

Prácticas agronómicas para el control de la mancha ocre del almendro

Eficacia de distintos productos químicos, de la aplicación de urea y de la eliminación de hojarasca.

El almendro se considera actualmente el fruto seco más importante a nivel mundial, con una producción global de 3,52 millones de toneladas de almendra en cáscara en 2023 (FAO 2025; INC 2023). Entre los principales países productores de las últimas décadas se encuentran Estados Unidos y Australia, donde la mayoría de las plantaciones se gestionan en regadío. Por el contrario, en la cuenca mediterránea y las regiones de Oriente Medio el almendro se ha cultivado tradicionalmente en condiciones marginales de secano. Para paliar los bajos rendimientos atribuidos a este enfoque tradicional, el sector se enfrenta actualmente al reto de la transición de los sistemas tradicionales de secano a sistemas de regadío más tecnificados e intensivos (Miarnau *et al.* 2018; Iglesias *et al.* 2021). España ocupa el tercer lugar en producción mundial y el primer lugar en superficie de cultivo, con unas 760.000 ha (32,3 %) (FAO, 2025). Sin embargo, la incorporación del riego y la mayor intensificación de las plantaciones, junto con las condiciones climáticas de las nuevas zonas de cultivo y la adopción de nuevas variedades susceptibles a enfermedades, han venido acompañadas del aumento de la incidencia de algunas enfermedades, como la antracnosis, el chancro de la madera y la mancha ocre (Ollero-Lara *et al.*,

Laura Torguet¹, Lidia Aparicio¹, Gemma Pons², Jordi Luque² y Xavier Miarnau¹.

¹ IRTA-Programa de Fruticultura. Parc de Gardeny-Edifici Fruitcentre. Lleida.

² IRTA-Programa de Protección de cultivos. Cabriels.

El primer objetivo de este estudio fue evaluar la eficacia de distintos productos químicos en cuanto a la reducción de la producción de esporas de *P. amygdalinum* en hojarasca infectada. En segundo lugar, se evaluó el efecto de diferentes prácticas agronómicas, como la eliminación de la hojarasca y la aplicación de urea, sobre la dinámica del inóculo en el aire y la posterior incidencia y severidad de la mancha ocre en condiciones reales de cultivo.



Foto 1. Síntomas de *Polystigma amygdalinum* en hojas, en una rama de la variedad Tarraco en Vilagrassa (Lleida), finca donde se realizaron los ensayos.



Foto 2. Hojas afectadas por mancha ocre recolectadas de la finca de Borges (izquierda) para el ensayo de productos. Colocación de las hojas en el interior de las bolsas de malla (derecha).

2019; López-Moral *et al.*, 2020; Beluzán *et al.*, 2022).

La mancha ocre, causada por el hongo *Polystigma amygdalinum*, es actualmente una de las enfermedades foliares que afectan al cultivo del almendro con más incidencia en las regiones mediterráneas y de Oriente Medio (Cannon 1996; Farr y Rossman 2023), y que recientemente también se ha detectado en California (Trouillas *et al.* 2025). El patógeno hiberna en las hojas secas (hojarasca) del almendro, donde se desarrollan las esporas. En primavera, en condiciones favorables de temperatura y humedad, las esporas maduras se liberan, dispersándose por el aire para finalmente infectar las hojas nuevas (Banihashemi 1990; Pons-Solé *et al.* 2023). Después de la infección, tras un periodo de incubación que puede variar entre 5 y 10 semanas (Banihashemi 1990; Zúñiga *et al.* 2020), aparecen los primeros síntomas.

Los síntomas iniciales se manifiestan como manchas amarillentas en ambas caras de la hoja, que posteriormente evolucionan a tonos naranja-rojizos a medida que el tamaño de las lesiones aumenta (**foto 1**). Como resultado, pueden provocar una defoliación temprana del árbol, lo que disminuye la actividad fotosintética y puede afectar el rendimiento del cultivo (Cannon 1996; López-López *et al.* 2016).

La mancha ocre se considera una enfermedad monocíclica, en la que la única fuente del inóculo de la enfermedad lo constituyen las esporas que se forman en las hojas caídas al suelo del año anterior (Habibi y Banihashemi 2016; Pons-Solé *et al.* 2024).

Aunque se han descrito diferentes niveles de susceptibilidad a la mancha ocre entre variedades de almendro (Egea *et al.*, 1984; Heydarian y Moradi, 2005; Olle-ro-Lara *et al.*, 2019; Miarnau *et al.*, 2021), hasta la fecha no se han identificado variedades completamente resistentes a la enfermedad. En consecuencia, su control actualmente depende en gran medida de la protección de los almendros mediante aplicaciones preventivas de fungicidas. En este sentido, varios estudios han evaluado la eficacia de diferentes fungicidas (Banihashemi, 1990; Amanifar, 2017; Torguet *et al.*, 2022). Con el objetivo de optimizar la estrategia del control de la enfermedad, reduciendo el número de aplicaciones sin aumentar significativamente la incidencia de mancha ocre, Pons-Solé *et al.* (2024) desarrollaron recientemente un modelo epidemiológico para predecir la cantidad de esporas de *P. amygdalinum* presente en el aire basándose en variables meteorológicas. Con el modelo, se logró una reducción de aproximadamente el 50% en las aplicaciones de fungicidas, con solo un

ligero aumento (3%) en la incidencia de la enfermedad en comparación con un programa de fungicidas estándar basado en un calendario fijo. También se ha trabajado en la reducción de la fuente de inóculo patógeno mediante prácticas agronómicas (Lin y Szeinberg, 1993; Cannon, 1996; Almacellas, 2014; López-Moral *et al.*, 2023) como la quema, el enterrado o la eliminación física de la hojarasca y el tratamiento de esta con urea cristalina para acelerar su descomposición. Recientemente, López-Moral *et al.* (2023) evaluaron el uso de dos hongos saprófitos (*Myrothecium inundatum* y *Fusarium oxysporum*) como alternativa biológica para reducir el inóculo de *P. amygdalinum* en la hojarasca, con resultados interesantes para producción ecológica.

La investigación sobre la eficacia de dichas prácticas para reducir el inóculo de *P. amygdalinum* se ha centrado hasta la actualidad en evaluar su efecto sobre la presencia de esporas en la hojarasca, pero no se ha considerado la posterior dispersión aérea e infección ni el resultado de estas prácticas en los árboles donde se aplicaron. El conocimiento sobre la eficacia de estas prácticas agronómicas, junto con su aplicación práctica, podría contribuir a reducir el uso de fungicidas y mejorar además el rendimiento en los sistemas de producción integrados.

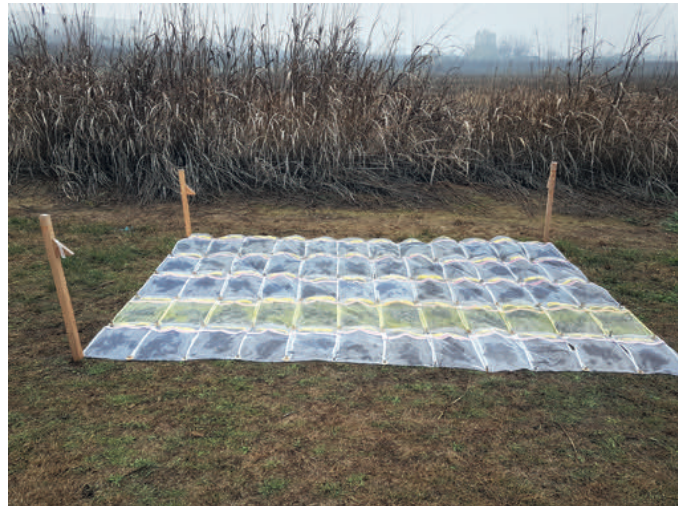


Foto 3. Tratamiento de las bolsas con pulverización manual (izquierda). Disposición final de las bolsas con hojas tratadas en el campo de ensayo de Borges (derecha).

Objetivo

El primer objetivo de este estudio fue evaluar la eficacia de distintos productos químicos en cuanto a la reducción de la producción de esporas de *P. amygdalinum* en hojarasca infectada. En segundo lugar, se evaluó el efecto de diferentes prácticas agronómicas, como la eliminación de la hojarasca y la aplicación de urea, sobre la dinámica del inóculo en el aire y la posterior incidencia y severidad de la mancha ocre en condiciones reales de cultivo.

Material y métodos

Los ensayos se realizaron entre los años 2020 y 2023 en dos fincas de almendro ubicadas en el noreste de España, donde la mancha ocre se presenta de forma natural (Miarnau *et al.*, 2021). La primera finca estaba situada en Les Borges Blanques (Lleida) (en adelante Borges). Esta es una parcela experimental propiedad del IRTA que fue plantada en 2009 con 21 variedades injertadas sobre el portainjerto INRA GF 677, con una formación en eje central y con un marco de plantación de 4 × 2 m. La segunda finca estaba ubicada en Vilagrassa (Lleida) y era una parcela comercial de la variedad Tarraco, injertada también sobre INRA GF 677. Esta se

plantó en 2007, con una formación en vaso tradicional y un marco de plantación de 7 × 6 m. Ambas fincas contaban con riego por goteo y se gestionaban siguiendo las prácticas de la Producción Integrada (BOE, 2002). No se aplicaron tratamientos fungicidas durante el periodo experimental en ninguna de las dos parcelas.

Ensayo 1: evaluación de diferentes fungicidas

En el primer ensayo se evaluó la eficacia de diferentes productos químicos en la reducción de la producción de esporas de *Polystigma amygdalinum*.

En el mes de diciembre de los años 2021 y 2022 se recolectaron, en la parcela de Borges, lotes de 60 hojas caídas al suelo y con síntomas de la enfermedad, pertenecientes a distintas variedades. Las hojas se dispusieron en bolsas de malla de 30 × 40 cm (foto 2), se etiquetaron individualmente y se trataron por separado con cuatro productos químicos: urea cristalina 46% a la dosis de 100 g/l, dodina 54,4% a la dosis de 3 g/l, precursor de dióxido de cloro 40% NaHSO₄ + 24% NaClO₂ a la dosis de 0,06 g/l (en adelante denominado NaClO₂), y polisulfuro de calcio del 38% a la dosis de 125 g/l. Además, se incluyó un grupo control, cuyas hojas se trataron con agua del grifo únicamente. Todos los productos se aplicaron

utilizando un pulverizador manual (foto 3). Se preparó un total de 20 bolsas, que representaban los cinco tratamientos con cuatro réplicas por combinación.

Las bolsas se colocaron en el suelo de la finca de Borges y posteriormente, en mayo, se llevaron al laboratorio para su análisis. De cada bolsa, se tomaron las hojas, se secaron y se molieron separadamente para preparar una suspensión homogeneizada en agua estéril. La presencia de esporas de *P. amygdalinum* en las suspensiones se cuantificó mediante el recuento de esporas con la ayuda de un microscopio (×250) y un hemocitómetro (cámara de Neubauer). La concentración de esporas se expresó como el número estimado de esporas por gramo de peso de hoja seca (esp/g).

Ensayo 2: eficacia de diversas prácticas agronómicas

En el siguiente ensayo se evaluó la eficacia de diferentes prácticas agronómicas en la reducción de la producción de esporas de *Polystigma amygdalinum* y la incidencia de la enfermedad en campo.

En los años 2020 y 2022, la finca de Vilagrassa se dividió en tres parcelas, en las que se realizaron separadamente distintos tratamientos para el control de la producción y liberación de esporas de *P. amygdalinum* en el ambiente. En el invier-



Foto 4. Vistas de las hileras de árboles de la parcela control (izquierda), sin tratamiento alguno, y de la parcela en la que se eliminaron las hojas del suelo durante el periodo invernal (derecha).

no anterior a dichas campañas, en una de las parcelas experimentales se retiró la hojarasca del suelo por aspiración; en otra se realizó una aplicación de urea cristalina sin biuret a la dosis de 25 g/l sobre las

hojas afectadas, tanto del suelo como del árbol, y la tercera parcela fue un control sin tratamiento (**foto 4**). Cada tratamiento se aplicó en una parcela de aproximadamente 1,6 ha, con unos 400 árboles.

En cada parcela se instaló un captador de esporas presentes en el aire (**foto 5**). Estas trampas de esporas estuvieron operativas desde la primera semana de abril hasta principios de junio de cada

Citripar

Avispa parasitoide *Anagyrus vladimir*

Control biológico de cotonet en cítricos

- ✓ Sin resistencias
- ✓ Sin residuos
- ✓ Sin plazo de seguridad

campaña, ya que la mayoría de las esporas de *P. amygdalinum* se liberan durante este período en la región (Pons-Solé *et al.* 2023, 2024). De esta forma, se obtuvieron las concentraciones diarias y semanales de esporas de *P. amygdalinum* presentes en el ambiente (expresadas como esporas por metro cúbico y día [esp/m³]) para cada uno de los tratamientos y se compararon entre estos.

Para asegurarse que estas prácticas eran útiles para la reducción de la enfermedad en campo, también se evaluaron los síntomas de la enfermedad en hoja a finales de julio (2020) o a principios de agosto (2022) en nueve árboles cercanos a cada trampa de esporas. De cada árbol se seleccionaron arbitrariamente 30 hojas de brotes nuevos, considerando diferentes orientaciones y alturas. La incidencia y la severidad de la enfermedad se evaluaron visualmente. Las hojas se clasificaron según el porcentaje estimado de superficie foliar afectada en las clases siguientes: clase 0 (0% de superficie foliar afectada), 1 (1%-10%), 2 (11%-20%), 3 (21%-50%) y 4 (>50%). La incidencia de la enfermedad se calculó como la proporción de hojas que presentaban al menos una lesión reconocible de la enfermedad respecto al total de hojas analizadas. La severidad de la enfermedad se calculó a partir del porcentaje medio de superficie foliar afectada.

Resultados

A continuación se detallan los resultados de los dos ensayos descritos en el apartado anterior.

Ensayo 1. Evaluación de la eficacia de diferentes productos químicos

Las observaciones microscópicas realizadas revelaron la presencia de esporas de *P. amygdalinum* en todas las muestras de hojas tratadas con los diferentes productos químicos, tanto en 2022 como en 2023 y para todos los tratamientos. En general y salvo excepciones, las cantidades de



Foto 5. Vista de un captador de esporas situado en el centro de un área tratada en la finca de Vilagrassa.

esporas en 2022 fueron mayores que en 2023.

Al analizar los datos combinados correspondientes a los dos años de experimentación, tan solo la urea y el polisulfuro de calcio redujeron significativamente las concentraciones de esporas con respecto al control (**figura 1**). En concreto, la urea redujo significativamente la producción de esporas en más de un 99%, mientras que el polisulfuro de calcio lo hizo en un 94%. Mientras que la cantidad media de esporas en el tratamiento control fue de 1.807.000 esp/g, el tratamiento de urea resultó en poco menos de 17.000 esp/g y el de polisulfuro en unas 114.000 esp/g (**figura 1**).

Ensayo 2. Evaluación de la eficacia de diferentes prácticas agronómicas

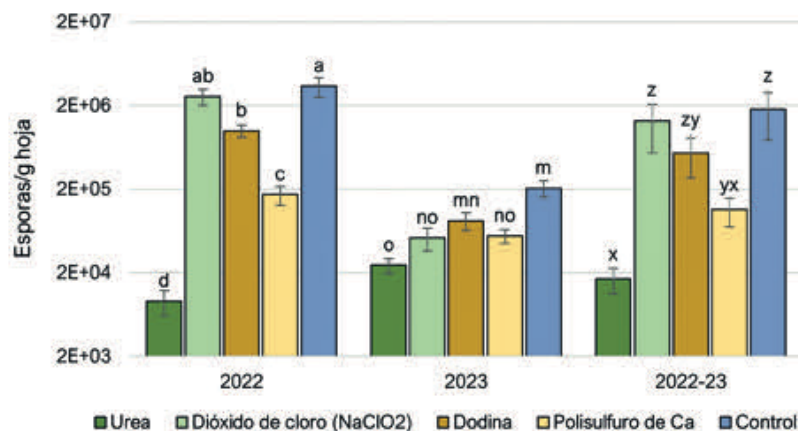
En 2020 y 2022 se cuantificaron las esporas de *P. amygdalinum* presentes en el aire para las tres prácticas de cultivo evaluadas. Los valores totales acumulados de las concentraciones diarias de esporas para el control sin tratamiento en 2020 fueron de 502 esp/m³, seguido del tratamiento con urea, con 307 esp/m³ y de solo 2 esp/m³ para el tratamiento donde se eliminaron las hojas. En general, las cantidades de esporas capturadas

en 2022 fueron mayores que las de 2020. Los valores totales acumulados de las concentraciones diarias de esporas para el control sin tratamiento fueron 2.327 esp/m³, para el tratamiento con urea, 1.273 esp/m³, y para el tratamiento de eliminación de hojas de 1.151 esp/m³, comparable al del tratamiento con urea. El detalle de los datos acumulados semanalmente y su evolución para cada una de las temporadas del cultivo se detallan en la **figura 2**.

Al combinar los datos de 2020 y 2022, los valores medios de las concentraciones semanales de esporas entre las semanas 15 y 23 fueron de 180 esp/m³ en el control sin tratamiento, 99 esp/m³ en el tratamiento de urea, y 72 esp/m³ en el tratamiento de eliminación de la hojarasca. Solo se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento control y el de eliminación de la hojarasca (**figura 3**).

En 2020 y 2022 se evaluaron además los síntomas de mancha ocre en los árboles de los distintos tratamientos. En 2020, los valores medios de incidencia de la enfermedad oscilaron entre el 95% (urea) y 99% (control y eliminación de hojarasca). Los valores medios de severidad de mancha ocre para la misma temporada oscilaron entre el 42% (control) y 44%

FIG. 1 Cantidad media de esporas de *Polystigma amygdalinum*, expresada como esporas por gramo de peso seco de hoja.



Se analiza su efecto sobre hojas secas con síntomas de mancha ocre tratadas con distintos productos químicos y recolectadas en mayo de las temporadas de 2022 y 2023 (datos combinados de ambas campañas de cultivo). Las letras diferentes indican diferencias significativas de los valores medios según la prueba de Tukey-Kramer ($p < 0,05$). Las barras de error indican el error estándar de la media.

(sin hojarasca). Si bien se detectaron diferencias estadísticamente significativas en términos de incidencia de la enfermedad

entre el tratamiento con urea y el resto de los tratamientos, no ocurrió lo mismo en el caso de la severidad, sin diferencias

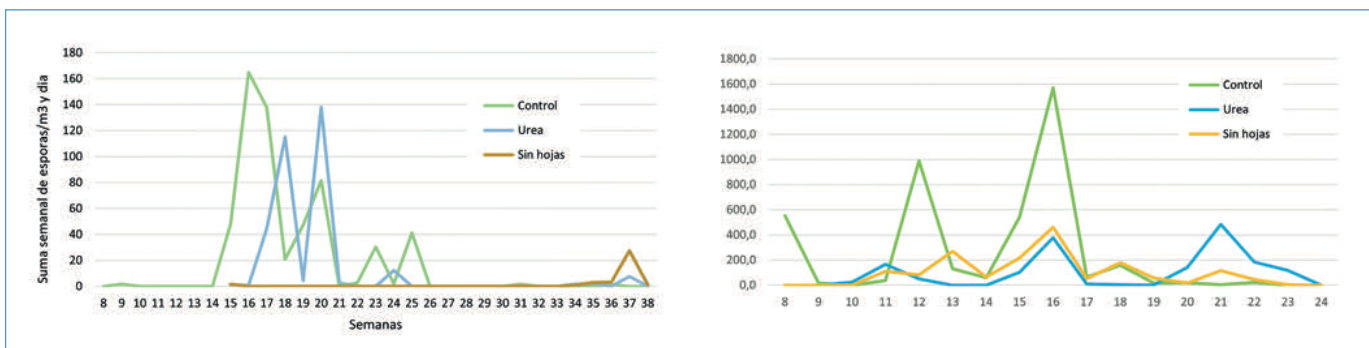
entre tratamientos. En 2022, los valores medios de la incidencia de la mancha ocre oscilaron entre el 86% (sin hojarasca y urea) y 90% (control), mientras que la severidad de la enfermedad osciló entre el 28% (sin hojas) y el 32% (urea). No se detectaron diferencias significativas entre tratamientos en ninguna de las dos variables analizadas.

Al combinar los datos de 2020 y 2022 (figura 4), la incidencia media de la mancha ocre osciló entre el 91% (urea) y el 94% (control), y la severidad de la enfermedad entre el 36% (sin hojarasca) y el 37% (urea). Se observó una reducción significativa en la incidencia de mancha ocre en el tratamiento con urea en comparación con el control. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a la severidad de la enfermedad.

AGROMÉTODOS

Aliado estratégico para tus cultivos



FIG. 2 Detalle de los datos acumulados semanalmente y su evolución para cada una de las temporadas del cultivo.

Discusión

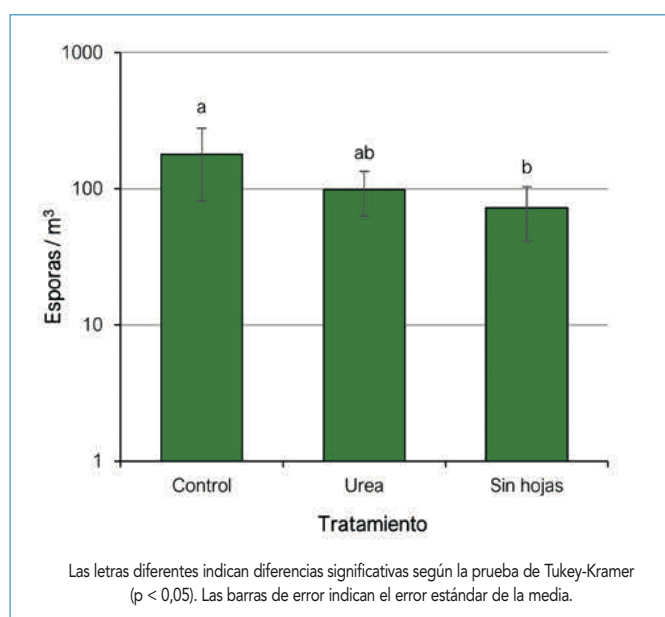
De los cuatro productos analizados para la reducción de esporas de *P. amygdalinum* en la hojarasca del suelo, la urea, con un 99% de eficacia, y el polisulfuro de calcio, con un 94%, redujeron significativamente la producción de esporas del patógeno. Estos hallazgos coinciden en parte con lo reportado en un estudio reciente realizado en España a pequeña escala, en el que se determinó que la urea era el producto más eficaz para reducir el inóculo primario de la mancha ocre (López-Moral *et al.*, 2023). En este contexto, las aplicaciones invernales de urea en campo podrían constituir una práctica agronómica recomendable para iniciar la campaña con una menor presión de la enfermedad sobre las hojas nuevas del siguiente ciclo vegetativo.

En nuestro primer ensayo, la dosis empleada para alcanzar estos resultados sería la equivalente a tratar con 100 kg de urea por hectárea. La aplicación práctica de urea en campo a dicha concentración presentaría ciertas dificultades operativas. La urea es un compuesto corrosivo que tiende a precipitar fácilmente cuando se emplea agua fría como solvente, una condición común durante el invierno. Por

ello, sería fundamental disolver el producto lentamente y mantener una agitación constante durante su preparación. Asimismo, tras la aplicación, se recomendaría una limpieza minuciosa del atomizador para evitar la corrosión de sus componentes metálicos. Cabe destacar que, en casos donde se produce la precipitación del producto en el equipo y se realiza la aplicación con una concentración excesiva, pueden producirse quemaduras en las yemas de los árboles. Estas se manifiestan comúnmente con un halo rojizo

circundante y pueden provocar su caída, lo que se traduce en una reducción tanto del desarrollo vegetativo como de la producción futura.

La aplicación de urea representaría una estrategia prometedora para el control de la mancha ocre, siempre que se realice bajo condiciones adecuadas y con las precauciones técnicas necesarias. Más adelante volveremos sobre el tema cuando se comenten los resultados del ensayo en parcela.

FIG. 3 Concentración media diaria acumulada de esporas de *Polystigma amygdalinum* en el aire en función de diferentes prácticas agronómicas en 2020 y 2022 (datos combinados).

En cuanto al ensayo en condiciones de campo, las dos prácticas evaluadas (urea y eliminación de la hojarasca) resultaron en una reducción parcial tanto de las esporas aéreas de *P. amygdalinum* como de la incidencia de la enfermedad. Aun así, tan solo la eliminación de las hojas redujo significativamente el número de esporas capturadas, mientras que la urea causó una disminución significativa en la incidencia de la enfermedad, aunque solo en un ligero 4%. No obstante, este estudio es el primero en demostrar una reducción parcial en la incidencia de la mancha ocre mediante la aplicación de distintas prácticas de cultivo en fincas comerciales de almendro. En otros estudios



SERGOMIL® L60

Neoestim

EL COBRE INTELIGENTE

BIOESTIMULANTE A BASE DE DERIVADOS DE SACAROSA Y COBRE SISTÉMICO



servalesa®



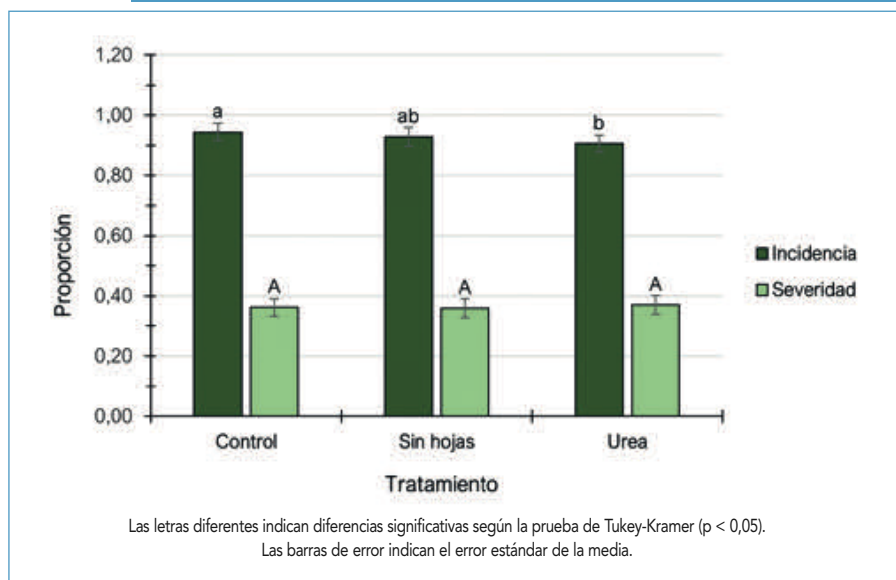
de campo, la urea ha demostrado ser útil para el manejo del moteado del manzano (Beresford *et al.*, 2000). De igual manera, se demostró que la eliminación de la hojarasca redujo eficazmente el inóculo primario del moteado del manzano, con reducciones significativas tanto de las esporas del ambiente como de la incidencia de la enfermedad (Gómez *et al.*, 2007; Boualleg *et al.*, 2024).

En general los resultados obtenidos indican que la urea podría ser un producto eficaz para reducir la presión del inóculo primario de la mancha ocre. Al disminuir la cantidad de esporas de *P. amygdalinum* y limitar la presencia del hongo en la hojarasca, el tratamiento de urea podría ayudar a disminuir las esporas de *P. amygdalinum* en el aire, así como la incidencia general de la enfermedad. Sin embargo, en condiciones de campo, esta reducción en las esporas podría no ser suficiente para disminuir significativamente la severidad de la enfermedad, como se observó en nuestro estudio.

Aunque las parcelas experimentales tenían un área promedio de 1,6 ha y los captadores de esporas se colocaron aproximadamente en el centro de cada parcela, tan solo se observaron pequeñas reducciones en las distintas variables analizadas. No se observaron diferencias importantes en la incidencia y severidad de la enfermedad entre tratamientos.

Estos resultados sugieren que el inóculo infeccioso del patógeno podría haberse originado en campos adyacentes donde la enfermedad ya estaba presente, como se confirmó visualmente más tarde, por parte de esporas con un alto potencial de dispersión a larga distancia. Si la dispersión a larga distancia de las esporas de *P. amygdalinum* fuera la causa de la alta incidencia de la enfermedad en los tratamientos estudiados, cabría subrayar la necesidad de llevar a cabo un manejo agronómico a escala regional para reducir eficazmente la presión del inóculo patógeno

FIG. 4 Incidencia y severidad media de la mancha ocre en función de diferentes prácticas agronómicas (datos combinados de 2020 y 2022).



no en el ambiente.

Otro factor importante es que las concentraciones de esporas observadas en nuestro ensayo, aunque sean bajas, pueden haber sido suficientes para desencadenar el desarrollo de los síntomas de la enfermedad en todas las parcelas de tratamientos. Esto podría atribuirse a las altas concentraciones iniciales de esporas originadas en parcelas adyacentes o a la posibilidad de que incluso niveles bajos de esporas sean suficientes para causar síntomas en el campo.

Otra diferencia clave entre los dos experimentos presentados en este estudio radica en la dosis de urea utilizada. En la evaluación preliminar de los productos químicos, una mayor concentración de urea (100 g/l, equivalente a unos 100 kg/ha) redujo notablemente la producción de esporas. Por el contrario, en el ensayo de campo se utilizó una concentración menor (25 g/l), para evitar problemas en la aplicación como los comentados anteriormente, lo que no generó resultados comparables. Estos hallazgos sugieren que podrían requerirse mayores concentraciones de urea en campo para lograr un control eficaz de las esporas, pero te-

niendo cuidado de no llegar a valores que puedan suponer un problema técnico en su aplicación.

A modo de conclusión, los resultados de este estudio proporcionan una información valiosa para contribuir a una mejor gestión del inóculo primario de *P. amygdalinum* en fincas comerciales de almendro. Sin embargo, es importante destacar la complejidad del control de la mancha ocre en condiciones de campo utilizando únicamente prácticas agronómicas. Por lo tanto, es recomendable una estrategia a largo plazo que combine todas las prácticas disponibles para reducir el impacto de la enfermedad.

Esta estrategia debería incluir el uso de variedades tolerantes, la aplicación de prácticas agronómicas para reducir el inóculo primario en la hojarasca, como la combinación de la aplicación de urea y la eliminación de la hojarasca del suelo y el uso de aplicaciones preventivas de fungicidas de acuerdo con el uso de modelos predictivos de riesgo. ■

BIBLIOGRAFÍA

Existe una amplia relación bibliográfica a disposición de los lectores en el correo electrónico redaccion@eumedia.es.



SullicaB[®]

BIOFERTILIZANTE

Cuidando el suelo, futuro de tu cultivo.