

Control de la podredumbre ácida en fruta de hueso en el contexto de sostenibilidad: SOUR-PEACH

Resumen

La pudrición ácida es una enfermedad emergente que afecta a la fruta de hueso. En los últimos años, su incidencia ha ido en aumento, y puntualmente las pérdidas que ocasiona pueden llegar a ser similares a las producidas por *Monilinia* spp., principal patógeno que afecta a la fruta de hueso en el Valle del Ebro. En la actualidad, los productos químicos de síntesis disponibles a escala comercial que se aplican para su control no son efectivos en campo y/o en postcosecha. Además, se tiene el conocimiento que esta enfermedad no solo está ocasionada por *Geotrichum* spp., sino que la causa un consorcio de microorganismos donde se incluyen levaduras del género *Pichia* spp. Este hecho complica aún más su control, es por eso que en este proyecto se ha estudiado la eficacia de los productos en ambos microorganismos. Con la realización de este proyecto se ha profundizado en el conocimiento de la epidemiología de esta enfermedad determinando el suelo como fuente principal de inóculo de *G. candidum*, así como la capacidad de dispersión a órganos vegetales, como las hojas y frutos de la parte baja del árbol. Además, se ha focalizado en estudiar posibles estrategias de control, incluyendo el efecto de los productos de bajo riesgo (hipoclorito de sodio, ácido peracético y dióxido de cloro), alternativos (quitosano), y agentes de biocontrol (*T. asperellum*), que puntualmente mostraron cierta eficacia. Así como prácticas culturales a aplicar en campo, también eficaces. Finalmente, todo el conocimiento generado y las herramientas de control efectivas se integraron en una misma estrategia evaluada en campo, la que incluyó prácticas potencialmente efectivas para el control de la enfermedad como el aclareo de frutos en el momento óptimo, la buena gestión del riego evitando encharcamientos y disminuir prácticas agrarias que levanten polvo del suelo de las fincas, especialmente en momentos próximos a la cosecha.

Objetivos

El objetivo general a alcanzar con la ejecución del presente proyecto es controlar de manera sostenible la pudrición ácida que afecta a la fruta de hueso y que es causada por *Geotrichum* spp. y levaduras del género *Pichia* spp. Para alcanzar este objetivo general, se plantean los siguientes objetivos:

1. Investigar la epidemiología de la enfermedad para determinar la presencia y capacidad de infección de los organismos causantes de la pudrición ácida, en función del momento fenológico y de los factores agroclimáticos.
2. Determinar la efectividad de las diferentes estrategias de interés para su aplicación en campo, que permitan controlar la enfermedad de manera sostenible.
3. Diseño y validación comercial de las distintas estrategias.

Descripción de las actuaciones llevadas a cabo en el proyecto

Las acciones realizadas en el GO-SourPeach se han clasificado en 3 actividades de acuerdo con los objetivos definidos en el proyecto:

1. Epidemiología de la enfermedad

- Objetivo específico 1.1. Determinar los factores epidemiológicos que afectan la incidencia y severidad de la enfermedad en fruta de hueso producida por los microorganismos que causan la pudrición ácida (*G. candidum* y *Pichia* spp.).
- Objetivo específico 1.2. Estudiar el consorcio de microorganismos que causan la pudrición ácida.
- Objetivo específico 1.3. Evaluar el riesgo de infección de fruta sana que llega a la central hortofrutícola debido a la presencia de inóculo en las líneas de confección.

2. Control de la pudrición ácida

- Objetivo específico 2.1. Evaluar la efectividad de los nuevos productos a escala comercial o señalados como efectivos en la bibliografía más reciente, que no se probaron en la anterior convocatoria (Geopeach), en estudios 'in vivo' de laboratorio.
- Objetivo específico 2.2. Estudiar la aplicación en campo de los productos potencialmente efectivos para el control de la pudrición ácida.
- Objetivo específico 2.3. Determinar la eficacia y viabilidad de las prácticas culturales aplicadas en campo para el control de la pudrición ácida.
- Objetivo específico 2.4. Estudiar la tecnología más efectiva para aplicar los productos potencialmente efectivos para el control de la pudrición ácida en postcosecha de fruta de hueso.
- Objetivo específico 2.5. Estudiar el tratamiento térmico basado en el baño de agua caliente a 60 °C durante 40 segundos para controlar la pudrición ácida en fruta de hueso.

3. Estrategia integrada para el control de la pudrición ácida

- Objetivo específico 3.1. Diseñar y estudiar la eficacia de una estrategia de control de acuerdo con todo el conocimiento generado en las líneas de investigación 1 y 2, donde se integrarán las acciones de campo y de postcosecha más efectivas para controlar la pudrición ácida.

Resultados finales y recomendaciones prácticas

- **Presencia de inóculo primario en el suelo:** Se detectaron conidios viables de *Geotrichum candidum* en la tierra de todos los campos y años evaluados, siendo la tierra la fuente de inóculo más importante.
- **Variación anual en la concentración de inóculo:** En 2024, la concentración de conidios en el suelo fue mayor que en 2023. Esta diferencia se atribuye a las condiciones climáticas; 2023 fue un año drásticamente seco, mientras que 2024 tuvo una pluviometría más cercana a la normal para la zona. El hongo necesita agua libre para desarrollarse, lo que explica esta variación.
- **Dispersión del inóculo a hojas y frutos:** La presencia de conidios en la superficie de las hojas y frutos comenzó a detectarse aproximadamente un mes antes de la cosecha. Esto sugiere que las condiciones meteorológicas y las prácticas agrícolas influyeron en la dispersión del inóculo desde el suelo hasta el árbol.
- **Baja incidencia de frutos afectados en campo y postcosecha:** El número de frutos con síntomas de pudrición ácida en campo fue bajo y se observó principalmente en los muestreos cercanos a la cosecha. No se encontró correlación entre los frutos afectados en campo y los afectados en postcosecha.
- **Ausencia de inóculo en otros órganos vegetales:** No se detectó presencia de conidios en las flores ni en los troncos de madera del suelo (inóculo primario), lo que indica que estos órganos no son fuentes significativas de inóculo.
- **Variación de la presencia de conidios viables según la profundidad del suelo:** En la capa superficial (0 cm) se encontró un amplio rango de conidios viables de *Geotrichum* spp. entre 0 y 265 conidios/g de tierra. Esto indica una alta variabilidad en la concentración de inóculo en la superficie del suelo.

Mientras que en los niveles de profundidad de 10 y 20 cm, también se detectaron conidios viables, pero la cantidad fue menor, oscilando entre 0 y 14 conidios/g de tierra.

- **Susceptibilidad de los frutos a la infección por pudrición ácida:** Aumenta significativamente en la última semana antes de la cosecha. Lo que sugiere que las medidas de control deben enfocarse especialmente en esta etapa final del ciclo fenológico para ser más efectivas.
- **Puesta a punto de metodología para infecciones artificiales:** Se determinaron las condiciones para conseguir infecciones artificiales, como la herida, incubación con humedad relativa alta y el inóculo proveniente de tejido macerado, el cual contiene enzimas pectinolíticas que favorecen la infección.
- **Sensibilidad varietal:** Se observó que, dentro de las variedades evaluadas, existe un patrón de sensibilidad a la pudrición ácida causada por *G. candidum*. Las variedades que se evaluaron por lo menos en dos años consecutivos y conservaron el mismo perfil de sensibilidad fueron: 1) Sensibles: 'Extreme July', 'Royal Summer' y 'Flat Reine'; 2) Tolerantes: 'Sweet Dream', 'Sweet Henry' y 'Rayan Sun'.
- **Consortio de microorganismos:** Se confirmó la importancia de que los tres actores (*G. candidum*, *P. kluyveri* y enzimas pectinolíticas) estén presentes para que la enfermedad pueda desarrollarse plenamente.
- **Riesgo de infección en líneas de clasificación:** La fruta sana que pasa por líneas de clasificación contaminadas con *G. candidum* puede infectarse y desarrollar la enfermedad durante su vida comercial, subrayando la importancia de aplicar buenas prácticas de profilaxis en las centrales frutícolas.
- **Eficacia de productos:** Los productos Beltasur, quitosan, Araw y Syllit Max obtuvieron buenos resultados en ensayos 'in vitro' reduciendo el inóculo a un 90%, estos resultados no se mantuvieron cuando se evaluaron en fruta.
- **Escalada a campo de productos eficaces para controlar la pudrición ácida:** Se evaluó la eficacia del producto Kitomani (quitosano de origen fúngico) de manera foliar, en campo. Se observó que la aplicación de quitosano no afectó los niveles de conidios *G. candidum* en el suelo, ni en hojas y frutos. De la misma manera, no se observó diferencias en la enfermedad en la postcosecha.
- **Prácticas culturales para el control de la pudrición ácida en campo para evitar la dispersión de inóculo del suelo a los frutos:** Las prácticas culturales que minimicen o eviten la dispersión de inóculo de *G. candidum* jugarán un papel crucial en el control de la enfermedad, ya que las condiciones meteorológicas y agrarias pueden favorecer la dispersión de los conidios. Los ensayos en condiciones de laboratorio con *Trichoderma asperellum* (T34) mostraron una reducción de los conidios de *G. candidum* a las temperaturas de 10 y 30°C, siendo del 80% y 50%, respectivamente, en tierra estéril y después de 2 días del tratamiento. Dicha eficacia disminuyó después de 7 días, manteniéndose hasta los 30 días. En condiciones de campo esta reducción no se pudo observar. De igual manera, los otros tratamientos evaluados no lograron reducir la presencia de inóculo de *G. candidum* en el suelo, hojas o frutos, así como la incidencia final de la enfermedad. El ácido peracético fue el producto de baja toxicidad con mejores resultados para reducir el inóculo en condiciones de laboratorio.
- **Productos efectivos en postcosecha:** No se dispone de productos suficientemente efectivos para controlar la pudrición ácida con una única aplicación en postcosecha, se propone tratar con quitosano en campo a través de un programa de aplicaciones
- **Agua a 60°C durante 40 segundos para el control de la pudrición ácida en postcosecha:** Esta estrategia no fue efectiva, de igual manera la combinación con desinfectantes no tuvo eficacia para el control de la enfermedad.
- **Estrategia integrada para el control de la pudrición ácida en campo:** La aplicación foliar de quitosano redujo el número de conidios viables en las hojas, sin embargo, la estrategia integrada con tratamientos foliares y de suelo no mostró resultados concluyentes, destacándose que la mejor estrategia para controlar la pudrición ácida es un buen manejo de la producción, especialmente evitando zonas de encharcamiento y realizando el aclarado de frutos en un momento lo

suficientemente temprano para que la fruta en el suelo pueda descomponerse y no actúe como fuente de inóculo que se disperse hacia la fruta en el árbol.

Conclusiones

- **Importancia del manejo del suelo:** La tierra es la principal fuente de inóculo de *Geotrichum candidum*, por lo que las prácticas culturales que minimicen la dispersión del inóculo del suelo a los frutos son cruciales para controlar la pudrición ácida.
- **Variabilidad climática y riesgo de infección:** La concentración de inóculo de *G. candidum* en el suelo varía según las condiciones climáticas, con mayores riesgos en años más húmedos. Esto resalta la necesidad de ajustar las estrategias de manejo en función del clima anual.
- **Susceptibilidad varietal y manejo del ciclo fenológico:** La susceptibilidad de los frutos a la pudrición ácida aumenta en la última semana antes de la cosecha, lo que sugiere que las medidas de control deben enfocarse en esta etapa crítica. Además, ciertas variedades muestran un patrón consistente de sensibilidad o tolerancia, lo que podría guiar la selección de cultivares más tolerantes.
- **Eficacia limitada de tratamientos actuales:** Aunque algunos productos mostraron eficacia en ensayos *in vitro* como *Trichoderma asperellum* (T34), no lograron reducir la incidencia de la enfermedad en condiciones de campo o postcosecha. El quitosano aplicado en campo, aunque prometedor en la reducción de inóculo en hojas, no mostró resultados concluyentes en el control general de la enfermedad. El ácido peracético, en cambio, demostró ser el producto con mejores resultados en condiciones de laboratorio para reducir el inóculo del suelo.
- **Estrategia integrada de manejo:** La mejor estrategia para controlar la pudrición ácida se basa en un manejo adecuado de la producción, evitando encharcamientos y realizando el aclarado temprano de frutos para prevenir la dispersión del inóculo.
- **Riesgo en postcosecha:** La fruta sana que pasa por líneas de clasificación contaminadas puede infectarse y desarrollar la enfermedad, subrayando la importancia de aplicar buenas prácticas de profilaxis en las centrales frutícolas.
- **Limitaciones en el control postcosecha:** No se encontraron tratamientos efectivos para controlar la pudrición ácida con aplicaciones únicas en postcosecha, se destaca la necesidad de explorar nuevas estrategias o combinaciones de tratamientos.
- **Valoración de nuevas estrategias:** El tratamiento con agua caliente a 60°C no fue efectivo para el control de la pudrición ácida. Los desinfectantes sí demostraron eficacia en el control del inóculo de *Geotrichum candidum*, lo que sugiere que estos productos pueden ser una herramienta valiosa en las estrategias de manejo postcosecha para reducir la incidencia de la enfermedad.

Líder del Grupo Operativo

ENTIDAD: AGROPECUARIA DE SOSES SCCL

Coordinador del Grupo Operativo

ENTIDAD: IRTA

Otros miembros del Grupo Operativo (no perceptores de ayuda)

ENTIDAD: GRUP COOPERATIU FRUITS DE PONENT SCCL

ENTIDAD: AGRICOLA ESPAX SL

ENTIDAD: BARO E HIJOS SL

ENTIDAD: PRODUCCIONS AGRARIES DE CAMP PAC SAT 1375 CAT

Ámbito/s territorial/s de aplicación

PROVINCIA/S	COMARCA/S
Lleida	El Segrià

Difusión del proyecto (publicaciones, jornadas, multimedia...)**Comunicación en congresos:**

- Congreso del International Congress of Plant Pathology – Lyon (Francia). “Re-emerging disease: The sour rot Irruption on peach production”. Erick Zúñiga, Neus Teixidó, Rosario Torres, Júlia Borràs, Josep Usall, Guillem Segarra, Carla Casals. Comunicación Oral, 23 de agosto del 2023.
- Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología 2024 – Córdoba. “ENFERMEDAD REEMERGENTE: IRRUPCIÓN DE LA PODREDUMBRE ÁCIDA EN FRUTA DE HUESO”. Casals Carla, Zúñiga Erick, Usall Josep, Borràs-Bisa Júlia, Plaza Pilar, Teixidó Neus. Comunicación Oral. 18 de septiembre del 2024.

Jornadas Técnicas:

- VI Jornada de Estudios Fruit.Net. Comunicación oral: “*Geotrichum* spp. en fruta de pinyol: què en sabem més?” Carla Casals, Lleida 18 de abril de 2023.
- XXVII Exposición de variedades de Durazno y Nectarina. Pudriciones de postcosecha que afectan a la fruta de hueso en el contexto del cambio climático. Carla Casals, Alcarràs, 31 de agosto del 2023.
- XXII Jornada Técnica de Postcosecha. “Podridura àcida causada per *Geotrichum* spp. en fruta de pinyol: de malaltia emergent a establerta (SOUR PEACH)”. Carla Casals. Programa Postcosecha del IRTA. Lleida 30 de mayo del 2024.
- I Encuentro del Programa de Postcosecha. “Control de la podridura àcida en fruta de pinyol en el context de sostenibilitat”. Carla Casals, Lleida 26 de abril del 2024.

Artículo de divulgación:

- Revista Postcosecha. “Puntos clave a considerar para el control de *Geotrichum* spp., una enfermedad reemergente que afecta en postcosecha de fruta de hueso”. Carla Casals, Pilar Plaza, María Sisquella, Erick Zúñiga, Júlia Borràs-Bisa, Rosario Torres, Josep Usall, Neus Teixidó.

Página web del proyecto

No aplica.

Otra información del proyecto

DATOS DEL PROYECTO	PRESUPUESTO TOTAL
Fecha de inicio: Julio 2021	Presupuesto total: 246.450,00 €
Fecha final: Septiembre 2024	Financiamiento DACC: 113.971,50 €
Estado actual: Finalizada	Financiamiento UE: 85.978,50 €
	Financiamiento propio: 46.500,00 €

Con el financiamiento de:

Proyecto financiado a través de la Operación 16.01.01 (Cooperación para la innovación) a través del Programa de desarrollo rural de Catalunya 2014-2020.

Orden ARP/113/2021, de 20 de mayo, por la que se aprueban las bases reguladoras de las ayudas a la cooperación para la innovación a través del fomento de la creación de grupos operativos de la Asociación Europea para la Innovación en materia de productividad y sostenibilidad agrícolas y la realización de proyectos piloto innovadores por parte de estos grupos, y Resolución ARP/1660/2021, de 27 de mayo, por la que se convoca la mencionada ayuda.



Generalitat de Catalunya
**Departament d'Acció Climàtica,
Alimentació i Agenda Rural**



**Fons Europeu Agrícola
de Desenvolupament Rural:**
Europa inverteix en les zones rurals