrário dos biotróficos. Os necrotróficos mais comuns são as manchas foliares e doenças de fim de ciclo.

A ferrugem-asiática da soja é classificada como biotrófico, mas apresenta características atípicas, diferentes de outras ferrugens, como o tamanho diminuto da lesão, desenvolvimento a partir das folhas inferiores, bordas de lesão necrosadas e elevada agressividade, características que se aproximam do comportamento de fungos necrotróficos.

## Coeficiente de dano de doenças

A relação entre o tamanho do sintoma visível da doença e o tamanho da injúria real (não visível)

vel) resulta no coeficiente de dano. As doenças com baixo coeficiente de dano causam sintomas visuais maiores do que o dano real. O oídio, por exemplo, cobre as folhas com micélio branco, mas o dano se restringe a pequenos pontos negros (Figura 2). Para essas doenças é possível determinar níveis de infecção para início de controle.

As manchas foliares têm coeficiente de dano elevado, com injúrias reais maiores do que as da aparência visual na folha. Ou seja, quando aparece o sintoma na folha, a área danificada já é muito maior do que a percebida visualmente e o controle com fungicidas se torna pouco eficiente.

### Lupa para identificar doenças

O manuseio adequado de lupas é importante para o diagnóstico correto dos sintomas e sinais causados por patógenos. A lupa manual de 20 aumentos é a que melhor atende a necessidade de identificação de sintomas causados por patógenos.

Para maior eficiência no uso da lupa:

- posicionar a lupa junto ao olho (Figura 1);
- examinar a face inferior das folhas;
- envolver o dedo indicador com a folha e posicionar a parte a ser analisada até a distância de foco.

### Como diferenciar sintomas

A diferenciação entre as doenças foliares da soja mais frequentes nas lavouras pode ser feita pelas características de contorno, de textura e de coloração do sintoma na folha.

O oídio cobre as folhas com micélio branco e causa pequenas lesões de coloração negra (Figura 2).

O míldio apresenta a área de lesão de contorno bem definido (Figura 3), de coloração amarelada na face superior e coberta por micélio algodinoso na face inferior da folha.

O crestamento-bacteriano causa sintomas de superfície plana, de coloração preta brilhante (negra), de contorno angular e alo amarelado. Produz exsudatos sobre a lesão, na face inferior da folha (Figuras 4).

A mancha-parda causa sinais de superfície plana, coloração parda (palha) e contorno angular (Figuras 5). Desenvolve na folha unifoliolada e, depois, na fase reprodutiva das plantas.

A ferrugem-asiática causa sintomas de tamanho diminuto (0,5 mm a 1,0 mm), de superfície rugosa na fase de esporulação, contorno angular, mas menos perceptível do que em bacterioses e em septoriose, e coloração marrom-escura a avermelhada. A principal diferenciação é a superfície rugosa e o tamanho diminuto dos sintomas (Figura 6).

## Principais doenças foliares

Algumas doenças foliares desenvolvem na fase vegetativa (oídio, míldio, crestamento-bacteriano e ferrugem) e outras, na fase reprodutiva, formando o complexo de doenças de fim de ciclo (DFC).

### Oídio

O oídio (*Microsphaera diffusa*) (Figuras 2 e 7) é um fungo biotrófico de baixo índice de danos e se caracteriza pelo desenvolvimento de micélio branco ou cinza cobrindo as folhas e outras partes das plantas, com aparência visual muito maior do que o dano realmente causado na planta.

Períodos secos e com temperatura amena favorecem o desenvolvimento do patógeno. As plantas das bordas de lavouras, com ambiente mais ventilado, apresentam infecção mais elevada de oídio.

A soja tolera índices de 20 % de severidade sem redução significativa no rendimento de grãos.

### Míldio

O míldio (*Peronospora manshurica*) é um fungo biotrófico de baixo índice de danos e desenvolve na fase vegetativa com destacada aparência visual (Figuras 3 e 8) e paralisa o desenvolvimento na fase reprodutiva das plantas de soja.

Os fungicidas recomendados para a ferrugem e DFC em soja são pouco eficientes para o controle do míldio.

### Crestamento bacteriano

O crestamento-bacteriano (*Pseudomonas savastanoi*) é uma doença muito frequente em soja, com sintomas (Figura 5) que despertam maior atenção dos agricultores por se desenvolver a partir das folhas inferiores na fase vegetativa da soja e pela confusão com os sintomas de ferrugem-asiática. Aparecem nas folhas trifolioladas (Figura 9) e causam rompimento (rasgado) do limbo foliar (Figura 10).

### Ferrugem-asiática

No passado ocorria ferrugem-americana da soja (*Phakopsora meibomiae*), que desenvolvia com pouca agressividade. A ferrugem-asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*), muito mais agressiva, disseminou nos últimos anos pela África, Oceania e América do Sul. No Brasil foi citada a partir de 2001, com danos severos em soja, principalmente nos Cerrados.

A principal diferença entre as duas ferrugens é a rápida disseminação da ferrugem-asiática e a

elevada agressividade ou capacidade de causar danos às plantas.

### Sintomas

No início do desenvolvimento a ferrugem-asiática causa pequenos sinais translúcidos, que podem ser visualizadas posicionando a folha diante de uma fonte de luz (Figura 11).

A lesão desenvolve a partir da face inferior da folha com sintomas variados na estrutura e na cor. O sintoma típico é a formação de bolha ou elevação na superfície da folha que, depois de esporular, apresenta orifício na extremidade distal e coloração marrom-escura a avermelhada (Figuras 6, 12, 13 e 14). Também podem aparecer sintomas de coloração marrom-clara sem a produção da bolha de esporos (Figura 15), facilmente confundidos com os sintomas iniciais de outras doenças.

Na face superior da folha de soja aparecem pontos de coloração negra e sem alo amarelo (Figura 12).

A ferrugem apresenta grande número de lesões de diâmetro pequeno (0,5 mm a 1,0 mm), superfície rugosa e coloração pardo-clara a marrom-escura (Figuras 6, 12, 13 e 14) e consistência pulverulenta quando esporulando (pústulas). Com aumentos maiores percebe-se que o contorno da lesão é definido ou angular (Figuras 15 e 16).

A ferrugem-asiática desenvolve rapidamente, iniciando pelas folhas da parte inferior e mediana das plantas de soja (Figura 17). As folhas infectadas apresentam coloração amarelada e aparente maturação precoce (Figuras 17). Sob condições favoráveis ao fungo, poucos dias depois pode atingir as folhas da parte superior das plantas.

Para visualizar o dano da ferrugem é necessário o uso de lupa (Figura 1) e experiência prática para diferenciar do sintoma causado por outros patógenos.

### Desenvolvimento

A disseminação do fungo ocorre pelo vento. Os primeiros sintomas aparecem a partir de 3 dias depois da infecção e a produção de esporos a partir de 4 dias. Cada pústula produz esporos durante 3 semanas.

Diferente de outras doenças, a ferrugem-asiática não necessita de estômatos ou ferimentos, ela penetra diretamente através da cutícula e epiderme, tornando a infecção mais rápida e fácil. O controle natural do fungo ocorre com o estímulo para a germinação dos esporos em noites com umidade elevada, seguido de dias quentes e secos que causam a morte por desidratação, antes de completar a penetração na folha.

Períodos prolongados de molhamento (12 a 14 h) por chuvas ou orvalho (Figura 18) durante 12 a 14 horas e temperaturas amenas (18 a 26 °C) são favoráveis para a germinação dos esporos e a infecção nas folhas.

Além de umidade e temperatura, períodos maiores de escuro são necessários para o desenvolvimento do fungo. Regiões com maiores latitudes e maior período diário de luz no verão tendem a ter menores problemas com a ferrugem-asiática, como o sul do Brasil.

Algumas evidências indicam uma relação entre danos severos da ferrugem-asiática com a ocorrência de chuvas contínuas, com mais de 200 mm mensais.

### Plantas hospedeiras

O fungo da ferrugem-asiática sobrevive, nos meses de inverno, em hospedeiros alternativos. Mais de 95 espécies de plantas, de 42 gêneros, são hospedeiras do fungo. Das plantas de ocorrência comum nas lavouras foram citadas como hospedeiros o leiteiro (*Euphorbia*), a corda-de-violão, o feijão-miúdo, o feijão, o kudzu, a alfafa, a ervilhaca, o tremoço e o trevo-branco.

Essas plantas ocorrem no ambiente da soja e permitem desenvolver populações locais de inóculo da ferrugem-asiática.

### Doenças de fim de ciclo

As doenças de fim de ciclo, em geral, são necrotróficas e de elevado índice de dano, se mantêm na palha do ano anterior ou podem ser transmitidas pela semente.

O desenvolvimento de vários fungos que causam DFC e a junção das áreas danificadas dificultam a caracterização dos sintomas.

A mancha-parda ou septoriose (*Septoria glycines*) desenvolve sintomas característicos na folha unifoliolada (Figuras 5, 19 e 20), provavelmente transmitida pela semente, e se mantém latente na planta até a fase reprodutiva da soja, destacando-se como importante DFC (Figura 21).

A cretamento-foliar ou cercosporiose (*Cercospora kikuchii*) causa sintomas que se confundem com os de outros agentes na fase reprodutiva da soja (Figura 21). É transmitido pelas sementes onde causa sintoma característico de mancha-púrpura (Figura 22).

A antracnose (*Colletotrichum dematium*) inicia a infecção nas nervuras da face inferior da folha (Figuras 23 e 24). Causa a queda rápida das folhas (Figura 25) e o dano passa despercebido do agricultor como DFC.

A mancha-alvo (*Corynespora cassiicola*) (Figura 26), a mancha olho-de-rã (*Cercospora sojae*) desenvolvem, esporadicamente e podem cau-

sar a queda prematura de folhas como DFC, em cultivares suscetíveis.

### **Folha-carijó e outros sintomas**

A folha-carijó (Figura 27) é resultado de distúrbios fisiológicos e circulação deficiente de seiva, causados por patógenos, insetos ou nematóides. Sintoma semelhante pode ser causado pela fitotoxicidade de alguns fungicidas triazóis (Figura 28), aplicados em dias de temperatura muito elevada.

Quando o sinal ou mancha aparece em apenas uma das faces da folha, em geral, é causado por inseto, ácaro ou dano físico. Os sintomas mais frequentes são o golpe-de-sol (Figura 29), ozônio (Figura 30) e danos de insetos (Figura 31) e ácaros.

### **Índice de área foliar**

O índice de área foliar (IAF) é determinado pelas características genéticas da cultivar, fertilidade do solo, população de plantas, época de semeadura e distribuição de chuvas. Portanto, o planejamento de manejo e da proteção das plantas deve ser desenvolvido com base na combinação das variáveis que determinam o IAF e o potencial de produção da lavoura.

Na fase vegetativa, depois da formação das primeiras folhas trifolioladas (25 dias) e até a fase de floração (70 dias), a soja tolera estresses e apresenta grande capacidade de recuperação.

O índice de área foliar é a relação entre a área de superfície de folhas e a área de solo. Ou seja, é necessário medir o IAF (Figura 32) para determinar o potencial de rendimento da lavoura. A soja necessita, na fase reprodutiva, aproximadamente 4 m<sup>2</sup> de área foliar para cada m<sup>2</sup> de área de solo, uma relação aproximada de 4:1. Plantas de soja com IAF 7:1 toleram mais de 40 % de desfolhamento, enquanto plantas com IAF 3:1 não toleram perda de folhas.

### **Danos causados por doenças**

O oídio causa pouco dano e a recomendação para controle é de 20 % de severidade.

A ferrugem-asiática é um fungo biotrófico, muito agressivo e desenvolve a partir da fase vegetativa da soja, mas com maior intensidade na fase reprodutiva (R2 a R5) com perdas que podem chegar a 80 % da produção.

Sob condições de ambiente favoráveis, em três semanas a ferrugem-asiática pode evoluir de 5 % a 90 % de severidade. Em uma semana, quando o agricultor percebe, a lavoura está desfolhada (Figuras 33 e 34). Em situações extremas foram constatadas perdas aproximadas de 100 kg

de grãos/ha para cada dia de atraso na aplicação de fungicida.

As DFC causam perdas estimadas em até 20 % da produção. Em termos gerais, a partir da fase de floração plena as DFC causam perdas de 6 kg/ha/dia nas cultivares resistentes e 12 kg/ha/dia nas cultivares suscetíveis.

### **Controle de doenças**

Para o controle de fungos biotróficos indica-se a escolha de cultivares resistentes e a aplicação de fungicidas na parte aérea das plantas, no início do desenvolvimento da doença, com exceção do oídio.

Para os fungos necrotróficos além da resistência genética, indicam-se a rotação com culturas não-hospedeiras, sementes sadias e o uso de fungicidas no tratamento de sementes e na pulverização preventiva da parte aérea das plantas.

A eficácia de fungicidas está diretamente relacionada com a escolha do produto e a compreensão do mecanismo de ação mais eficiente para a doença prevalente.

Para maior eficácia no controle sugere-se aplicar fungicidas, preventivamente, antes da germinação dos esporos, ou curativamente, depois da germinação dos esporos, mas antes do aparecimento de sintomas.

Para as doenças de elevado coeficiente de dano (ferrugem-asiática e DFC) é necessário aplicar os produtos preventivamente, antes da germinação dos esporos, em geral na fase de floração plena da soja (R2).

### **Fungicidas preventivos e curativos**

Por definição, a ação preventiva é a aplicação do fungicida antes do patógeno penetrar na planta. Característico de fungicidas que agem na germinação do esporo de fungos.

A ação curativa é a proteção depois da germinação do esporo do fungo, mas antes de desenvolver sintomas nas plantas.

A ação erradicante de fungicidas é o controle depois do sintoma desenvolvido na planta. Essa ação erradicante, em geral, é confundida com a ação curativa (depois da germinação do esporo, mas antes do sintoma na planta).

Fungicidas podem ter a capacidade de matar ou paralisar o desenvolvimento de fungos e não o de regenerar partes de plantas atacadas por doenças.

Os fungicidas protegem as plantas por ação preventiva e curativa, mas dificilmente por ação erradicante.

É importante destacar que não há possibilidade de curar (no sentido de recuperar) partes danificadas de plantas por patógenos.

Portanto o controle efetivo de doenças com fungicidas deve ser feito antes da germinação do esporo (preventivo) ou antes do estabelecimento de sintomas (curativo).

### **Ação sistêmica de fungicidas**

A ação sistêmica de fungicidas é acropetálica, ou seja, da base para as extremidades (de baixo para cima, da parte mediana para as extremidades distais das folhas).

Produtos denominados sistêmicos aplicados nas folhas superiores não circulam na planta inteira nem protegem as folhas inferiores.

Os fungicidas sistêmicos penetram e podem atravessar a lâmina da folha e deslocar alguns centímetros em direção ao ápice da planta.

O problema para a aplicação de fungicidas e a proteção de plantas contra doenças está na dificuldade de pulverizadores de atingirem a camada de folhas da parte mediana e inferior das plantas.

### **Agradecimentos**

Aos colegas da Cooplantio e aos especialistas em fitopatologia Ricardo Balardin, Marcelo Carmona, Leila Costamilan, José Maurício Fernandes, Carlos Alberto Forcelini, Edson Picinini, Ariano M. Prestes, Erlei M. Reis, Olavo C. Silva e J. Tadashi Yorinori.

A disseminação do fungo ocorre pelo vento. A penetração e a infecção ocorrem com temperaturas amenas (18 C a 26 C) e água livre na folha durante 12 a 14 horas. Os primeiros sintomas aparecem 4 a 5 dias depois da infecção e a produção de esporos aos 6 a 7 dias. Cada pústulo produz esporos durante 3 semanas.