

7 VARIACIÓN NO EFECTO DE INFECCIONES INICIAIS SOBRE INFECCIONES POSTERIORES NA PATAÇA





Autores artigo orixinal: Gabriela Quiroga, Naila Aguiño-Domínguez, Nikos Piperakis, Lucía Martín-Cacheda, Luís Abdala-Roberts e Xoaquín Moreira

En: *Journal of Chemical Ecology*, 49: 465-473. <https://doi.org/10.1007/s10886-023-01434-1>. 2023

Introdución

Cando unha planta é atacada por un axente patóxeno, actívase un mecanismo de defensa coñecido como **defensa inducida**. Dependendo do tipo ou familia do patóxeno, pode ter lugar a activación dun tipo de mecanismo ou outro, desencadeado por distintas rutas hormonais. Dúas das mellor estudadas son a ruta do ácido salicílico e a do ácido xasmónico.

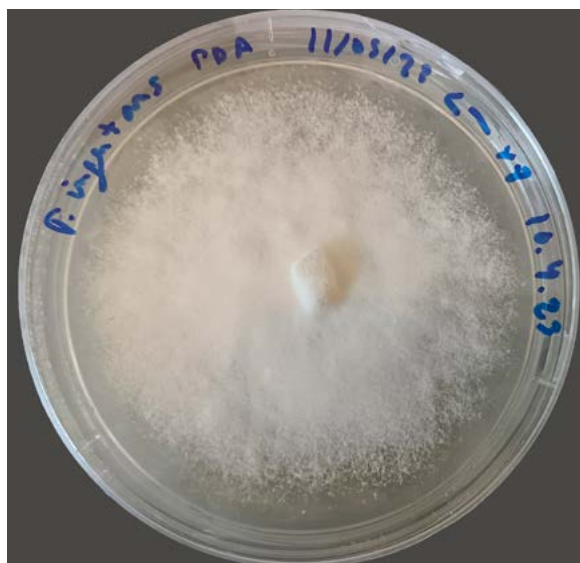
Unha hipótese que se manexa é que, se un patóxeno induce unha defensa da planta a través dunha ruta hormonal concreta, isto terá un efecto negativo sobre infeccións posteriores protagonizadas por patóxenos que empreguen o mesmo mecanismo, atribuíble a que a defensa foi xa activada (resistencia inducida). Pola contra, podería ter un efecto positivo se as infeccións posteriores son causadas por un patóxeno que empregue un mecanismo diferente, atribuíble á interferencia e ao esgotamento dos recursos da planta (susceptibilidade inducida). Pero, a realidade parece máis complexa: existen observacións que non apoian esta hipótese, ata o punto de que, actualmente, se considera que o coñecemento do tipo de patóxeno non é suficiente para poder predicir o tipo de interacción que terá lugar na planta entre sucesivas infeccións.

Nun intento de contribuír a esclarecer as interaccións entre os mecanismos de defensa das plantas, os autores do presente traballo estudaron o efecto dunha infección inicial por un coñecido fungo da pataca (*Alternaria solani*) sobre infeccións posteriores por ese mesmo fungo ou por outro patóxeno foliar diferente (*Phytophthora infestans*). No primeiro caso empregamos o termo infeccións conespecíficas (causadas pola mesma especie), mentres que no segundo falariamos de infeccións heteroespecíficas (con diferentes es-

pecies implicadas). Para completar o experimento e explorar a reciprocidade dos mecanismos de defensa inducidos, tamén se avaliou o efecto sobre infeccións posteriores cando o patóxeno que infectaba en primeiro lugar era *P. infestans* (en vez de *A. solani*).

Os dous patóxenos elixidos para este experimento son causantes de graves enfermidades na pataca a nivel mundial, pero empregan diferentes estratexias de infección:

- ***Alternaria solani*** é un fungo especialista (ten un rango de hóspedes estreito), necrotrófico (mata as células do hóspede para obter nutrientes) e induce na planta a ruta do ácido xasmónico. É responsable do tizón temperán (*early blight*), que afecta as solanáceas e causa necroses nas follas, nos talos e nos froitos (tubérculos);
- ***Phytophthora infestans*** é un oomiceto (protista fungoide) xeneralista (amplo rango de hóspedes), hemibiotrófico (primeiro



Cultivo en placa de Petri do oomiceto *Phytophthora infestans*, patóxeno da pataca

establece unha relación co hóspede vivo e posteriormente destrúe as súas células para alimentarse) e induce na planta a ruta do ácido salicílico. É responsable do tizón tardío ou mildio tardío (*late blight*), que tamén afecta as follas, os talos e os froitos.

Ambos os patóxenos teñen en común unha segunda resposta de defensa inducida, máis frecuente e ben coñecida: a produción de compostos fenólicos (ácidos hidroxicinámicos, flavonoides e taninos).

Deseño experimental

En xullo de 2021, os autores cultivaron plantas de pataca (*Solanum tuberosum* L.), variedade 'Desiree', nun invernadoiro baixo condicións controladas (10 °C día, 25 °C noite, 10 h mínimas de luz). Cando as plantas acadaron unha certa altura (32 cm), sometéronse a unha primeira fase de infección. Para iso, dividíronse en tres grupos:

- 1) Infección con *P. Infestans*
- 2) Infección con *A. solani*
- 3) Control

As infeccións co patóxeno desexado tiveron lugar mediante a realización de punzadas de 1 mm de diámetro na parte superior dunha das follas, nas que se introducían pequenos anacos de ágar que contiñan o micelio do patóxeno.

Tras unha semana, os investigadores realizaron unha segunda fase de infección e dividiron cada un dos grupos anteriores (*P. infestans*, *S. solani* e control) en dous subgrupos:

- 1) Infección con *A. solani*
- 2) Infección con *P. infestans*

Esta vez empregouse unha folla oposta á utilizada para a primeira infección. En total, o experimento incluía 150 plantas (3 tratamentos de infección inicial x 2 tratamentos de infección secundaria x 25 repeticións).

Unha semana despois da segunda infección, os investigadores fixeron unha mostraxe das follas infectadas para: 1) calcular a **porcentaxe da**

área necrosada para cada tratamento (mediante un programa de procesamento de imaxes) e 2) cuantificar os **compostos fenólicos** presentes nas follas en cada tratamento (empregando cromatografía líquida de gran rendemento combinada con espectrometría de masas, UPLC-Q-TOF-MS/MS, tras o secado e a moenda das follas e unha extracción con ultrasóns en metanol ao 75 %).

Resultados

Efecto do patóxeno inicial sobre a área necrótica causada por unha segunda infección

A secuencia de infeccións afectou significativamente a porcentaxe de necrose causada polo segundo patóxeno, pero o resultado foi diferente dependendo de cal infectaba en primeiro lugar. Así, cando a primeira infección era con *A. solani*, unha segunda infección tamén con *A. solani* (ou sexa, conespecífica) reduciu a área necrosada nun 65 %, pero non houbo un efecto significativo se esta segunda infección era con *P. infestans* (ou sexa, heteroespecífica). Pola contra, cando a primeira infección tivo lugar con *P. infestans*, a área necrosada durante unha segunda infección víase significativamente reducida tanto se o segundo patóxeno era *P. infestans* (65 % de redución) como se era *A. solani* (84 % de redución).

Efecto do patóxeno inicial sobre os compostos fenólicos inducidos por unha segunda infección

Os investigadores cuantificaron dous grupos de compostos fenólicos: **flavonoides** (expresados como equivalentes de rutina) e **ácidos hidroxicinámicos** (expresados como equivalentes de ácido ferúlico), así como os **polifenóis totais** (a suma de ambos os dous).

A secuencia de infección afectou significativamente a concentración de flavonoides na folla, pero, igual que no caso anterior, o resultado foi diferente dependendo de cal patóxeno infectaba en primeiro lugar. Os flavonoides aumentaron de forma significativa, con respecto aos controis,

despois dunha infección inicial de *A. solani*, seguida dunha segunda infección por este mesmo patóxeno, pero non o facían cando a segunda infección era con *P. infestans*. Do mesmo xeito, os flavonoides aumentaron significativamente despois dunha infección inicial de *P. infestans*, seguida dunha infección por este mesmo patóxeno, pero non cando a segunda infección era con *A. solani*. É dicir, o aumento de flavonoides producíase nas infeccións conespecíficas (o mesmo patóxeno infectaba dúas veces seguidas), pero non nas heteroespecíficas (con diferentes patóxenos).

Pola súa banda, no caso dos ácidos hidroxicinámicos, aínda que presentaban a mesma tendencia, non se viron afectados de forma significativa polas secuencias de infección.

Conclusiones

Para contribuír ao coñecemento dos mecanismos de defensa da planta fronte a sucesivos

patóxenos, os autores estudaron a incidencia de infeccións sucesivas co mesmo ou con diferentes patóxenos na pataca, tanto sobre a área foliar necrótica resultante como sobre a concentración de compostos fenólicos producidos.

Os resultados revelaron que os efectos causados polos dous patóxenos estudados, o fungo *Alternaria solani* e o oomiceto *Phytophthora infestans*, non eran recíprocos e dependían de cal deles infectara en primeiro lugar. Estes achados non apoian a hipótese que predicía que un ataque inicial por un determinado patóxeno causaría unha susceptibilidade na planta a sucesivos patóxenos que empreguen un mecanismo de defensa diferente. Tamén suxiren que a resposta a certas infeccións heteroespecíficas podería estar asociada a compostos diferentes dos compostos fenólicos estudados no presente traballo, polo que cómpre investigar a posible implicación doutros compostos.



Folla da pataca afectada por *P. Infestans*, onde se aprecian os danos característicos da infección