



### Trabalho 3 – Doenças radiculares parte 1

#### Alunos:

Claudio Dias da Silva Junior – 9326646

Gabriel Ramos Ferreira – 9851479

Pedro José Catto – 9326591

#### 1. O que são patógenos radiculares?

Patógenos radiculares podem ser definidos segundo Hillocks & Waller (1997) como organismos que possuem as seguintes características:

- a. Passam a maior parte de seu ciclo de vida no solo;
- b. Infectam órgãos subterrâneos ou caules das plantas;
- c. Tem capacidade de viver no solo por longos períodos na ausência de seus hospedeiros;
- d. Possuem capacidade de competição saprofítica;
- e. Seus estádios de disseminação e sobrevivência são confinados ao solo (embora alguns produzam esporos que possam ser disseminados pelo ar e pela água).

Dentre os patógenos radiculares, podem encontrar fungos (como o grupo de maior importância), oomicetos, bactérias, nematóides e vírus (veiculados por nematóides ou outros organismos), sendo os de maior importância os quatro primeiros. Estes diferentes organismos, por se tratarem de patógenos radiculares, possuem em comum todas as características listadas acima. Por consequência de passarem parte de seu ciclo de vida no solo, estes são fortemente influenciados pelas características bióticas e abióticas do mesmo, assim como pelo manejo realizado neste, que pode favorecer ou desfavorecer a ocorrência de doenças causadas por estes patógenos (LOPES & MICHEREFF, 2018).

#### 2. Quais são os gêneros e as espécies mais comuns de patógenos radiculares?

Considerando as informações encontradas em LOPES & MICHEREFF (2018) e MICHEREFF et al (2005), os gêneros e espécies mais comuns de patógenos radiculares podem ser observados nas tabelas abaixo.

**Tabela 1** – Gêneros mais comuns de patógenos radiculares

Tipo	Gênero
Fungo (incluindo oomicetos)	<i>Fusarium</i>

	<i>Verticillium</i> <i>Sclerotinia</i> <i>Sclerotium</i> <i>Phytophthora</i> <i>Pythium</i> <i>Aspergillus</i> <i>Rhizopus</i> <i>Lasiodiplodia</i> <i>Rhizoctonia</i> <i>Macrophomina</i> <i>Cylindrocladium</i> <i>Thielaviopsis</i>
<b>Bactérias</b>	<i>Pectobacterium</i> <i>Ralstonia</i> <i>Agrobacterium</i>
<b>Nematóides</b>	<i>Meloidogyne</i> <i>Pratylenchus</i> <i>Ditylenchus</i>


**Tabela 2** – Espécies mais comuns de patógenos radiculares


<b>Espécies</b>
<i>Rhizoctonia solani</i>
<i>Phytophthora cinnamomi</i>
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>
<i>Sclerotium rolfsii</i>
<i>Thielaviopsis basicola</i>
<i>Fusarium oxysporum</i>
<i>Verticillium dahliae</i>
<i>Pythium</i> spp.
<i>Aspergillus niger</i>
<i>Verticillium albo-atrum</i>
<i>Macrophomina phaseolina</i>
<i>Lasiodiplodia theobromae</i>
<i>Rhizopus stolonifer</i>
<i>Fusarium solani</i>
<i>Cylindrocladium clavatum</i>
<i>Pectobacterium carotovorum</i>
<i>Ditylenchus dipsaci</i>
<i>Meloidogyne</i> spp.
<i>Ralstonia solanacearum</i>
<i>Pratylenchus</i> spp.
<i>Pratylenchus brachyuros</i>



**3. Quais os principais tipos de doenças provocadas por estes patógenos?**

Para MICHEREFF et al (2005), os principais tipos de doenças provocadas por estes patógenos seriam podridões de sementes, tombamento de plântulas, podridões de raízes, murchas vasculares, podridões moles e nematoses radiculares. Observando estes tipos de doenças causadas pelos patógenos radiculares, do ponto de vista da classificação de McNew, podemos considerar os seguintes grupos:

- GII – Danos em plântulas (“damping-off”); 
- GIII – Podridões de raízes e colo;
- GIV – Murchas vasculares;
- GVI – Nematoses (não exclusivamente).

**4. Para cada um desses tipos de doenças da questão 3, cite os principais patógenos, as condições ambientais que favorecem o patógeno ou a doença e as principais medidas para o manejo dessas doenças.** 

Utilizando as informações contidas em MICHEREFF et al (2005), de onde tiramos os principais tipos de doenças, e informações complementares de AMORIM et al (2016) e KATAN (2017) para discussão do manejo, temos as informações de principais patógenos, condições ambientais que os favorecem e as principais medidas de manejo:

**a. Podridões de sementes e doenças de plântulas**

As podridões de sementes são causadas por fungos e bactérias, enquanto as doenças em plântulas são causadas principalmente por fungos. Dentre os patógenos de maior importância para este tipo de doença temos os fungos *R. solani* e *Pythium* spp., que são capazes de causar tanto podridões de sementes quanto tombamento de plântulas.

Para o fungo *Pythium* spp. sob condições de solo saturado, este fungo produzirá zoósporos, esporos móveis dos oomicetos, que se movem ativamente na direção de sementes germinando. Já em condições secas, este fungo sobrevive no solo na forma de oósporo, esporo de origem sexuada que é capaz de resistir a condições adversas. O oósporo é capaz de germinar diretamente, causando infecção sob condição seca em uma planta ou produzir um zoosporângio, que dará origem a muitos zoósporos, que causaram infecção em diversas plantas, desde que existem condições favoráveis (umidade) para isso.

Para o fungo *R. solani* a infecção ocorre principalmente por micélio, as condições favoráveis para este patógeno são de temperaturas amenas e abundante umidade, porém, por não ser dependente da saturação no solo, este fungo atua em condições ambientais mais amplas que *Pythium* spp.

Além destes dois fungos citados acima, podemos incluir também patógenos dos gêneros *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Rhizopus*, *Aspergillus* e *Penicillium* como causadores de podridões de sementes. As condições que favorecem seu ataque são de tempo úmido durante a maturação dos grãos, colheita ou armazenamento, podendo levar a podridão de sementes nestes momentos ou aumentar a chance de ocorrência após o plantio.

Para o caso de bactérias, doenças em plântulas ocorrem se as sementes estiverem infectadas por esses microorganismos. Uma bactéria de importância transmitida pela semente é a *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, causadora da podridão negra das crucíferas. Outra forma de ataque por parte de bactérias é no caso de restos de cultura infectados, nesse caso, a plântula entra em contato com a bactéria durante seu crescimento, quando entra em contato com os restos culturais, sendo infectada e apresentando lesões ou morte das mesmas. Segundo WHEELER & RUSH (2001), grande parte das bactérias causadoras de podridões de sementes são invasoras temporárias do solo, não sendo capazes de permanecer neste.

Como métodos de manejo destas doenças recomendam-se inicialmente evitar a entrada do patógeno na área, através da utilização de sementes ou material propagativo sadio, assim como máquinas e implementos limpos. Além disso, o tratamento de sementes se mostra como uma medida viável, uma vez que protegerá a semente em seus momentos iniciais no campo. A incorporação de restos de cultura da área também é importante, uma vez que estes patógenos podem utilizar destes para sua sobrevivência na entre safra. A rotação de culturas com espécies não hospedeiras também pode ser utilizada, evitando a produção de novo inóculo por parte dos patógenos, porém, deve-se ter em mente que esta medida pode ser de difícil utilização em função do patógeno presente na área, devido à especificidade do mesmo. Pode-se também lançar mão de métodos físicos, visando eliminar patógenos nos primeiros centímetros de solo (profundidade de plantio), como a solarização.

#### **b. Podridões de raízes**

As podridões radiculares são causadas principalmente por fungos. Os patógenos de maior importância são fungos com a capacidade de sobreviver no solo com estruturas de resistência como esclerócio, esporos sexuados ou na forma de micélio em restos culturais. Estes fungos, na presença de espécies hospedeiras, crescem em direção as raízes, seguindo o gradiente de exsudatos liberados pelas mesmas. Ao atingirem o

hospedeiro, estes patógenos liberam grande variedade de enzimas, que auxiliam no processo de infecção, desintegrando e matando as células radiculares.

Como patógenos representantes deste tipo de doença radicular, temos representantes com modo de infecção inespecífico (grande número de hospedeiros) como *R. solani*, *Pythium ultimum*, *Armillaria mellea* e *Phymatotrichum omnivorum*, representantes cujas algumas espécies podem ser específicas, enquanto outras possuem ampla gama de hospedeiros, como os gêneros *Fusarium* spp. e *Phytophthora* spp. e por fim, fungos que possuem uma gama restrita de hospedeiros, sendo mais específicos, como *Bipolaris sorokiniana* e *Aphanomyces euteiches*. As condições que favorecem a ocorrência deste tipo de doença são aquelas na qual a planta sofre estresse, como excesso de calor, falta de água ou inundação. As plantas podem ser atacadas em qualquer estágio de desenvolvimento, sendo o ataque mais severo nos estádios iniciais, em alguns casos, após a infecção, o patógeno fica dormente, não causando grandes danos até que ocorram condições de estresse para as plantas.

O manejo destas doenças pode ser realizado com um conjunto de métodos, sendo o mais importante deles a resistência genética, utilizando-se de materiais resistentes na área afetada, além da utilização de rotação de cultura com espécies não hospedeiras do patógeno presente na área, tendo em mente que em função do patógeno, a especificidade quanto a hospedeiros muda. Outra possibilidade é a utilização de solarização para reduzir o inóculo do patógeno, assim como a utilização de tratamento de sementes, de modo que a plântula esteja protegida inicialmente, atuando no momento mais sensível para a ocorrência de infecção. A incorporação de restos culturais também se caracteriza como uma medida importante, uma vez que alguns patógenos podem sobreviver nestes. Existe ainda a possibilidade de controle biológico com outros fungos, como por exemplo, *Trichoderma* spp., gênero que possui indivíduos que parasitam outros fungos de solo, e até mesmo estruturas de resistência como esclerócios (POMELLA & RIBEIRO, 2009; LOHMANN et al, 2007).

### **c. Murchas vasculares**

Neste tipo de doença, o sistema vascular das plantas afetadas é obstruído em função do crescimento do patógeno. Os principais patógenos que causam este tipo de doenças são fungos como *Fusarium oxysporum*, *Verticillium dahliae* e *Verticillium albo-atrum*, bactérias como *R. solanacearum* e até mesmo nematóides como *Bursaphelenchus xylophilus*. Estes fungos possuem a capacidade de sobreviver no solo por muitos anos

na ausência de hospedeiro em função das estruturas de resistência que produzem, a exemplo disso temos os fungos *Verticillium* spp. e *Fusarium oxysporum*, que produzem respectivamente microesclerócios e clamidósporos, na presença do hospedeiro ocorre a germinação em forma de micélio, colonizando e infectando as raízes, e na ausência, eles resistem por anos em dormência.

Ainda tomando como exemplo estes mesmos dois patógenos, as condições ambientais que favorecem a ocorrência destas murchas são de frio e alta umidade para murcha de verticílio e quente e alta umidade para murcha de fusário, sendo que, além do ambiente favorável, estas murchas podem ser mais severas quando presentes nematóides, como por exemplo *Pratylenchus penetrans* para a primeira e *Meloidogyne* spp. para a segunda.

Além dos fungos, bactérias também são causadoras de murchas, sendo a mais importante delas *R. solanacearum*, causando este tipo de doença em muitas espécies de solanáceas e de outros gêneros. Esta bactéria é capaz de sobreviver no solo, assim como em restos culturais e sementes. Vale ressaltar, que esta bactéria é capaz de penetrar passivamente nos tecidos do hospedeiro, principalmente junto a água, sendo muito favorecida pela alta umidade do solo.

Como medida de controle destas doenças, considera-se inicialmente a importância de escolher um local livre do patógeno para iniciar o cultivo, além disso, deve-se evitar a sua entrada na área a todo custo, utilizando material propagativo sadio e máquinas e implementos limpos, considerando a dificuldade de convivência com as mesmas. Deve-se considerar o plantio de inverno em áreas onde o patógeno já esteja presente, considerando que a umidade será menor, facilitando o controle das doenças. Sabe-se também que a irrigação por gotejo pode ser um problema em função do bulbo de molhamento constantemente com elevada umidade, sendo uma alternativa a irrigação por aspersão, uma vez que esta causa um pico de umidade e depois retorna a condição seca. A rotação de culturas é uma opção para reduzir o inóculo destas doenças, principalmente de bactérias, utilizando-se gramíneas, que não são hospedeiras destas. No caso de fungos, faz-se necessário a utilização de controle biológico, uma vez que suas estruturas de resistência permitem sua sobrevivência mesmo na ausência de hospedeiros, podendo ser utilizados fungos como *Trichoderma* spp. (POMELLA & RIBEIRO, 2009; LOHMANN et al, 2007). A segunda alternativa de maior importância, além de evitar a entrada dos patógenos na área, é a utilização de cultivares resistentes quando existentes, de modo a conviver com o patógeno.

#### **d. Podridão mole**

No caso de podridões moles, a principal característica das bactérias e fungos que as causam, é a secreção de enzimas pectinolíticas, que degradam substâncias pécnicas nas células das plantas atacadas, causando perda de integridade estrutural nos tecidos das mesmas. Os patógenos alimentam-se do conteúdo extravasado das células que é liberado com rompimento da membrana celular. Este tipo de doença ocorre principalmente em hospedeiros maduros. Como patógenos representantes deste tipo de doença, temos como a principal bactéria a *Pectobacterium carotovorum*, que é capaz de sobreviver no solo e em restos culturais e fungos dos gêneros *Rhizopus* spp. e *Sclerotinia* spp., que sobrevivem respectivamente como saprófita em restos culturais (*Rhizopus*) e na forma de micélio em restos culturais ou esclerócio (*Sclerotinia*).

O manejo desse tipo de doença requer bastante atenção, por serem patógenos de menor especificidade, deve-se prestar muita atenção no momento de planejar uma rotação de culturas. A resistência genética é uma alternativa para alguns patógenos. A incorporação de restos culturais deve ser realizada, evitando a sobrevivência destes organismos em restos culturais. Técnicas como a solarização podem ajudar na redução de inóculo, reduzindo a ocorrência de infecções. Existe ainda a possibilidade de controle biológico com outros fungos, como por exemplo, *Trichoderma* spp., gênero que possui indivíduos que parasitam outros fungos de solo, e até mesmo estruturas de resistência como esclerócios (POMELLA & RIBEIRO, 2009; LOHMANN et al, 2007).

#### **e. Nematoses radiculares**

As nematoses radiculares são particularmente problemáticas em função dos patógenos causadores, os representantes de maior importância deste tipo de doença são dos gêneros *Pratylenchus* spp. (nematóide das lesões), *Meloidogyne* spp. (nematóide das galhas) e *Heterodera* spp. e *Globodera* spp. (nematóides dos cistos). Estes nematóides possuem uma grande adaptabilidade a variados climas, não sendo difícil que se adaptem ao ambiente no qual se encontram, as doenças de murcha causadas por eles são favorecidas em épocas mais secas, uma vez que além da dificuldade natural de absorção de água pela planta nestes casos, existem também os danos causados por estes patógenos. Os danos causados por estas espécies se tornam ainda maiores quando em associação com fungos e bactérias responsáveis por causarem murchas vasculares, uma

vez que eles causam lesões às plantas que servem de porta de entrada para estes patógenos, assim como para outros patógenos de outros grupos de doenças. Os nematóides são capazes de sobreviver no solo mesmo na ausência de hospedeiros devido a sua capacidade de entrar em anidrobiose, um estado de suspensão ou redução da atividade metabólica, onde o organismo consegue se manter por longos períodos de tempo sem a presença do hospedeiro (CIA & GALBIERI, 2016).

O manejo das nematoses inicia-se com a escolha de uma área livre dos patógenos, assim como com o cuidado com o material propagativo (utilizando-se de material sadio) e da limpeza de máquinas e implementos, evitando a entrada dos mesmos na área. Em um local onde já estão presentes, recomenda-se lançar mão de um manejo integrado para lidar com os patógenos, este manejo pode passar pela utilização de estratégias químicas, biológicas, genéticas e culturais. Como estratégia cultural, temos a implantação de rotação de culturas com espécies não hospedeiras, evitando ciclos contínuos do patógeno a cada safra. Como estratégia química a aplicação de produtos químicos no solo é uma opção, porém, o custo ambiental e econômico muitas vezes inviabiliza a sua utilização. A estratégia genética é muitas vezes a mais importante e viável, sua aplicação vem dá utilização de materiais resistentes aos nematóides, permitindo um convívio com os mesmos. Por fim, a estratégia biológica traz a utilização de indivíduos como fungos (*Trichoderma* sp.) (POMELLA & RIBEIRO, 2009; LOHMANN et al, 2007; CIA & GALBIERI, 2016) e bactérias (*Bacillus* sp.) para combater os patógenos (CIA & GALBIERI, 2016).

## 5. Bibliografia

AMORIM, L. *et al.* (ed.) Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas. 5. ed. Ouro Fino - MG: Editoria Agrônômica Ceres, 2016. v. 2.

CIA, E.; GALBIERI, R. Doenças do Algodoeiro. In: AMORIM, L. et al, (ed.). Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas. 5. ed. Ouro Fino - MG: Editoria Agrônômica Ceres, 2016. v. 2, cap. 8, p. 47-62.

Hillocks, R.J. & Waller, J.M. Soilborne diseases and their importance in tropical agriculture. In: Hillocks, R.J. & Waller, J.M. (ed.) Soilborne Diseases of Tropical Crops. Wallingford. CAB International. 1997. pp.3-16.

KATAN, J. Diseases caused by soilborne pathogens: Biology, management and challenges. *Journal of Plant Pathology*, v. 99, n. 2, p. 305-315, 2017.



LOHMANN, T. R. et al. Seleção de isolados de *Trichoderma* spp. para controle de *Sclerotium rolfsii* em soja. *Revista Brasileira de Agroecologia*, [S.l.], v. 2, n. 2, sep. 2007. ISSN 1980-9735. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/7038>>. Acesso em: 07 apr. 2020.

LOPES, U. P.; MICHEREFF, S. J. (ed.) Desafios do manejo de doenças radiculares causadas por fungos. Universidade Federal e Rural de Pernambuco, 2018.

MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. (ed.) Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais. Universidade Federal e Rural de Pernambuco, 2005.

POMELLA, A. W. V.; RIBEIRO, R. T. S. Controle biológico com *Trichoderma* em grandes culturas—uma visão empresarial. *Biocontrole de Doenças de Plantas*, p. 239, 2009.

Wheeler, T. & Rush, C.M. Soilborne diseases. In: Maloy, O.C. & Murray, T.D. (ed.) *Encyclopedia of Plant Pathology*. New York. JohnWiley & Sons. 2001. pp.935-947.