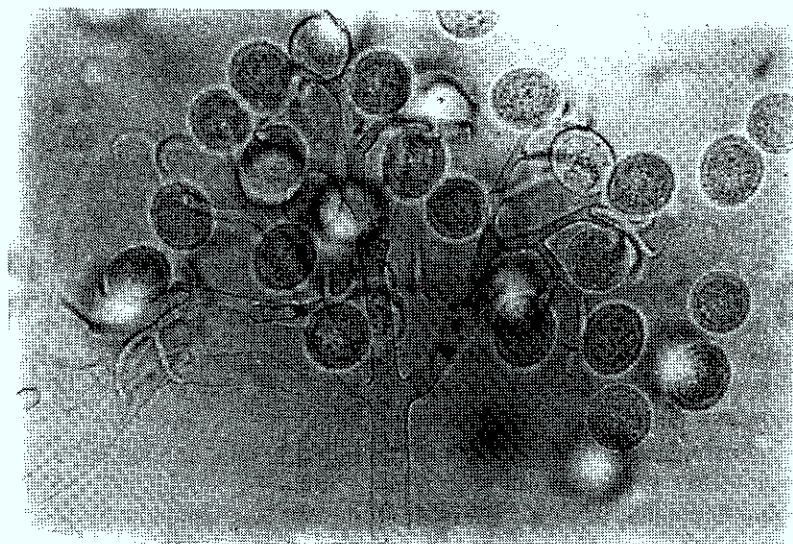


Subsistema *Peronospora parasitica* (Pres. ex. Fr.) Fr. no sistema biológico planta-fungo

Pedro Jesus Sequeira*



1. Introdução

As brássicas são cultivadas no mundo inteiro numa área superior a 2 milhões de ha, cabendo aos 15 países da Comunidade Europeia, cerca de 267.000 ha, num total de 422.000 ha para toda a Europa (F.A.O., 1992).

Em Portugal mais do que em qualquer país da Europa, as plantas cultivadas do género *Brassica* têm um papel preponderante. A produção hortícola nacional é caracterizada pela grande produção e consumo de couves, sobretudo couve-lombarda, repolho, brócolo e couve portuguesa. O consumo de couves em Portugal é um dos mais elevados com cerca de 750.000 t/ano, o que corresponde a uma capitação de aproximadamente 75 Kg/ano (Portas e Costa, 1977). O maior consumo é da couve lombarda, próximo dos 42 Kg/hab./ano, seguido da couve portuguesa com cerca de 19 Kg/hab./ano. Rosa (1991) sugere que estas capitações são variáveis de região para região, podendo nalguns casos atingir valores mais elevados ou favorecer a couve portuguesa em detrimento da couve lombarda, como acontece na região de Trás-os-Montes.

O míldio das crucíferas é uma doença causada pelo fungo *Peronospora parasitica* (Pers. ex Fr.) Fr. sendo bastante importante nas brássicas cultivadas

em Portugal, já que existem condições favoráveis de temperatura e humidade para o seu desenvolvimento durante grande parte do ano.

Integrado no projecto comunitário intitulado "The location and exploitation of genes for pest and disease resistance in European gene bank collections of horticultural brassicas" em que colabora a Secção de Horticultura do Departamento de Produção Agrícola e Animal (D.P.A.A.) do Instituto Superior de Agronomia (ISA), houve a necessidade de estudar o agente patogénico causador do míldio das crucíferas, o fungo *Peronospora parasitica*. Este estudo foi tema de dissertação final do Mestrado em Produção Vegetal sob a orientação do Professor Doutor António Almeida Monteiro.

Aproveitando o trabalho de dissertação desenvolvido sobre o fungo responsável pelo míldio das crucíferas, pretende-se analisar no âmbito da teoria de Sistemas de Agricultura e na óptica de Ferris *cit in* Portas (1993) o subsistema *Peronospora parasitica* no sistema planta-fungo.

A abordagem do tema utilizando a teoria dos sistemas é neste caso geral. Spedding (1979) considera a relação planta-fungo um sistema biológico. Este sistema só será relevante para a agricultura, se representar um subsistema da globalidade dos sistemas de agricultura. Neste artigo, é apresentada uma proposta para um modelo explicativo da interacção dos elementos numa geração de *Peronospora parasitica* e com base nela um diagrama de fluxos.

2. Descrição geral do fungo *Peronospora parasitica* (Pers. ex. Fr.) Fr.

O fungo causador do míldio das crucíferas pertence à subdivisão *Mastigomycotina*, classe *Oomycetes*, ordem *Peronosporales*, família *Peronosporaceae*, género *Peronospora* e espécie *Peronospora parasitica* (Hawksworth *et al.*, 1994).

É um parasita obrigatório e biotrófico. Macroscopicamente, o fungo apresenta um tapete de conidióforos de cor branca, finamente denso, que pode estar disperso em todas as direcções, situando-se normalmente na parte abaxial das folhas sob lesões cloróticas ou parcialmente necróticas (Williams, 1985).

Observado ao microscópio óptico o fungo apresenta entre as células dos tecidos do hospedeiro, um micélio hialino e cenocítico (sem septos), com grandes haustórios de forma globular a lobada. Os conidióforos emergem individualmente ou em grupos através dos estomas, ramificam-se dicotomicamente e possuem um conjunto de conídios terminais, que facilmente se desprendem com mudanças na humidade relativa e com o movimento do ar. Os oósporos quando são produzidos, aparecem em tecidos senescentes e, apresentam uma dupla parede lisa e espessa (Channon, 1981; Williams, 1985). A germinação destes esporos sexuais de resistência é um quebra-cabeças para os cientistas, não havendo até agora nenhum trabalho publicado sobre a matéria.

3. Ciclo de vida

3.1 Aspectos gerais

O ciclo de vida deste parasita não difere muito dos outros da classe *Oomycetes*, apresentado duas fases, a assexuada e a sexuada.

Com base no modelo proposto na figura 1 considera-se arbitrariamente que a fase assexuada se inicia com o contacto de esporos (conídios) com um hospedeiro susceptível. Se a humidade relativa é de 90 a 100% e a temperatura entre 10-16°C, dá-se a germinação e o crescimento do tubo germinativo e a seguir a infecção. Dependendo do genótipo do hospedeiro, idade da folha e condição fisiológica do hospedeiro, o micélio cresce intercelularmente, produz haustórios intracelulares e ao fim de 5-7 dias produz conídios. A produção dos conídios depende de factores inerentes ao hospedeiro e do meio ambiente. Quando os conídios atingem a maturação, por influência do vento e da chuva libertam-se dos conidióforos e eventualmente entram em contacto com outras folhas do mesmo hospedeiro ou com novos hospedeiros susceptíveis.

A fase sexuada do fungo *Peronospora parasitica* depende da presença de isolamentos do tipo de acasalamento P1 e P2 (Sherriff e Lucas, 1989) e/ou homotáticos. Quando isso acontece, há produção de oósporos que

se libertam quando a planta entra em senescência. A dispersão efectua-se no solo pela chuva, águas de rega e técnicas culturais. No que diz respeito à germinação dos oósporos, no modelo proposto (Fig. 1) encontra-se um ponto de interrogação devido à inexistência de informação sobre o modo de germinação, os factores que a afectam e o local ou locais de infecção.

A perda de viabilidade dos conídios e dos oósporos pode acontecer pela acção das radiações ultravioletas, altas temperaturas e produtos químicos.

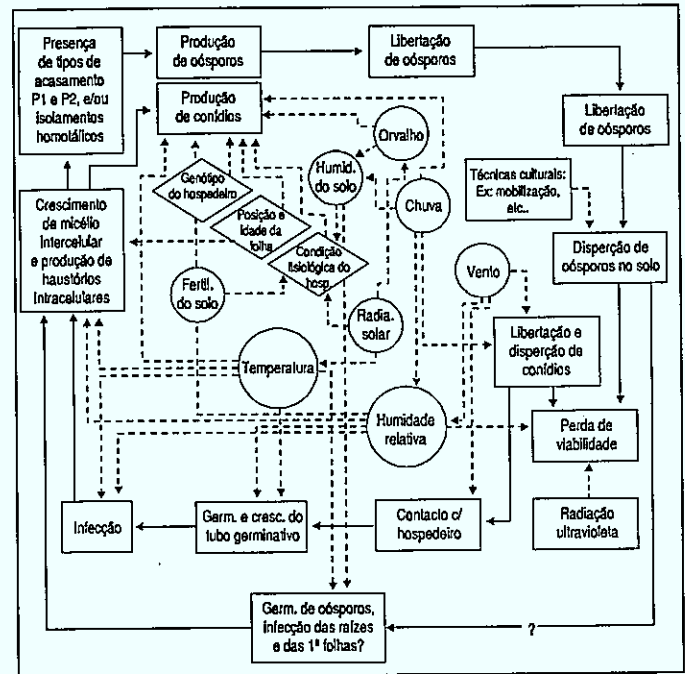


Fig. 1 - Modelo para o fungo *Peronospora parasitica* "interacção de elementos numa geração".

3.2 Aspectos particulares

O homotalismo e o heterotalismo são fenómenos que acontecem no fungo *P. parasitica*. O primeiro ocorre quando existe auto-fertilidade, isto é, não é necessário um segundo tipo de acasalamento para o processo sexual. Os gâmetas feminino (oogónio) e masculino (anterídio) são compatíveis e existem no mesmo micélio. O segundo fenómeno, heterotalismo, significa auto-esterilidade - necessidade da presença dum segundo tipo de acasalamento para o processo sexual. Os gâmetas compatíveis, masculino e feminino, aparecem em micélios fisiologicamente distintos (Agrios, 1978; Carlile e Watkinson, 1994).

Sherriff e Lucas (1989) ao caracterizarem vários isolamentos de *P. parasitica* do Reino Unido identificaram dois tipos de acasalamento designados por P1 e P2, em isolamentos provenientes de *Brassica oleracea*. As formas heterotáticas do fungo pertencem a um destes dois tipos. Os autores encontraram também formas homotáticas.

Até à realização da tese de dissertação do meu Mestrado em Produção Agrícola, nada se conhecia sobre a ocorrência de formas homotáticas e heterotáticas em Portugal. Quinze isolamentos de *P. parasitica*, que foram recolhidos em diferentes regiões de Portugal nomeadamente, Batalha,

Póvoa de Varzim, Oliveira do Hospital Castelo Branco, Évora, Odemira, Condeixa-a-Nova, Vila Real, Faro, Lourinhã e Pombal. De locais como Batalha e Condeixa-a-Nova recolheu-se mais que um isolamento. Dos 15 isolamentos, encontraram-se 2 homotáticos (Castelo Branco e Batalha) e 13 heterotáticos, sendo 3 do tipo de acasalamento P1 e 10 do tipo P2.

Como se depreende da figura 1 a presença de tipos de acasalamento P1 e P2 e/ou isolamentos homotáticos é condição necessária para que haja produção de oósporos. Na natureza é difícil destrinçar se os hospedeiros são infectados somente por fungos homotáticos ou heterotáticos. A infecção pode ser conjunta, ou pode-se dar o caso dos hospedeiros serem infectados só por um tipo de acasalamento (P1 ou P2). No laboratório, com a técnica do esporo único pode-se investigar adequadamente o assunto. O genótipo do hospedeiro, a sua condição fisiológica (senescência) e a idade das folhas são muito importantes para a produção de esporos sexuados de *P. parasitica*.

3.3 Factores que afectam o ciclo de vida

Temperatura

A temperatura é um dos factores que mais influencia o desenvolvimento do fungo *P. parasitica*. Segundo Felton e Walker (1946), a germinação dos conídios

é mais rápida com temperaturas entre 8-12°C, enquanto que a penetração dos hospedeiro e a subsequente formação de haustórios são aceleradas respectivamente a 16°C e entre os 20-24°C. Channon (1981) sugere, que a maior prevalência do mildio nas brássicas a temperaturas entre 10-15°C, resulta da influência favorável do intervalo de temperatura, em contraste com uma rápida invasão pelo agente patogénico e uma conseqüente destruição auto-inibidora dos tecidos do hospedeiro quando a temperatura é mais elevada. No modelo proposto (Fig. 1), constata-se a importância deste factor na germinação de conídios, infecção, crescimento de micélio intercelular e formação de haustórios, produção de conídios e por fim na germinação de oósporos.

Humidade relativa

No que diz respeito à humidade relativa (HR), ela influencia directamente a germinação e o desenvolvimento do tubo germinativo. A necessidade duma HR elevada próxima de 100% para que se favoreça a doença é um facto geral constatado pelos investigadores que trabalham com este fungo. Na figura 1 nota-se que este factor climático afecta a germinação e o crescimento do tubo germinativo, a infecção, o crescimento do micélio e a produção dos conídios do *P. parasitica*.

Vento

O vento é um meteoro cuja importância é fundamental na libertação e dispersão de conídios e é evidente

que tem um efeito sobre a humidade relativa e esta em diversas fases do ciclo (Fig. 1).

Chuva

A chuva tem por um lado influência directa na produção dos conídios, na libertação e dispersão dos conídios e dos oósporos e por outro sobre a humidade relativa e a humidade do solo (Fig. 1).

Orvalho

O orvalho afecta a produção de conídios e contribui positivamente para o aumento da humidade do solo (Fig. 1).

Radiação solar

A radiação solar tem influência na condição fisiológica do hospedeiro, na temperatura e na formação do orvalho. Desta maneira, no modelo proposto, este factor tem um efeito indirecto sobre o ciclo de vida do parasita (Fig. 1).

Solo

No modelo apresentado (Fig. 1), a fertilidade do solo é um factor que afecta directamente a condição

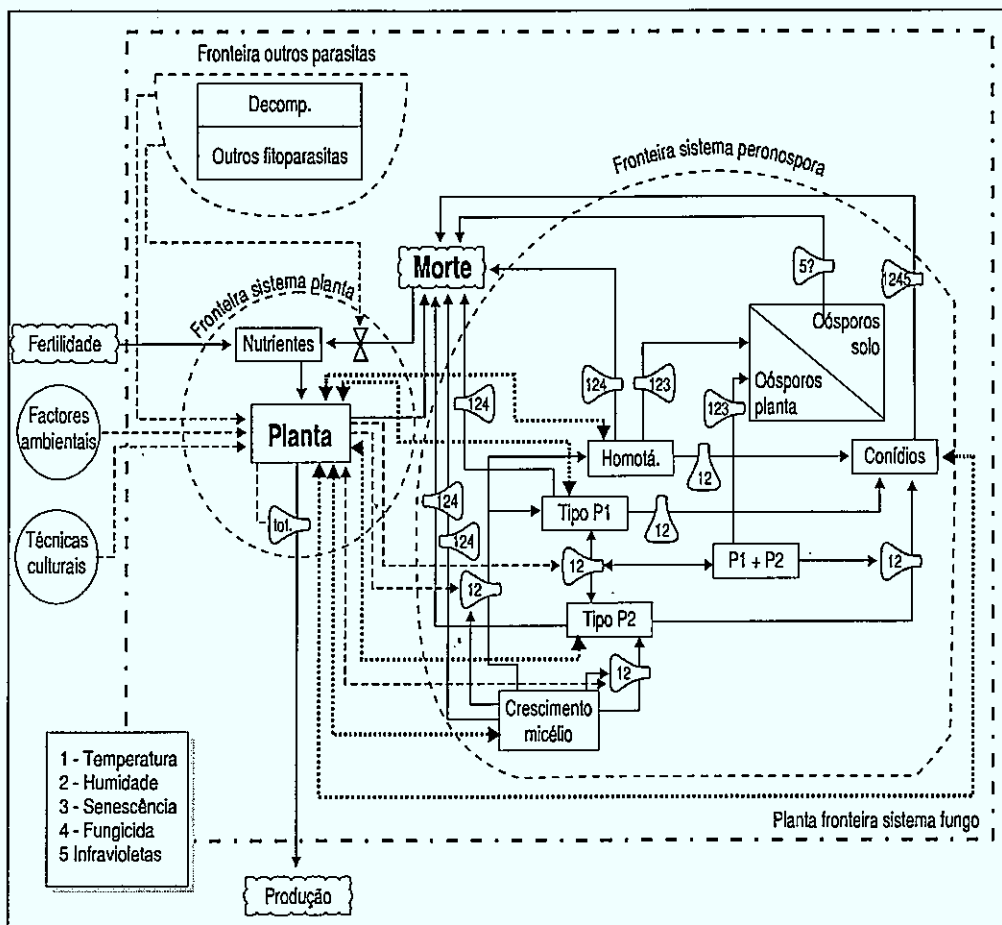


Fig. 2 - Diagrama de fluxos do subsistema *Peronospora parasitica* no sistema Planta-Fungo

fisiológica do hospedeiro, portanto, o seu efeito é indirecto sobre o *P. parasitica*.

No que diz respeito à humidade do solo, para além de ter influência na planta hospedeira, pensa-se que contribui para a germinação de oósporos.

4. O subsistema *Peronospora parasitica*

Na figura 2 encontra-se o diagrama de fluxos dos subsistema *Peronospora parasitica* no sistema planta-fungo. Este diagrama foi baseado na figura 1 onde foi proposto um modelo para o fungo mostrando a interacção dos elementos durante uma geração.

Como o sistema planta-fungo, o subsistema em causa é fechado, pois o *P. parasitica* é um parasita obrigatório, necessitando de células vivas do hospedeiro para sobreviver. Assim, existe uma permuta constante de energia entre parasita e hospedeiro através da fronteira, que neste caso será o citoplasma das células. O fungo sobrevive e desenvolve-se através de órgãos de alimentação, haustórios, que penetram nas células e no citoplasma e desequilibram negativamente a eficiência fotossintética. A importância da temperatura e da humidade é salientada na figura 2 já que os fluxos de informação mais importantes para o desenvolvimento e reprodução do parasita dependem principalmente destes dois factores ambientais. Optou-se por não se desenhar todos os fluxos de informação provenientes do sistema planta para que o diagrama não se tornasse confuso. Contudo, é necessário chamar atenção para a influência directa da temperatura e da humidade nas taxas de variação. Nas válvulas onde aparecem os n.ºs 1 e 2 seriam necessários os correspondentes fluxos de informação provenientes do sistema planta.

Os fluxos de informação mais importantes incidem nas variáveis de estado que englobam, o crescimento do micélio, os tipos de acasalamento P1 e P2 quando presentes, os isolamentos homotáticos e a produção de conídios.

O processo da infecção e o crescimento do micélio dão-se num hospedeiro quando é susceptível, isto é, quando não existe resistência mecânica e/ou química. Portanto, existe importante fluxo de informação recíproco entre parasita e hospedeiro.

A presença de 2 tipos de acasalamento nas folhas da planta hospedeira é importante para a sobrevivência e variabilidade genética do fungo. Ao se encontrarem, dá-se uma troca de massa e energia (anterídio+oogónio) produzindo oósporos. O interessante no *P. parasitica* é que o micélio é diplóide e a meiose só se dá no anterídio e no oogónio e, conseqüentemente, os oósporos possuem 2n cromossomas.

Existem casos de homotalismo que são também importantes neste fungo causador do mildio das crucíferas. No trabalho que serviu de base à dissertação final de

Mestrado foram encontrados em 15 isolamentos, 2 homotáticos (Castelo Branco e Batalha).

Outra forma de sobrevivência é através de formas assexuadas ou conídios. Os isolamentos P1 e P2 produzem isoladamente ou em conjunto conídios, assim como, os homotáticos. As realimentações do subsistema *P. parasitica* são efectuadas por reinfecções através dos conídios.

O subsistema *P. parasitica* é importante no sistema planta-fungo. O mildio das crucíferas é uma doença que causa graves prejuízos nas brássicas, nomeadamente na couve brócolo e couve-flor, afectando a quantidade e em especial a qualidade do produto final.

Finalmente, penso que a abordagem desta matéria utilizando a teoria de sistemas foi bastante interessante. A bibliografia é escassa no que diz respeito a este tema, mas a aplicação do chamado "systems approach" é útil no estudo e compreensão do agente patogénico causador do mildio das crucíferas.

Referências bibliográficas

- Agrios, G. N., 1978. *Plant Pathology*. 2nd ed. Academic Press. London. 703pp.
- Channon, A. G., 1981. Downy mildew of brassicas. In: Spencer, D. M. (ed.). *The downy mildews*. Academic Press. London: 321-339.
- Felton, M. W. & Walker, J. C., 1946. Environal factors affecting downy mildew. *Journal of Agricultural Research* 72 (2): 69-81.
- FAO, 1992. *Yearbook Production*. Vol 46, Roma.
- Forrester, J. W., 1980. *Industrial Dynamics*. The MIT press. Cambridge, Massachussets. 10ª edi.
- Hawksworth, D. L., Kirk, P. M., Pegler, D. N., Sutton, B. C. & Ainsworth, G. C., 1994 *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the fungi*. 8th edn. C.A.B. International, Wallingford.
- Portas, C. A., & Costa, P. C., 1977. Produção, comercialização e consumo de hortícolas em Portugal Continental. *Proc. I Colóquio Nacional de Hört. e Flor.*, Lisboa.
- Portas, C. A., 1993. *Apontamentos das aulas de Sistemas de Agricultura*. Mestrado em Produção Vegetal. ISA. Lisboa.
- Rosa, E. A. S., 1992. *Glucosinolatos em couves. Estudo sobre a sua variação ao longo do ciclo cultural*. Tese de Doutoramento. UTAD, Vila Real. 260pp.
- Sherriff, C. & Lucas, J. A., 1989. Heterothallism and homothallism in *Peronospora parasitica*. *Mycological Research* 92 (3): 311-316.
- Spedding, C. R. W., 1979. *An introduction to agricultural systems*. Applied Science Publishers.
- University of California, 1994. *Integrated pest management for cole crops and lettuce*. University of California, Statewide Integrated Pest Management Project. Division of Agr. and National Resources. Publi 3307. 112 pp.
- Williams, P. H., 1985. *Crucifer genetics cooperative resource book*. University of Wisconsin. Madison. 124pp.

* Assistente da Escola Superior Agrária.