

# NUTRICIÓN Y SANIDAD VEGETAL

## ENFERMEDADES FÚNGICAS

### La Verticilosis, un grave problema de la olivicultura actual

Carlos Trapero

Fco. Javier López Escudero

Luis F. Roca

Miguel A. Blanco López

Antonio Trapero

Departamento de Agronomía, ETSIAM, Universidad de Córdoba.

Entre las enfermedades que afectan al olivar, la Verticilosis es la que más importancia ha adquirido en los últimos años en España y en muchos otros países olivareros, incrementando su incidencia de forma paralela al aumento de superficie y de la intensidad de cultivo. La enfermedad está causada por el hongo *Verticillium dahliae*, un patógeno de suelo que afecta a una gran variedad de cultivos y plantas silvestres causando la marchitez vascular y muerte de la planta.

La gravedad de la enfermedad se ve acrecentada por la gran dificultad que presenta su control, debido a la prolongada supervivencia del hongo en el suelo y a su ubicación en el sistema vascular de la planta, que es inaccesible para la mayoría de los tratamientos.

#### IMPORTANCIA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

La Verticilosis del olivo es actualmente uno de los problemas más graves de la olivicultura mundial. La enfermedad fue diagnosticada por primera vez en 1946 en Italia, y posteriormente

en casi todos los países de la cuenca mediterránea y en otras zonas olivareras del mundo. Estimaciones realizadas en varios países de la cuenca mediterránea señalan incidencias medias de 1-5% de olivos afectados, aunque en algunas áreas se han constatado incidencias superiores al 50%. En España, la Verticilosis del olivo fue observada por primera vez en el año 1975 en el valle del Guadalquivir, habiéndose extendido con rapidez al resto de Andalucía y a otras regiones olivareras. En 2009, las estimaciones realizadas por la Red de Alerta e Información Fitosanitaria de Andalucía indican una in-



Foto 1. Olivar gravemente afectado con numerosos olivos muertos y replantados

cidencia media de 0,4% de olivos afectados, aunque existe una gran diferencia entre comarcas olivareras, llegándose a alcanzar en algunas comarcas más del 50% de campos afectados y una incidencia media del 9% de olivos afectados. Además, en prospecciones sistemáticas realizadas en 90 olivares afectados por la Verticilosis en el valle del Guadalquivir (Jaén, Córdoba y Sevilla), se ha estimado una incidencia media del 20,4% de los 9000 olivos inspeccionados.

Aunque la Verticilosis se ha detectado en olivares adultos de secano tradicionales, los ataques más comunes y graves se presentan en olivos jóvenes de 4 a 10 años y en zonas de regadío (Foto 1). La extensión de la enfermedad en Andalucía y otras regiones olivareras ha coincidido con la intensificación del cultivo (mayor densidad de plantación, propagación masiva en viveros, intensificación del riego, fertilización, etc.) unida a la expansión del olivar a nuevas tierras que habían sido cultivadas anteriormente con plantas huéspedes del patógeno como el algodón.

#### SÍNTOMAS Y DIAGNÓSTICO

La Verticilosis del olivo se manifiesta por dos síndromes (o grupos de síntomas) que suelen expresarse en diferentes épocas durante una estación de crecimiento.

- **Apoplejía:** comprende la muerte regresiva, rápida y extensa de brotes y ramas de la planta, en la que las hojas tornan progresivamente a un color pajizo al mismo tiempo que se abarquillan, permaneciendo generalmente adheridas a las ramas (Foto 2). Este síndrome es más común a finales del invierno y principios de primavera.

- **Decaimiento lento:** consiste en la deshidratación y muerte de inflorescencias (Foto 4), así como la caída de hojas que previamente adquieren un color verde mate (Foto 3). En ocasiones, esta defoliación en verde suele ser muy intensa. Este grupo de síntomas aparece comúnmente cuando la primavera ya está avanzada, pero en ocasiones se ha observado también tras el verano, con



Foto 2. Muerte súbita del árbol (apoplejía)

otoños cálidos, siendo en este caso los frutos los que aparecen secos.

Ambos síndromes aparecen a menudo en el mismo árbol. Aunque es frecuente que los síntomas aparezcan de forma parcial en la planta (afectando a una o varias ramas, o sólo a un pie), en ocasiones, especialmente en la apoplejía de árboles jóvenes, la enfermedad afecta al árbol completo provocando su muerte rápidamente. Por otra parte, en cualquiera de los dos síndromes se puede observar una coloración violácea-purpúrea en la corteza de las ramas afectadas y, ocasionalmente, una coloración marrón oscura en los tejidos vasculares del interior del tallo. No es frecuente que se produzca la muerte de la raíz del árbol, por lo que es habitual que el olivo afectado rebrote y presente una recuperación natural, aunque en años siguientes estos árboles pueden volver a manifestar de nuevo la enfermedad. La recuperación sintomatológica de los olivos afectados va asociada a la inactividad del patógeno en las partes aéreas del árbol y es un fenómeno que también

ocurre en la Verticilosis de otras plantas leñosas.

Los síntomas de la Verticilosis son más graves en olivos jóvenes, a partir del segundo o tercer año de la plantación, siendo menor su incidencia y gravedad en olivos de edad avanzada. Sin embargo, puede ocurrir una aparición aún más temprana de la enfermedad si se emplean plantas infectadas para la plantación o si ocurre una combinación de factores del patógeno y ambientales especialmente favorables.

Dada la relativa inespecificidad de los síntomas, particularmente en el caso de la apoplejía, éstos son fácilmente confundibles con síntomas provocados por otros agentes bióticos o abióticos, como pueden ser condiciones de asfixia radical, daños causados por insectos, heladas,



Foto 3. Defoliación en verde intensa

deficiencias de nutrientes e infecciones por otros hongos. En este sentido, es particularmente fre-

cuenta la confusión con los síntomas de la podredumbre radical causada por oomicetos del género *Phytophthora*, cuyos ataques son frecuentes en suelos húmedos. Por ello, para un diagnóstico correcto es necesario, además de la observación de los síntomas, el aislamiento e identificación del hongo a partir de tejidos del árbol enfermo, o bien su detección mediante técnicas moleculares.

**// AUNQUE LA VERTICILOSIS SE HA DETECTADO EN OLIVARES ADULTOS DE SECANO TRADICIONALES, LOS ATAQUES MÁS COMUNES Y GRAVES SE PRESENTAN EN OLIVOS JÓVENES DE 4 A 10 AÑOS Y EN ZONAS DE REGADÍO //**





Foto 4. Desecación de ramas y momificado de flores

## AGENTE CAUSAL

La enfermedad está causada por *Verticillium dahliae* Kleb., un hongo de suelo que se multiplica por esporas asexuales (conidios) producidas en conidióforos verticilados y que forma unas estructuras multicelulares de resistencia, denominadas microesclerocios. Éstos son negros, de forma y tamaño variables (20–100 µm), que pueden permanecer en reposo en el suelo durante largos periodos de tiempo.

El patógeno es inespecífico de huésped, presentando una extensa gama de plantas susceptibles, tanto cultivadas como silvestres, que incluye más de 400 especies vegetales herbáceas o leñosas. Entre ellas destacan plantas hortícolas (alcachofa, berenjena, coliflor, fresa, lechuga, melón, patata, pimiento, sandía, tomate), leguminosas (garbanzo, guisante, haba, lente-

ja), industriales (algodón, cártamo, colza, girasol, lino, remolacha, tabaco), ornamentales (boj, clavel, crisantemo, rosas), frutales (aguacate, albaricoquero, almendro, melocotonero, pistacho, vid), así como especies forestales (arce, castaño, fresno, olmo) y numerosas dicotiledóneas silvestres, muchas de las cuales forman parte de la flora arvense del olivar (especies de *Anagallis*, *Lamium*, *Malva*, *Matricaria*, *Medicago*, *Papaver*, *Senecio*, *Solanum*, *Stramonium*, *Veronica*, etc.). En el caso del olivo, tanto las variedades cultivadas como el olivo silvestre o acebuche son susceptibles al patógeno.

A pesar de ser un hongo estrictamente asexual, la especie *V. dahliae* presenta una amplia diversidad genética que se manifiesta por poblaciones que difieren en características morfológicas, fisiológicas y patogénicas,

// LOS FACTORES AMBIENTALES FAVORABLES PARA EL CRECIMIENTO VEGETATIVO DEL OLIVO LO SON TAMBIÉN PARA LA VERTICILOSIS, POR LO QUE LA MÁXIMA ACTIVIDAD DEL PATÓGENO OCURRE EN PRIMAVERA Y OTOÑO COINCIDIENDO CON EL CRECIMIENTO ACTIVO DEL ÁRBOL //

habiéndose descrito aislados más virulentos en ciertos huéspedes, e incluso razas patogénicas que se diferencian por su virulencia sobre cultivares del huésped (ej. lechuga, tomate). Entre los aislados que infectan al olivo, se han descrito dos grupos (patotipos), que se diferencian por su virulencia en algodón y olivo. Los aislados denominados defoliantes resultan más virulentos que los no defoliantes, produciendo síntomas más graves y en menor tiempo que los no defoliantes. En España, a pesar de que en la década de los 80 los aislados defoliantes se encontraban localizados sólo en las áreas algodoneras de las Marismas del Guadalquivir, actualmente están presentes en todas las zonas olivereras andaluzas y en otras regiones, siendo más frecuentes que los aislados no defoliantes, lo que ha contribuido al notable aumento de la Verticilosis en la última década.

## PATOGÉNESIS Y EPIDEMIOLOGÍA

El ciclo vital de *V. dahliae* se ilustra en la **Figura 1** y comprende varias etapas: supervivencia y dispersión del inóculo, germinación de las estructuras de supervivencia, penetración del patógeno en la planta, colonización del sistema vascular, desarrollo de síntomas y producción de nuevo inóculo. Al igual que la mayoría de hongos de suelo, *V. dahliae* es un patógeno monocíclico, ya que sólo produce una generación de inóculo en una estación de crecimiento del huésped.

La supervivencia del patógeno se debe a los microesclerocios.

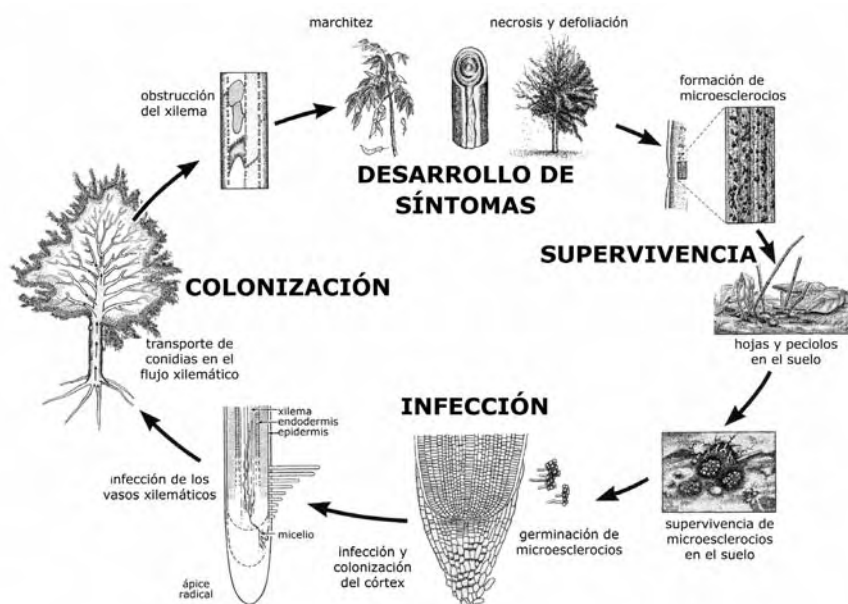
Estas estructuras son capaces de soportar condiciones ambientales y biológicas adversas durante numerosos años, hasta el momento de su germinación, que es estimulada por sustancias emitidas por las raíces de las plantas huéspedes. Los microesclerocios del suelo inician la infección de la planta a través de las raíces. Tras la penetración del córtex, el hongo se establece en el xilema produciendo micelio y conidios y colonizando la planta de forma sistémica. El pequeño tamaño de los conidios facilita su desplazamiento en el flujo xilemático. A partir del momento en el que se alcanza un cierto nivel de colonización vascular, comienza el desarrollo de síntomas en la planta, el hongo sale del xilema y coloniza otros tejidos del huésped. El resultado final es la formación de microesclerocios en todos los tejidos infectados de la planta. Transcurrido el tiempo necesario para la muerte y posterior descomposición de los tejidos infectados, los microesclerocios libres o embebidos en los restos vegetales se incorporan al suelo. De esta forma se cierra el ciclo de la enfermedad y el inóculo (microesclerocios), está preparado para iniciar un nuevo ciclo de infección (**Figura 1**). Obviamente, el olivo no es el único huésped de *V. dahliae* en un olivar, por lo que en este ciclo hay que considerar la aportación de inóculo procedente de las plantas arvenses huéspedes del patógeno.

*V. dahliae* ha sido considerado como un hongo de suelo de dispersión lenta, no obstante, la mayoría de los microesclerocios se encuentran libres o embebidos en restos vegetales, en

la superficie del suelo o a escasa profundidad, por lo que el patógeno tiene capacidad para dispersarse de diversas formas: asociado al movimiento de suelo infestado (aperos y herramientas, viento, animales, escorrentías de lluvia, agua de riego), asociado a restos de tejidos infectados (tallos, hojas, flores), o en semillas infectadas. En las hojas de olivo infectadas se pueden formar grandes cantidades de microesclerocios, por lo que las hojas y ramas infectadas pueden suponer una fuente de inóculo importante si no se procede a la retirada del campo de cultivo de las ramas afectadas. Un medio importante de dispersión de la Verticilosis del olivo es mediante el material de plantación infectado, con el que el patógeno se puede transmitir a grandes distancias.

Al tratarse de un patógeno monocíclico, el desarrollo de la Verticilosis en el tiempo está relacionado principalmente con la densidad de inóculo disponible en el suelo y, en menor medida, con la tasa de infección, o capacidad de infectar y colonizar la planta. La densidad de inóculo expresa la cantidad de microesclerocios existentes por unidad de peso o volumen de suelo. La tasa de infección está determinada por varios factores dependientes del huésped (nivel de susceptibilidad, edad, nutrición, etc.), del patógeno (virulencia) y del ambiente (temperatura del aire, humedad, tipo de suelo, etc.). Aunque no se conoce con precisión el efecto de estos factores en el desarrollo de la Verticilosis del olivo, se ha determinado que, en condiciones favorables para la enfermedad causada por el patotipo defoliante en el cultivar susceptible 'Picual', el nivel de inóculo necesario para causar síntomas graves fue de 1–3 microesclerocios por gramo de suelo. Este umbral se supera en numerosos olivares prospectados en Andalucía, aunque su valor podría variar para otros cultivares o suelos.

**FIGURA 1 / Ciclo de patogénesis de *Verticillium dahliae* en huéspedes leñosos (adaptado de Hiemstra y Harris, 1998)**



Entre los factores ambientales favorables para la Verticilosis destacan la humedad constante del suelo y la temperatura del aire próxima al óptimo térmico de crecimiento del patógeno (20-25 °C). Estas condiciones coinciden con las que favorecen el crecimiento vegetativo del olivo, por lo que la máxima actividad del patógeno ocurre en primavera y otoño coincidiendo con el crecimiento activo del árbol.

## CONTROL

Uno de los retos más importantes de la olivicultura actual es el control sostenible de la Verticilosis.

La ausencia de métodos completamente eficaces contra la enfermedad hace necesario la integración de todas las medidas de lucha disponibles, aunque individualmente sean de eficacia limitada. Dicha estrategia integrada debe ser dirigida preferentemente contra el patotipo defoliante, incluyendo medidas para la exclusión y erradicación del patógeno, así como para reducir la tasa de infección. Estas medidas se pueden aplicar antes o después de la plantación.

## Características que dificultan el control de la enfermedad

- Supervivencia prolongada del hongo en el suelo
- Amplia gama de huéspedes susceptibles
- Prolongado periodo de exposición del olivo a la infección
- Establecimiento de la infección a través de las raíces
- Inaccesibilidad al patógeno por su ubicación en el xilema

## ► Medidas de exclusión

Las más importantes son plantar en suelos no infestados y utilizar material vegetal libre del patógeno. Para evitar suelos infestados, es necesario conocer la historia de cultivos y plantas arvenses anteriores en la parcela a plantar y en campos próximos o realizar un análisis de suelo para cuantificar la población del patógeno. De otra parte, la elevada frecuencia de infecciones latentes por *V. dahliae* detectadas en el material de plantación hace necesario utilizar plantas certificadas libres de inóculo, que están siendo producidas por pro-

grama de inspección y certificación fitosanitaria de viveros de olivo regulado por el Real Decreto 1678/1999 del Ministerio de Agricultura, que debería ser de obligado cumplimiento. En plantaciones ya establecidas, las medidas para impedir la llegada del patógeno son utilizar insumos libres de inóculo (agua de riego, vehículos y aperos de labranza, enmiendas), así como no establecer huertos o no cultivar plantas susceptibles dentro o en las proximidades de la plantación.

## ► Medidas erradicativas

Van dirigidas a disminuir la población del patógeno o evitar su incremento en suelos infestados, ya que la erradicación completa es muy difícil de conseguir. Entre ellas destacan la eliminación y destrucción de ramas sintomáticas y residuos de los árboles afectados, así como de malas hierbas huéspedes del patógeno. En este sentido, la incorporación al suelo o el uso como cubiertas inertes de los restos de poda no se debe realizar si se ha detectado la enfermedad. Un método físico efectivo en la erradicación de *V. dahliae* es la solarización, pero su aplicación práctica en el olivar

está limitada a superficies reducidas en aplicaciones antes de la plantación, en la replantación de árboles muertos por la enfermedad, o en una plantación joven con árboles pequeños. Los tratamientos químicos del suelo con fumigantes, como Metam-Sodio o Dazomet, han resultado efectivos para reducir el inóculo del suelo en algunos cultivos, pero su uso no está autorizado para el olivar. Otra medida potencialmente eficaz para reducir la densidad o el potencial del inóculo del patógeno en el suelo es la incorporación de enmiendas orgánicas de diversa naturaleza (crucíferas, pasto de Sudán, plantas aromáticas, estiércoles, aserrines, etc.), que actúan liberando sustancias tóxicas para el patógeno (biofumigación) o favoreciendo a microorganismos antagonistas. Algunas de estas enmiendas, incorporadas como enterrado en verde de cubiertas vegetales, han reducido la población de *V. dahliae* en olivares experimentales, pero su recomendación como medida de control de la Verticilosis requiere más investigaciones para demostrar su eficacia en diferentes tipos de suelo y condiciones ambientales.

## ► Medidas para reducir la tasa de infección

Incluyen la resistencia genética y las acciones dirigidas a proteger la planta, reducir las condiciones favorables para la infección, o incrementar la resistencia o tolerancia de la planta. El empleo de cultivares resistentes es el método más económico, efectivo y respetuoso con el ambiente para el control de la Verticilosis en otros cultivos. En olivo, el conocimiento sobre la resistencia o susceptibilidad de los cultivares a la Verticilosis es muy limitado. No obstante, en inoculaciones artificiales realizadas en Córdoba, se han evaluado por resistencia al patotipo defoliante 110 cultivares, incluyendo las principales variedades españolas y algunas extranjeras, habiéndose identifi-

## A TENER EN CUENTA

La extensión y gravedad de los ataques de Verticilosis en el olivar está propiciando la investigación sobre nuevas medidas de control, así como la profusión de recomendaciones de tratamientos con diversos productos. En ambos casos, todavía no se dispone de una evidencia experimental suficiente para recomendar estas medidas para el control efectivo de la enfermedad. Entre ellas hay que mencionar el manejo del riego y la fertilización, los tratamientos con productos bioactivadores o fortificantes de la planta, los tratamientos con fungicidas sistémicos (bencimidazoles) por inyección al tronco, y el uso de microorganismos antagonistas del patógeno.

cado varios cultivares resistentes: Changlot Real, Empeltre y Frantoio. Estos cultivares podrían usarse en nuevas plantaciones, o para reponer olivos muertos por la enfermedad, o como portainjertos de cultivares susceptibles. Sin embargo, el moderado nivel de resistencia de estos cultivares desaconseja su uso generalizado como variedades o patrones de cultivares susceptibles hasta que se conozca mejor su respuesta a la Verticilosis y su comportamiento agronómico en diferentes suelos infestados y condiciones ambientales.

Por ello, la búsqueda de nuevos genotipos resistentes sigue siendo un objetivo fundamental, el cual se ha incorporado recientemente en el programa de *Mejora genética del olivo* que se desarrolla en Córdoba. En este programa se están explorando fuentes genéticas diversas, que incluyen genotipos de acebuche y de otras especies del género *Olea*, así como progenies de cruzamientos entre cultivares resistentes y cultivares de interés agronómico. Respecto a las poblaciones de acebuche, se ha encontrado una gran variabilidad en la respuesta a la Verticilosis, observándose desde genotipos muy susceptibles hasta resistentes.

Los plantones de olivo utilizados para la plantación pueden protegerse mediante tratamientos de su sistema radical con agentes de biocontrol, como *Pseudomonas fluorescens* o *Trichoderma* spp., que han demostrado su eficacia en condiciones controladas. De

ellos, recientemente se ha registrado una formulación comercial de cepas de *Trichoderma asperellum* y *T. gamsii* para su uso en olivar. Estos tratamientos podrían combinarse con cultivares moderadamente resistentes para reducir el potencial de enfermedad durante las primeras fases tras la plantación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Anónimo, 1999. Real Decreto 1678/1999 de 29 de Octubre (BOE 276 18 de Noviembre 1999).
- Blanco-López MA, 1996. Micosis vasculares. In: Llácer G, López MM, Trapero A, Bello A, eds. Patología Vegetal. Tomo II. Sociedad Española de Fitopatología, Valencia, pp: 739-769.
- Hiemstra J, Harris D, eds. 1998. Compendium of Verticillium wilt in tree species. Ponsen & Looijen, Wageningen, The Netherlands.
- Jiménez Díaz RM, 2010. Verticilosis del olivo. In: Jiménez Díaz RM, Montesinos E, eds. Enfermedades de las plantas causadas por hongos y oomicetos. Sociedad Española de Fitopatología y Phytoma-España, Valencia, pp. 225-249.
- Klosterman SJ, Atallah, ZK, Vallad GE, Subbarao KV, 2009. Diversity, pathogenicity, and management of Verticillium species. Annu. Rev. Phytopathol. 47: 39-62.
- López Escudero FJ, Blanco López MA, 2000. Effect of a single or double soil solarization to

control Verticillium wilt in established olive orchards in Spain. Plant Dis. 85: 489-496.

- López-Escudero FJ, Del Río C, Caballero J M, Blanco-López MA, 2004. Evaluation of olive cultivars for resistance to *Verticillium dahliae*. Eur. J. Plant Pathol. 110: 79-85.

- López-Escudero FJ, Mercado-Blanco J, 2010. Verticillium wilt of olive: a case study to implement an integrated management strategy to control a soil-borne pathogen. Plant & Soil. DOI 10.1007/s11104-010-0629-2. Online open-access, 50 pp.

- López-Escudero FJ, Mercado-Blanco J, Roca JM, Valverde-Corredor A, Blanco-López MA, 2010. Verticillium wilt of olive in the Guadalquivir Valley (southern Spain): relations with some agronomical factors and spread of *Verticillium dahliae*. Phytopathol. Mediterr. 49: 370-380.

-Ruiz Torres MJ, 2010. Situación fitosanitaria y control del olivar andaluz en la pasada campaña. Vida Rural 304: 44-47.

- Sánchez Hernández ME, Ruiz Dávila A, Pérez De Algaba A, Blanco López MA, Trapero Casas A, 1998. Occurrence and etiology of death of young olive trees in southern Spain. Eur. J. Plant Pathol. 104: 347-357.

- Trapero A, Blanco, MA, 2008. Enfermedades. In: Barranco D, Fernández-Escobar R, Rallo L, eds. El cultivo del olivo. Mundi Prensa-Junta de Andalucía, Madrid, pp. 494-550.

- Trapero C, Birem F, Abho-Sheker FM, Caballero J, Mercado J, Del Río C, Trapero A, Martos-Moreno C, Raya-Ortega MC, Arquero O, Serrano N, Molina M, Alcántara E, Muñoz-Díez C, Rallo L, Barranco D, Roca L, Moral J, Blanco-López MA, López-Escudero FJ, 2010. Avances en la resistencia del olivo a la Verticilosis causada por *Verticillium dahliae*. Vida Rural 316: 36-44.

- Wilhelm S, Taylor JB, 1965. Control of Verticillium wilt of olive through natural recovery and resistance. Phytopathology 55: 310-316.