

Capítulo 9

Podridão das maçãs do algodoeiro

Magna Maria Macedo Nunes Costa

Resumo: A podridão das maçãs do algodoeiro é uma patogenia que atinge produtores de algodão do mundo inteiro. Condições climáticas favoráveis como precipitações pluviométricas, umidade relativa do ar e temperatura altas contribuem de sobremaneira para o apodrecimento das maçãs. Trata-se de uma série de doenças causadas por bactérias e fungos que culmina em danos ao fruto, à fibra e à semente. Os patógenos atacam as maçãs do algodoeiro diferentes formas: por lesões provocadas por insetos ou danos mecânicos; através dos estômatos, dos nectários e das suturas de abertura entre os carpelos ou atravessando a parede celular dos frutos. As principais espécies responsáveis por esse dano na cultura do algodão são: *Fusarium* spp., *Diplodia* spp., *Glomerella gossypii*, *Xanthomonas* spp., *Rhizoctonia* spp. e *Alternaria* spp. A doença pode ser agravada por espaçamentos densos de plantio, que restringe o fluxo de ar e a possibilidade de secagem das maçãs. As medidas de controle são: seleção de locais para a instalação da cultura com climas que não propiciem o desenvolvimento da doença; drenagem do solo; seleção de variedades adaptadas à região, com folha tipo Okra, bráctea tipo Frego e ausência de néctar; adubação balanceada e sem excesso de nitrogênio e manejo adequado de pragas.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum* L., Fungo, Bactéria, Aflatoxina.



Foto: Alexandre Cunha de Barcellos Ferreira.

1. INTRODUÇÃO

A podridão das maçãs do algodoeiro é uma patogenia que atinge produtores de algodão do mundo inteiro. Condições climáticas favoráveis como precipitações pluviométricas, umidade relativa do ar e temperatura altas contribuem de sobremaneira para o apodrecimento das maçãs. Quando a maçã – fruto – do algodoeiro é infectada, já é tarde demais para reverter a doença. Como a podridão das maçãs do algodoeiro persiste até mesmo diante de práticas de manejo precoces, este Comunicado Técnico tem como objetivo discutir a problemática bem como enfatizar métodos para diminuir os prejuízos causados aos cotonicultores (Hu, 2018).

2. PRÉ-REQUISITO PARA O DESENVOLVIMENTO DA DOENÇA

A podridão das maçãs do algodoeiro (Figuras 1 e 2) é um termo genérico para se referir a uma série de doenças causadas por bactérias e fungos que culmina em danos ao fruto, à fibra e à semente. Esses patógenos têm ciclos de vida e mecanismos de destruição característicos. Entretanto, três condições básicas devem ser atendidas para que a doença ocorra (Roughley et al., 2015).

Figura 1 – Desenvolvimento da podridão da maçã do algodoeiro



Foto: Nelson Dias Suassuna.

Figura 2 – Podridão da maçã do algodoeiro



Foto: Alexandre Cunha de Barcellos Ferreira.

Em primeiro lugar, o microrganismo responsável pela doença deve estar presente. Nesse contexto, as espécies causadoras da podridão das maçãs do algodoeiro são comuns tanto na natureza como nos campos de algodão. Elas podem ser transmitidas através de solos contaminados ou de restos culturais. A maioria dos fungos produz esporos ou células contaminadas que infectam as maçãs através do ar. Essas unidades infecciosas são chamadas de inóculos (Guthrie et al., 1994).

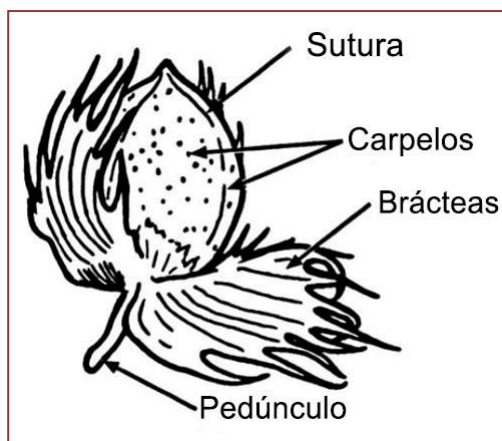
A segunda condição necessária para a doença ocorrer é a presença de um hospedeiro suscetível. Geralmente as doenças, tanto de plantas como de animais, têm hospedeiros específicos que podem ser numerosos ou limitados a uma ou duas espécies. O organismo causador da doença deve ser capaz de crescer e se desenvolver em um potencial hospedeiro, o qual deve ter nutrientes – carboidratos, aminoácidos e outros – em quantidade e balanceamento necessários à bactéria ou ao fungo. Ao mesmo tempo, as defesas da planta ou do animal devem ser desencadeadas para frear a ocorrência da doença (Nagrle et al., 2023).

A suscetibilidade de um hospedeiro não é a mesma dentro de uma mesma espécie. No caso de muitas plantas cultivadas, certas cultivares são mais resistentes ou tolerantes a certo organismo patogênico. Essas cultivares podem ocorrer naturalmente ou serem advindas do melhoramento genético. A idade e o estágio de desenvolvimento da cultura também determinam a suscetibilidade ao patógeno. A composição bioquímica do tecido vegetal muda com a idade, com uma correspondente mudança na susceptibilidade aos patógenos. No caso da podridão das maçãs do algodoeiro, ainda não se têm cultivares resistentes. No entanto, existem algumas características das plantas que podem fornecer escape quando a anomalia está presente em uma determinada região (Schuster et al., 2016).

Finalmente, as condições ambientais devem estar dentro de uma certa faixa ótima para que o patógeno germine, cresça e se desenvolva dentro do hospedeiro. As faixas de temperatura e umidade relativa ideais para a podridão das maçãs do algodoeiro variam de 16°C a 32°C e de 95% a 100% respectivamente. Fora dessas faixas, quase não se detecta a anomalia. Por exemplo, se a umidade relativa cai para 80%, a maior parte dos fungos cessa o crescimento. O requerimento ambiental de calor e umidade explica o motivo pelo qual áreas chuvosas plantadas com algodoeiro têm mais probabilidade de perdas no rendimento de algodão devido à podridão das maçãs do que áreas mais secas. Danos aos frutos, causados por pragas, criam um ambiente ideal para o desenvolvimento de doenças. Em regiões semiáridas, a podridão das maçãs está geralmente associada às pragas que ocorrem nos estágios iniciais da abertura das maçãs, quando o teor de umidade das fibras ainda é muito alto (Guthrie et al., 1994).

3. AÇÃO DOS PATÓGENOS

Os patógenos que atacam as maçãs do algodoeiro podem penetrar nelas de três diferentes formas. Normalmente, lesões provocadas por insetos ou mecânicas são a porta de entrada para fungos e bactérias. Os patógenos também podem entrar através dos estômatos, dos nectários e das suturas de abertura entre os carpelos (Figura 3). Vários fungos também são capazes de entrar diretamente, atravessando a parede celular dos frutos (Zeng et al., 2017).

Figura 3 – Representação esquemática da maçã do algodoeiro

Adaptado de Guthrie et al. (1994).

Depois de penetrar no tecido da planta, o patógeno deve ser capaz de utilizar os nutrientes disponíveis e colonizar os tecidos adjacentes para continuar se nutrindo. Nessa etapa, o invasor pode não ter sucesso se estiverem presentes no ambiente do hospedeiro compostos inibidores. Por exemplo, a presença de compostos fenólicos presentes no pigmento antocianina – responsável pela cor vermelha das folhas – inibem o crescimento de fungos. Alternativamente, o tecido do hospedeiro pode ter uma reação hipersensível, matando os tecidos que o circundam, privando o patógeno dos nutrientes necessários. O hospedeiro também pode ter barreiras físicas que impedem mais colonização e destruição. Os lóculos separados dentro das maçãs podem ajudar a realizar esse isolamento (Sandipan et al., 2024).

Se as defesas do hospedeiro não forem capazes de impedir o estabelecimento do patógeno, ocorrerá mais colonização e destruição do tecido. O patógeno pode matar o tecido em seu avanço, secretando substâncias que destroem a integridade celular. Dessa forma, o patógeno passa a viver das células mortas. Já outros patógenos se alimentam diretamente das células vivas que podem ou não morrer como resultado do ataque (Ahmed et al., 2013).

4. PATÓGENOS QUE PROVOCAM A PODRIDÃO DAS MAÇÃS DO ALGODOEIRO

Pelo menos 170 tipos de microrganismos são responsáveis pela podridão das maçãs do algodoeiro. As principais espécies responsáveis por esse dano na cultura do algodão são:

Fusarium spp.

Várias espécies de *Fusarium* podem invadir as maçãs do algodoeiro. Elas geralmente entram na base do fruto iniciando a infecção pelas brácteas das maçãs que estão acima de 35 dias de idade. A infecção então se espalha e continua através do pedúnculo, entrando na maçã, e progredindo até o topo. O sintoma característico na superfície externa geralmente é uma coloração que vai de rosa-salmão a branca. A cor rosa na superfície indica a presença de esporos conidiais. Por dentro da maçã, o sintoma característico é uma coloração que vai do azul-escuro ao marrom (Roughley et al., 2015).

Diplodia spp.

Este fungo geralmente ataca as brácteas. Entretanto, tendo umidade suficiente, pode atacar as maçãs através da conexão basal com o pedúnculo, diretamente através da parede do carpelo ou através das rachaduras que se desenvolvem nas suturas entre os carpelos. O *Diplodia* spp. pode colonizar rapidamente a maçã inteira, produzindo uma camada de filamentos pretos e esporos que, por sua vez, fazem com que a maçã fique completamente preta, onde seca e se abre (Guthrie et al., 1994).

Glomerella gossypii

O sintoma inicial do ataque deste fungo são pequenas manchas marrom-avermelhadas e uma depressão central na superfície da maçã. Com o tempo, essas manchas aumentam de tamanho e ficam pretas, formando esporos com uma coloração que vai do cinza sujo ao rosa brilhante. Mais da metade do fruto pode ficar deteriorado. Conforme as maçãs se abrem, as suturas se abrem parcialmente até a base, expondo as fibras enegrecidas nos lóculos afetados (Roca M et al., 2003).

Xanthomonas spp.

O mesmo organismo responsável pela queima bacteriana e pela mancha angular da folha pode causar a podridão das maçãs do algodoeiro. Os sintomas da infecção incluem uma região verde escura, circular, encharcada ou de aparência oleosa, na superfície do fruto. Essa bactéria só consegue entrar por meio de aberturas naturais, como estômatos e nectários, ou orifícios que os insetos fazem para se alimentarem. As bactérias colonizam rapidamente todas as fibras das maçãs. Uma vez instalada a infecção, as fibras grudam-se umas às outras dentro do fruto, ficando com uma coloração amarelada. As sementes contaminadas carregarão a doença para a próxima geração (Ahumada, 2017).

Rhizoctonia spp.

Esse fungo polífago, transmitido pelas sementes, além de causar danos radiculares nas mudas de algodoeiro, que resultam em epinastia, pode causar a podridão das maçãs que estiverem próximas à superfície do solo. Se a umidade estiver suficientemente alta, os filamentos do fungo se estendem pelos caules e infestam os frutos. A podridão das maçãs por *Rhizoctonia* produz uma camada branca opaca de micélios na superfície da maçã que se assemelha à podridão por *Fusarium*, mas o fungo geralmente não produz esporos (Palma-Zambrano et al., 2022).

Alternaria spp.

Este fungo causa manchas foliares no algodoeiro, bem como em gramíneas e plantas daninhas. É abundante em borboletas em decomposição dentro e ao redor dos campos de algodão. Os esporos liberados podem penetrar nas maçãs através das suturas que se formam durante a abertura. Em regiões com alta umidade relativa, as maçãs localizadas na parte inferior da planta são as mais suscetíveis ao fungo. Se a umidade permanecer alta, a cápsula inteira pode ficar infectada e destruída. Por outro lado, se a umidade relativa baixar e o clima ficar seco, a maçã infectada pode não se abrir adequadamente.

Também, as maçãs ficam com uma coloração de opaca a marrom-escura quando secas (Cia et al., 2016).

5. CONDIÇÕES FAVORÁVEIS À PODRIDÃO DAS MAÇÃS DO ALGODOEIRO

O principal fator que controla a permanência e a severidade da podridão das maçãs do algodoeiro é a umidade. Os microrganismos responsáveis por essa anomalia podem ser encontrados em praticamente todos os campos de algodão. Nesse contexto, umidade do solo e umidade do ar altas e persistentes predis põem a cultura aos organismos responsáveis pela podridão das maçãs do algodoeiro. Também, a faixa de temperatura ideal para a abertura e a maturação das maçãs é a mesma favorável ao crescimento e à propagação dos fungos e das bactérias que provocam a podridão. Esses fatores podem ser agravados por um espaçamento mais denso de plantio, o qual restringe o fluxo de ar e a possibilidade de secagem das maçãs quando as condições ambientais ficarem mais favoráveis à cultura (Schuster et al., 2016).

6. MEDIDAS DE CONTROLE

O controle da podridão das maçãs do algodoeiro começa com a seleção do local para a instalação da cultura. Solos pobremente drenados retêm mais água e têm maiores umidades relativas do ar. A seleção de uma variedade adaptada à região ajuda a planta a desenvolver o seu potencial de crescimento e produção mesmo com a presença de patógenos responsáveis pela doença. Característica varietal como folha tipo Okra ajuda a melhorar a penetração de luz solar. Também, bráctea tipo Frego, envolvendo menos o fruto, e ausência de néctar reduzem a presença de insetos na estrutura reprodutiva (Mahmood et al., 2015).

Configurações de plantio com maior espaçamento entre as fileiras e menor densidade de plantas dentro da fileira ajudam a melhorar o movimento do ar e a secagem, o que reduz a umidade relativa do ar dentro do dossel. A adubação balanceada e sem excesso de nitrogênio promove um bom desenvolvimento da planta e evita excesso no crescimento vegetativo. O bom manejo de pragas e o controle rápido em caso de surtos diminuem os ferimentos nos frutos e a subsequente podridão das maçãs (Gregson et al., 2022).

7. PODRIDÃO DAS MAÇÃS DO ALGODOEIRO NO SEMIÁRIDO

No Semiárido, as maçãs do algodoeiro são menos propensas a serem atacadas pelos agentes que promovem a podridão. Condições climáticas quentes e secas não criam condições climáticas favoráveis à instalação da doença. Entretanto, quando o fruto se torna um local para alimentação de insetos, as condições começam a ficar favoráveis, uma vez que o interior da maçã tem uma umidade relativa próxima a 100%. *Nigrospora oryzae* é um fungo que ajuda a suprir as necessidades nutricionais dos ácaros. Quando esses organismos transportam esporos fungicos para a pluma úmida e imatura nos estágios iniciais da abertura das maçãs, os lóculos afetados começam a se retrair e adquirem tonalidade cinza (Araújo, 2008).

8. AFLATOXINA

Aspergillus flavus é um fungo capaz de atacar várias espécies de plantas cultivadas, incluindo milho, amendoim e algodão. No algodoeiro, esse fungo pode apodrecer a parede do carpelo, mas o seu efeito é mais notável na fibra e na semente. Os danos provocados por *A. flavus* enfraquecem e mancham a fibra. Quando o fungo penetra na semente, a qualidade e a viabilidade são perdidas. A aflatoxina, um subproduto metabólico de *A. flavus*, é uma substância extremamente tóxica ao homem e um carcinógeno reconhecido (Abd-Elsalam, et al., 2023).

O *A. flavus* não é capaz de penetrar nas paredes do carpelo de frutos sadios e fechados. A infecção pode ocorrer à medida em que os carpelos começam a se separar durante os estágios iniciais de abertura das maçãs. Se o processo de secagem for atrasado por excesso de cobertura foliar ou chuvas torrenciais, a infecção é mais provável de ocorrer. Entretanto, a lagarta-rosada é mais perigosa do que a umidade relativa do ar em si. Os frutos localizados na metade inferior da planta do algodoeiro representam mais de 90% dos que são atacados por lagarta-rosada e contaminados por aflatoxina. Esse fato reforça a necessidade de manter um manejo eficaz da lagarta rosada para reduzir os níveis desta toxina (Guthrie et al., 1994).

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As condições ambientais que favorecem a podridão das maçãs do algodoeiro são calor e umidade, que são as mesmas condições que favorecem o crescimento das plantas. Dessa forma, o cotonicultor de climas quentes e úmidos tem um dilema: como esperar os frutos de algodão amadurecerem durante um clima favorável tanto para a produção quanto para a podridão das maçãs? Talvez a resposta esteja na utilização de cultivares precoces de algodoeiro.

Em seus esforços para maximizar a produção, os produtores muitas vezes lançam mão de irrigação e adubação nitrogenada em abundância para evitar problemas de crescimento durante o ciclo da cultura. Entretanto, em se tratando de algodoeiro, depois da formação das maçãs, um estresse de água e nitrogênio é necessário. Ademais, nessa cultura, variedades de ciclo curto, com períodos reduzidos de frutificação, devem ser selecionadas para aumentar a maturação das maçãs e reduzir a exposição a pressões crescentes de praga.

Essas práticas devem ser coordenadas como parte de uma estratégia de manejo integrado para obter o máximo de benefício e o mínimo de perdas devido à podridão das maçãs do algodoeiro. O manejo de pragas deve enfatizar a detecção precoce e respostas rápidas aos picos de pressão. A regulação do crescimento é crucial para produzir plantas robustas e com boa frutificação, o que pode ser alcançado com espaçamento adequado, mas sem excesso de folhagem.

A estratégia de manejo também deve levar em conta as janelas de abertura favoráveis das maçãs, as quais podem requerer atrasos propositais no plantio. Durante períodos prolongados de chuvas, a podridão das maçãs do algodoeiro pode causar estragos nas plantas menores. Dessa forma, o plantio pode ser adiado para evitar a abertura das maçãs ainda no período chuvoso para não deixar que os benefícios da precocidade sejam comprometidos pela ocorrência da doença.

REFERÊNCIAS

- [1] AHMED, F.; SALEEM, M. U.; HUSSAIN, S. I. Boll rot of cotton. **Plantwise**, 2013. Disponível em: <https://plantwiseplusknowledgebank.org/doi/epdf/10.1079/pwkb.20157800157>. Acesso em 12 de setembro de 2024.
- [2] AHUMADA, D. Bacterial blight of cotton. **NC State Extension Publications**, 2017. Disponível em: <https://content.ces.ncsu.edu/bacterial-blight-angular-leaf-spot-of-cotton>. Acesso em 12 de setembro de 2024.
- [3] ARAÚJO, A. E. de. **Podridão de Maças do Algodoeiro: Principais Causas e Manejo**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. 22 p. (Embrapa Algodão. Documentos, 212).
- [4] CIA, E.; FUZATTO, M. G.; KONDO, J. I.; CARVALHO, L. H.; ITO, M. F.; DIAS, F. L. F.; GALLO, P. B. Resposta de genótipos de algodoeiro à incidência de mancha de *Alternaria*. **Summa Phytopathologica**, v. 42, n. 4, p. 357-359, 2016.
- [5] EBD-ELSALAM, K. A.; HABEEB, M. M.; ASRAN, A. A. Effects of cultivar, storage period, and seed-borne fungi on aflatoxin content of cotton seeds. **Summa Phytopathologica**, v. 49, e257388, 2023.
- [6] GREGSON, A.; NGUYEN, C. P. T.; LE, D. P. First report of *Colletotrichum truncatum* associated with cottonboll rot in New South Wales, Australia. **New Diseases Reports**, v. 46, e12122, 2022.
- [7] GUTHRIE, D.; WHITAM, K.; BATSON, B.; CRAWFORD, J.; JIVIDEN, J. Boll rot. **Cotton Physiology Today**, v. 5, n. 8, p. 1-4, 1994.
- [8] HU, J. Cotton stem blight and boll rot. **Cooperative Extension**, 2018. Disponível em: https://acis.cals.arizona.edu/docs/default-source/agricultural-ipm-documents/publications/2018/az1770-2018.pdf?sfvrsn=17bd2b3_4. Acesso em 12 de setembro de 2024.
- [9] MAHMOOD, S. M.; SULTANA, N.; RAHMAN, M.; ADAN, J.; CHOWDHURY, S. N. Control of cotton boll rot through selected chemicals. **Journal of Bioscience and Agriculture Research**, v. 5, n. 2, p. 37-49, 2015.
- [10] NAGRALE, D. T.; GAWANDE, S. P.; HIREMANI, N. S.; THUBE, S. H.; BEHERE, G. T.; PRASADE, Y. G. Boll rot disease complex and its integrated management. **ICAR – Central Institute for Cotton Research**, 2023. Disponível em: <https://ecotton.dac.gov.in/portal-doc/Cotton-Boll-rot-advisory.pdf>. Acesso em 12 de setembro de 2024.
- [11] PALMA-ZAMBRANO, O. J.; ZAMBRANO-GAVILANES, F.; PORTALANZA, D.; GARCÉS-FIALLOS, F. R. Ramularia leaf spot and boll rot are affected differently by organic and inorganic nitrogen fertilization in cotton plants. **Bioscience Journal**, v. 38, e38077, 2022.
- [12] ROCA M., MACHADO, J. da C.; VIEIRA, M. das G. G. C.; DAVIDE, L. C.; ROCHA, M. L. de M. Compatibilidade sexual e vegetativa do complexo *Glomerella-Colletotrichum* associado a sementes de algodão. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 1, p. 16-21, 2004.
- [13] ROUGHLEY, N.; SMITH, L.; ALLEN, S. Integrated disease management for: boll rot, seed rot and tight lock. **CottonInfo**, 2015. Disponível em: <https://www.cottoninfo.com.au/sites/default/files/documents/BollRot%20SeedRot.pdf>. Acesso em 12 de setembro de 2024.
- [14] SANDIPAN, P. B.; PATEL, P. S.; PATEL, R. K.; PATEL, M. C. Effect of different fungicides against the boll rot and foliar disease of cotton under South Gujarat of India. **Biological Forum – An International Journal**, v. 16, n. 5, p. 85-91, 2024.
- [15] SCHUSTER, G.; MEDRANO, E. G.; FIELD-HUEY, K. Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) boll rot and associated microorganisms in South Texas fields. **Agricultural Sciences**, v. 7, n. 10, p. 732-746, 2016.
- [16] ZHENG, L. S.; YUN, L. X.; JIE, H. J.; MING, Z.; ZHEN, N. G.; GANG, G. Q.; YUN, Z. X.; PING, M. Cotton boll rot occurrence, analysis of varietal resistance and pathogenicity differentiation of the major pathogen. **Acta Phytopathologica Sinica**, v. 47, n. 6, p. 824-831, 2017.