Manejo integrado de enfermedades bacterianas y fúngicas en frutales y otros cultivos leñosos de importancia económica

ANNA BONATERRA, ISIDRE LLORENTE, CONCEPCIÓ MORAGREGA, JESÚS FRANCÉS, ESTHER BADOSA, LAURA MONTESINOS, NÚRIA DARANAS, GEMMA ROSELLÓ, EMILIO MONTESINOS

Unidad de Patología Vegetal-Centro de Innovación y Desarrollo en Sanidad Vegetal (PV-CIDSAV). Instituto de Tecnología Agroalimentaria (INTEA). Universitat de Girona (UdG)

emilio.montesinos@udg.edu

El grupo PV-CIDSAV está formado por nueve investigadores y forma parte del Instituto de Tecnología Agroalimentaria de la Universitat de Girona. Desde 2001 el Centro de Innovación y Desarrollo en Sanidad Vegetal (CIDSAV) dispone de la acreditación TECNIO (Generalitat de Catalunya) para formar parte de la Red de Innovación Tecnológica, dedicada a la transferencia tecnológica (*https://epsapps.udg.edu/cidsav/*) y tiene implementado el Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001:2015.

Su línea de investigación se centra en la protección y manejo integrado de enfermedades bacterianas y fúngicas de importancia económica en cultivos leñosos, sobre todo de frutales. Concretamente se desarrollan y aplican tecnologías innovadoras y sostenibles compatibles con el manejo integrado de enfermedades. Actualmente la investigación del grupo se circunscribe en la epidemiología y manejo integrado de enfermedades emergentes (decaimiento y seca causados por *Xylella fastidiosa, Citrus greening*) y re-emergentes (fuego bacteriano, cancrosis y necrosis bacteriana) de cuarentena en la UE.

El grupo inició su trayectoria en 1986 y desde entonces ha trabajado en diversos proyectos sobre epidemiología y control de bacteriosis como la necrosis de yemas de flor del peral (*Pseudomonas syringae*), el fuego bacteriano de las Rosáceas (*Erwinia amylovora*) y de enfermedades fúngicas como la estemfiliosis del peral (*Stemphylium vesicarium*) o la podredumbre azul de la manzana (*Penicillium expansum*). En los últimos años los proyectos se han focalizado en enfermedades emergentes como las causadas por *X. fastidiosa* (Baró *et al.* 2021), *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* y *Xanthomonas arboricola* pv *pruni*.

Figura 1. *Miembros del grupo.*

Concretamente, las líneas de investigación están orientadas estratégicamente al desarrollo de nuevas herramientas innovadoras y sostenibles para el manejo integrado de dichas enfermedades emergentes y están basadas en: (i) el desarrollo, evaluación y validación de modelos de predicción de riesgo de infección, y guiado de los momentos idóneos de aplicación de tratamientos, y (ii) el desarrollo de nuevos bioplaguicidas de baja toxicidad basados en microorganismos y péptidos funcionales (antimicrobianos y elicitores de defensas en las plantas). El grupo dispone de las autorizaciones oficiales para investigación con Organismos Modificados Genéticamente y para trabajar con patógenos de cuarentena en la UE, así como con *Xylella fastidiosa*. Además, se dispone de autorización para el mantenimiento y control de especies vegetales invasoras (*Ailanthus altissima*) al desarrollar agentes biológicos para su control (bioherbicidas). El grupo tiene una extensa experiencia en ensayos de control de enfermedades tanto en condiciones de ambiente controlado en invernadero como en campo.

Por una parte, se han desarrollado metodologías para el guiado de las aplicaciones de tratamientos fungicidas y bactericidas mediante modelos empíricos de predicción del riesgo de infección. Se han implementado varios modelos para la predicción del riesgo de infección, que proporcionan mapas de riesgo para la

detección temprana y la evaluación de la aparición de enfermedades (patógenos en cuarentena y enfermedades emergentes). Por ejemplo, se ha desarrollado el modelo de riesgo de *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* (Xap) en frutales de hueso (sistema XapCAST) y se han utilizado otros modelos en simulaciones para determinar el efecto del cambio climático en la potencial distribución de patógenos en Europa, como en el caso del estudio epidemiológico de *S. vesicarium* (Moragrega *et al.* 2018).

Por otra parte, el grupo desarrolla nuevos bioplaguicidas, tanto en investigación propia financiada con recursos públicos competitivos, como a través de proyectos financiados por la empresa privada. En referencia a los bioplaguicidas basados en microorganismos, el grupo realiza trabajos de prospección y caracterización de microorganismos que han permitido confeccionar una extensa y variada colección de cepas de especies bacterianas como *Pseudomonas fluorescens*, *Pantoea agglomerans*, *Bacillus* spp., *Streptomyces* spp. o bacterias del ácido láctico, entre las que se han identificado cepas muy activas en biocontrol y multiproductoras de péptidos antimicrobianos. El uso de algunas cepas ha sido objeto de patente. En el caso de la producción de metabolitos secundarios, se han seleccionado cepas bacterianas para obtener y desarrollar nuevos compuestos basados en metabolitos peptídicos como ciclolipopéptidos, bacteriocinas y pseudopéptidos, efectivos en el control de diversas bacteriosis (Mora *et al.* 2015). Finalmente, se han desarrollado técnicas moleculares para la monitorización específica de bioplaguicidas microbianos después de su aplicación en planta y se han optimizado formulaciones con el objetivo de incrementar su supervivencia y su eficacia en el control de enfermedades (Daranas *et al.* 2018).

En relación con los péptidos funcionales, se trabaja con péptidos que presentan actividad antimicrobiana o que actúan estimulando mecanismos de defensa contra patógenos y estrés en plantas o con péptidos multifuncionales que presentan ambas actividades. Concretamente, varios péptidos han sido optimizados para obtener un buen perfil biológico, con elevada actividad frente a bacterias y hongos fitopatógenos y reducida toxicidad frente organismos no diana, con interés como productos fitosanitarios y su uso ha sido objeto de patente. Recientemente varios péptidos han presentado actividad bactericida y antibiofilm

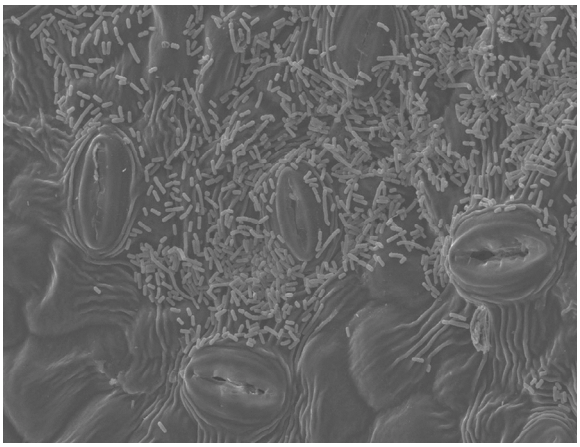

Figura 2. *Células de* Lactobacillus plantarum *PM411, agente de biocontrol de varias enfermedades bacterianas en frutales, colonizando la superficie de una hoja de peral.*

frente a bacterias fitopatógenas, en especial contra *X. fastidiosa* (Baró *et al.* 2020; Moll *et al.* 2021), induciendo defensas en plantas huésped como tomate y almendro (Montesinos *et al.* 2021; Moll *et al.* 2022), además de mostrar eficacia frente a enfermedades fúngicas en condiciones de campo (Puig *et al.* 2015).

Finalmente, para producir los bioplaguicidas mencionados, se han implementado plataformas de producción, en el caso de microorganismos bioplaguicidas mediante bioreactores, y para los péptidos mediante síntesis química y biofactorias (semillas de arroz) (Montesinos *et al.* 2017).

Referencias

Baró A, Montesinos L, Badosa E, Montesinos E. (2021). Aggressiveness of Spanish isolates of *Xylella fastidiosa* to almond plants of different cultivars under greenhouse conditions. Phytopathology 111: 1994-2001.

Baró A, Mora I, Montesinos L, Montesinos E. (2020). Differential susceptibility of *Xylella fastidiosa* strains to synthetic bactericidal peptides. Phytopathology 110: 1018-1026.

Daranas N, Bonaterra A, Francés J, Montesinos E, Badosa E. (2018). Monitoring viable cells of the biological control agent *Lactobacillus plantarum* PM411 in aerial plant surfaces by means of a strain-specific. Appl Environ Microbiol 84: e00107-18.

Montesinos L, Bundó M, Badosa E, San Segundo B, Coca M, Montesinos E. (2017). Production of BP178, a derivative of the synthetic antibacterial peptide BP100, in the rice seed endosperm. BMC Plant Biology 17: 63.

Montesinos L, Gascón B, Ruz L, Badosa E, Planas M, Feliu L, Montesinos E. (2021). A bifunctional synthetic peptide with antimicrobial and plant defence elicitation properties that protects tomato plants from bacterial and fungal infections. Front Plant Sci 12: 756357.

Moll L, Badosa E, Planas M, Feliu L, Montesinos E, Bonaterra A. (2021). Antimicrobial peptides with antibiofilm activity against *Xylella fastidiosa*. Front Microbiol 12: 753874.

Moll L, Baró A, Montesinos L, Badosa E, Bonaterra A, Montesinos E. (2022). Induction of defense responses and protection of almond plants against *Xylella fastidiosa* by endotherapy with a bifunctional peptide. Phytopathology. In press.

Mora I, Cabrefiga J, Montesinos E. (2015). Cyclic lipopeptide biosynthetic genes and products, and inhibitory activity of plant- associated *Bacillus* against phytopathogenic bacteria. PLOSone 10(5): e0127738.

Moragrega C, Puig M, Ruz L, Montesinos E, Llorente I. (2018). Epidemiological features and trends of brown spot of pear disease based on the diversity of pathogen populations and climate change effects. Phytopathology 108: 223-233.

Puig M, Moragrega C, Ruz L, Montesinos E, Llorente I. (2015). Controlling brown spot of pear by a synthetic antimicrobial peptide under field conditions. Plant Dis 99: 1816-1822.