

La defensa natural de las plantas: nuevas herramientas para el control de enfermedades en hortícolas, frutales y vid

Los productos fitosanitarios con acción basada en la defensa natural de las plantas están cada vez más presentes en nuestra agricultura. Pese a que en el ámbito científico es algo estudiado desde hace más de 50 años, comercialmente están desarrollando mayor presencia en los últimos tiempos, abriéndose, pues, nuevas oportunidades en el control integrado de enfermedades en cultivos hortícolas, frutales y vid, obteniéndose eficacias similares o incluso mayores a los tratamientos estándar. La inducción de la defensa natural de las plantas es un proceso complejo, dependiente de las relaciones que se establecen entre el cultivo, el patógeno y el elicitador. La respuesta de defensa en las plantas depende de muchos factores como la propia sustancia activa, el órgano vegetal, el momento fenológico en el que se produce la inducción, la presencia o no de patógeno, etc. Pese a que el uso de productos basados en la defensa natural de las plantas no es nuevo, necesita de un mayor desarrollo, ya que en la actualidad solo están disponibles unos pocos agentes de control biológico a nivel comercial.

Gabriela Fernández-Mata,
Rafael Yanguas e
Ignacio Sánchez
AgrichemBio

Composición y funcionamiento de los productos que activan la defensa natural de los cultivos

Añadido a los ya existentes en el mercado, se aportan dos grupos nuevos de sustancias con acción elicitora:

1) Levadura alimentaria *Saccharomyces cerevisiae*

El término levadura es un nombre genérico que agrupa a una variedad de hongos, incluyendo tanto especies patógenas, como especies no solamente inocuas sino de gran utilidad en campos muy diferentes como la industria alimentaria o la investigación básica. Además de producirse en todos los ambientes, las levaduras tienen un enorme potencial como microorganismos antagonistas de muchos patógenos que afectan a la calidad del cultivo y a la conservación postcosecha.

Este es el caso de *Saccharomyces cerevisiae*, conocida como levadura de la cerveza o levadura del pan. Dados sus requisitos de cultivo poco exigentes y su seguridad para el agricultor y consumidor, muchos de estos hongos unicelulares han sido considerados como herramienta de biocontrol y ha sido registrada como ingrediente activo de distintos productos fitosanitarios para el control de enfermedades de los cultivos. En la actualidad, en España se encuentran autorizadas dos cepas de *S. cerevisiae*:

***Saccharomyces cerevisiae* LAS117**

Derivada de esta cepa, se obtiene un compuesto denominado Cerevisane®. Mediante un proceso específico se obtienen las paredes celulares de la levadura *S. cerevisiae*

cepa LAS117 sin sus componentes citoplasmáticos. Cerevisane® está constituido a base de quitina, mananos, glucanos y polímeros relativos (azúcares y proteínas), en común con los hongos patógenos. Cerevisane® está autorizado en la UE desde 2015 y aparece en el Reg. (CE) 540/11 como sustancia de bajo riesgo, sin residuos y compatible con agricultura ecológica y programas de manejo de resistencias.

Modo de acción. El modo de acción de los productos compuestos de Cerevisane® se basa en la activación de la defensa endógena de las plantas. Su aplicación produce la inducción de los genes de defensa PR1 y PR4, dependientes del ácido salicílico y del ácido jasmónico y etileno respectivamente, que están relacionados con las respuestas de defensa a los hongos patógenos y otros estreses, tanto a nivel físico como químico, y en particular son genes que codifican (i) enzimas involucradas en el metabolismo hormonal y respuestas vegetales relacionadas, (ii) compuestos de defensa como proteínas relacionadas con la patogénesis, (iii) metabolitos secundarios y (iv) procesos fotosintéticos. Por tanto, esta sobreexpresión de los genes tras el tratamiento lleva consigo un refuerzo de sistemas estructurales celulares (engrosamientos de lignina) que genera una barrera física directa, la estimulación de fitoalexinas (moléculas de bajo peso molecular con propiedades antimicrobianas ante un amplio espectro de hongos y bacterias patógenas) y una aceleración del metabolismo oxidativo de la planta, que conlleva el establecimiento de estrés oxidativo en las hojas (la producción de H₂O₂ es tóxica para los patógenos).



Foto 1. Hojas de vid afectadas por mildiu. A la izquierda, sin tratar; a la derecha, tratada con Cerevisane® tras once días de inoculación.

En un reciente artículo (de Miccolis y col., 2019) se describe detalladamente el modo de acción de Cerevisane® frente a mildiu, oídio y botrytis en vid. Una conclusión de gran importancia en esta publicación es el excelente control de mildiu (Foto 1) mediante un producto totalmente inocuo para el agricultor, el consumidor y el medioambiente.

Aplicación. Los formulados a base de Cerevisane®, al ser células de levadura no vivas, ofrecen las ventajas de la microbiología (eficacia, sin residuos, buen perfil para aplicador y medioambiente, mínimo estrés sobre el cultivo) pero sin sus limitaciones (restricción en mezclas, degradación por UV, dependencia de temperatura y humedad relativa, limitaciones en la conservación). La particularidad de su composición consigue que, al realizar el tratamiento en el cultivo, la planta se sienta atacada por un patógeno, activando su sistema interno de defensas de manera rápida y altamente efectiva. Tras su aplicación, el nivel de defensas aumenta rápidamente hasta alcanzar el máximo en las siguientes 24-48 h. El nivel defensivo se conserva 7-10 días, durante los cuales irá disminuyendo paulatinamente. Concatenando 2-3 aplicaciones, se consigue un efecto acumulativo de defensa.

Se recomienda especialmente en fases críticas del cultivo (tejidos jóvenes sin defensas), fechas proclives a la infección, fenología sensible a fitotoxicidad (floración, cuajado) o cerca de cosecha. Se aconseja en alternancia o mezcla con programas convencionales para disminuir la cantidad de residuos y el número de materias activas o en estrategias anti-resistencias.

Saccharomyces cerevisiae LAS02

Se trata del primer fitosanitario basado en levaduras vivas y representa una solución que ofrece resultados muy satisfactorios en campo, siendo compatible con una agricultura moderna, convencional, ecológica y sin residuos. La cepa LAS02 de *S. cerevisiae* ha sido seleccionada por su estabilidad y resistencia a temperaturas y pH extremos. Pese a que se desarrolla idealmente entre 20-25°C, puede resistir varios días de calor o frío extre-

mo. Tan pronto como las temperaturas vuelven a ser las ideales, la levadura reactiva su crecimiento en las zonas a proteger. Esta flexibilidad y adaptabilidad le confieren una gran capacidad colonizadora. Al ser un organismo vivo, es capaz de generar una defensa más completa, pero es sensible a las condiciones del entorno y su mezcla está desaconsejada con productos perjudiciales con la vida de la levadura.

Modo de acción. Como agente de control vivo, se instala y prolifera rápidamente sobre la superficie exterior de tejidos vegetales heridos derivados de ataques de insectos, granizo, viento, roce con las estructuras de conducción, manipulación, etc. De esta manera, por un lado, ayuda a cicatrizar rápidamente cerrando la vía de entrada a patógenos, y por otro lado, por colonización y competencia limita el desarrollo de hongos y bacterias patógenas, generando una barrera natural de defensa. LAS02 actúa preventivamente, dado que su velocidad de desarrollo le permite establecerse con anterioridad a las infecciones por patógenos, siendo capaz de sobrevivir en rangos de temperatura y pH más amplios.

Aplicación. Para conseguir un óptimo resultado, la levadura debe establecerse antes que el organismo patógeno. Dado su efecto colonizador-cicatrizante, se aconseja realizar las aplicaciones coincidiendo con la aparición de lesiones por caída de estructuras florales durante la floración-cuajado, ataques de insectos, granizo, manipulación en cosecha, cortes de poda, etc.: 1) tras la aparición de heridas por granizo o *Lobesia* en la prevención de botrytis y podredumbre ácida en viña 2) tras las lluvias para prevenir las fases de contaminación en el campo 3) en aplicaciones tardías al final de campaña buscando protección postcosecha (Figura 1).

II) Hongo micoparásito *Pythium oligandrum*

Pythium oligandrum es un hongo oomicete del suelo asociado al ecosistema radicular. Es un micoparásito obligatorio de más de veinte géneros de hongos patógenos de interés agrícola como *Botrytis*, *Sclerotinia*, *Phytophthora*,



Foto 2. Fresas afectadas por botrytis. A la izquierda, sin tratar; a la derecha, tratada con *Pythium oligandrum* tras cuatro días de inoculación.

Sphaeroteca, *Fusarium*, *Alternaria*, *Verticillium*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, etc. En concreto, *P. oligandrum* M1 (DV74) es un biofungicida incluido en la lista de sustancias activas del Reg. (CE) 540/11, por el que se aplica el Reg. (CE) 1107/09 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta a la comercialización de productos para la protección de plantas.

Modo de acción. *Pythium oligandrum* actúa a cuatro niveles sobre el cultivo: (i) efecto curativo-erradicante por micoparasitismo: penetra dentro del tejido del hongo patógeno del cual obtiene energía y alimento; (ii) antibiosis: coloniza el tejido vegetal restando espacio y alimento a los patógenos; (iii) efecto bioestimulante sobre raíces y parte aérea del cultivo, al contrario que como suele ocurrir con varios antibióticos de síntesis que deprimen el cultivo; (iv) inducción de la defensa natural de las plantas: *P. oligandrum* es capaz de generar diferentes metabolitos secundarios como la proteína oligandrin, que actúa como potente elicitador frente a multitud de patógenos. Su presencia y contacto con el cultivo activa las rutas metabólicas del etileno y del ácido jasmónico responsables de que la propia planta produzca cambios morfológicos y bioquímicos beneficiosos para su defensa a partir de la restricción del crecimiento y viabilidad del patógeno.

En la actualidad, están autorizados los tratamientos foliares con acción de parasitismo directo aunque próximamente estarán registradas las aplicaciones radiculares en las cuales el efecto de inducción de resistencia juega un papel fundamental: en una reciente publicación, los investigadores franceses Yacoub y col. (2016), mediante la inoculación del hongo *P. oligandrum* en la raíz de plantas jóvenes de *V. vinifera* L. cv. Cabernet-Sauvignon, observaron una reducción del 40-50% en la necrosis producida por el hongo de la madera de la vid *Phaeomoniella chlamydospora* (necrosis alrededor del 80% en plantas no tratadas).

Aplicación. En el control de botrytis se recomienda aplicar preventivamente durante los periodos de mayor sensibilidad a la enfermedad (1: floración-cuajado y 2:

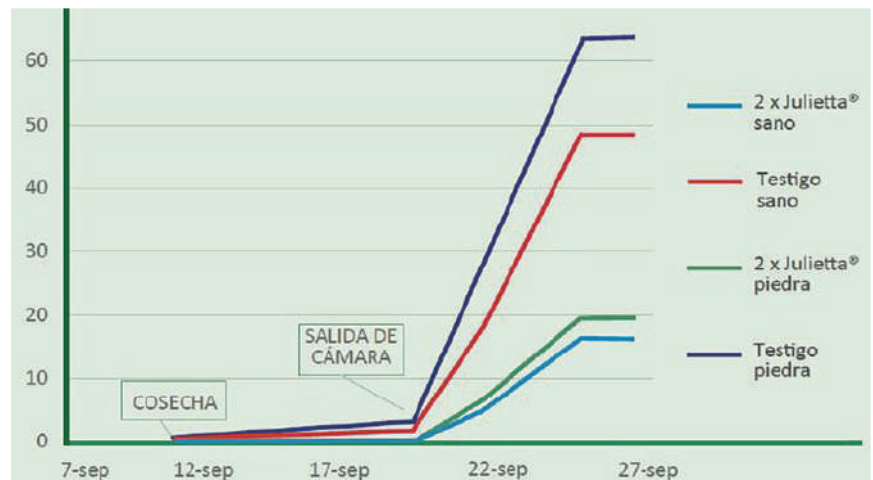


Figura 1. Porcentaje de incidencia de Monilia en nectarina en ensayos EOR en España (2018) (AgrichemBio).

maduración), consiguiendo una buena cobertura de los órganos sensibles a proteger. Dado que está libre de plazo de seguridad, puede aplicarse el mismo día de recolección con buena eficacia postcosecha en el control de podredumbres (Foto 2).

Formulados disponibles en España

La empresa española AgrichemBio incluye esta campaña en su catálogo tres productos, eficaces y polivalentes que basan su acción en la defensa natural de las plantas contra un amplio rango de patógenos (Tabla 1).

a) Ejemplos de posicionamiento en distintos cultivos LAS117 (Cerevisane®) en cucurbitáceas

Se recomiendan realizar tres aplicaciones cada 7-10 días a una dosis de 500 g/ha. Pasados unos veinte días, retomar las aplicaciones hasta un máximo de ocho. Se puede utilizar en mezcla o en alternancia con químicos, azufre o cobre, según la presión. De esta forma, se consigue una mejora de las eficacias del programa, una reducción de las cantidades de productos químicos empleados y una reducción de los residuos en cosecha.

b) LAS02 en fruta de hueso contra *Monilia* spp.

Se puede utilizar en programas mixtos junto con un fungicida convencional, o por sí sola en un programa de agricultura ecológica. Se recomienda aplicar en todos los

PRODUCTO	COMPOSICIÓN	CULTIVOS	PATÓGENOS
ACTILEAF® (Nº reg. fitosanitario: ES-00519)	Cerevisane® <i>Saccharomyces cerevisiae</i> LAS117	VID	Mildiu Oídio <i>Botrytis cinerea</i>
		TOMATE, BERENJENA, FRESAL	<i>Botrytis cinerea</i>
		CUCURBITÁCEAS	Oídio
		LECHUGA Y SIMILARES	<i>Bremia lactucae</i>
JULIETTA® (Nº reg. fitosanitario: ES-01080)	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> LAS02	ALBARICOQUERO, CIRUELO, MELOCOTONERO, NECTARINO	<i>Monilia</i>
		ARÁNDANO, MIRTILO, FRAMBUESO, ZARZAMORA, GROSELLERO, ARBUSTOS FRUTALES, FRESAL, TOMATE, BERENJENA, PIMIENTO, VID	<i>Botrytis cinerea</i>
POLYVERSUM® (Nº reg. fitosanitario: ES-00502)	<i>Phytium oligandrum</i>	VID Y UVA DE MESA, FRESA ESPÁRRAGO, CARDO, ORNAMENTALES	<i>Botrytis cinerea</i>
		HORTALIZAS DE HOJA, BERROS DE AGUA, ENDIVIAS, PUERROS, BORRAJAS, HIERBAS FRESCAS Y FLORES COMESTIBLES, TOMATE, PIMIENTO Y BERENJENA JUDÍA VERDE	<i>Botrytis cinerea</i> <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>
		PEPINO CALABACIN	Oídio <i>Botrytis cinerea</i> <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>

Tabla 1. Formulados comercializados en España basados en la defensa natural de las plantas.

órganos que necesiten ser protegidos justo después de un período de riesgo: el desarrollo de los frutos (BBCH 71 a 79) y en proximidad a la recolección (BBCH 87). La dosis única es de 2,5 kg/ha, con un máximo de seis aplicaciones, y un intervalo de seis horas antes de volver a entrar dentro del campo. Siendo un microorganismo favorecido por la riqueza de azúcares en el fruto y sin plazo de seguridad, son de especial interés las aplicaciones previas a recolección.

c) *Pythium oligandrum* en vid y uva de mesa contra botrytis

Como antibottrítico singular preventivo-curativo, debe posicionarse al final de floración, cierre de racimo, envero y previo a la recolección a una dosis entre 150-250 g/ha (según el momento y la presión). Siendo un microorganismo con interesante acción curativa y sin plazo de seguridad, son de especial interés las aplicaciones previas a recolección.

Bibliografía

de Miccolis, Milvia & Rotolo, Caterina & Gerin, Donato & Abate, Domenico & Pollastro, Stefania & Faretra, Francesco. (2019). Global transcriptome analysis and differentially expressed genes in grapevine after application of the yeast-derived defense inducer cerevisane: Grapevine resistance induced by cerevisane. *Pest Management Science*. 75. 10.1002/ps.5317.

Yacoub, Amira & Gerbore, Jonathan & Magnin, Noel & Chambon, P. & Dufour, Marie Cecile & Marie-France, Corio-cosset & Guyoneaud, Rémy & Rey, Patrice. (2016). Ability of *Pythium oligandrum* strains to protect *Vitis vinifera* L., by inducing plant resistance against *Phaeoaniella chlamydospora*, a pathogen involved in Esca, a grapevine trunk disease. *Biological Control*. 92. 10.1016/j.biocontrol.2015.08.005.