ANÁLISIS Y CONTROL DE LAS ENFERMEDADES CLAVE DEL OLIVO

El cobre en el control de las enfermedades del olivo

L.F. Roca, J. Romero, C. Agustí-Brisach, J. Moral y A. Trapero (Grupo de investigación Patología Agroforestal, Departamento de Agronomía, ETSIAM, Universidad de Córdoba).

El cobre (Cu) ha sido y sigue siendo un biocida ampliamente utilizado para el control de enfermedades en los cultivos. En el olivar es el principal producto fitosanitario autorizado para el control de los "Repilos" y enfermedades reemergentes como la tuberculosis o la lepra. La reducción en la cantidad de Cu a aplicar por hectárea y año, propuesta por la UE, obliga a una optimización de los tratamientos, con reducciones de la dosis de Cu y uso de materias activas alternativas.

El cobre como fungicida y bactericida

La capacidad fungicida del Cu fue demostrada por primera vez por Prévost en 1807, si bien no sería hasta 1885 cuando Millardet, en Francia, introdujo el uso del caldo bordelés, mezcla de sulfato de Cu y cal, para el control del mildiu de la vid, lo que supuso la primera utilización del Cu para el control de enfermedades foliares (Martín, 1969). Desde entonces se han desarrollado varias sales de Cu, principalmente hidróxido, oxicloruro, óxido y sulfato, que han sido y siguen siendo ampliamente utilizadas en el control de enfermedades de los vegetales, tanto en especies leñosas como herbáceas, y frente a un gran número de patógenos fúngicos y bacterianos. El efecto del Cu es debido al alto potencial de reducción del ión Cu^{2+}. Éste es efectivo a muy bajas dosis, se acumula en el interior de las células en concentraciones muy superiores a las del medio circundante y desnaturaliza un gran número de compuestos proteínicos, como enzimas, péptidos y aminoácidos, lo que hace del Cu un elemento multi-diana, al alterar numerosos procesos metabólicos, dificultando así el desarrollo de resistencia por parte de los patógenos (Stenersen, 2004).

Principales enfermedades del olivo

Entre las micosis que afectan a las hojas y aceitunas destacan los "Repilos", término que engloba tres enfermedades: repilo propiamente dicho, emplomado y antracnosis, con un síndrome común, la defoliación que producen en los olivos afectados (Trapero y col., 2017). El repilo es la enfermedad más generalizada del olivar en España. El síntoma más característico de la enfermedad se presenta en el haz de las hojas, donde se aprecian unas manchas circulares de tamaño variable y de color marrón oscuro-negro, frecuentemente con un halo amarillo. El agente causal es el hongo *Venturia oleaginea,* biotrofo específico del olivo que se desarrolla en la cutícula de las hojas, emergiendo al exterior las esporas asexuales o conidios, que son los responsables del color oscuro de las lesiones. Los conidios se dispersan casi exclusivamente por la lluvia y el establecimiento de la infección requiere agua libre o una atmósfera saturada de humedad durante más de doce horas, con una temperatura óptima próxima a los 15ºC (Trapero y col., 2017).

El emplomado es una de las enfermedades menos conocida por los agricultores. El síntoma característico aparece en el envés de las hojas, una coloración grisácea, debido a la formación de conidios del patógeno, mientras que en el haz se observan manchas cloróticas marginales que tienden a necrosarse (Trapero y col., 2017). El agente causal de la enfermedad es el hongo *Pseudocercospora cladosporioides*, específico del olivo. Presenta un elevado periodo de incubación y el inóculo se dispersa por la lluvia. Aunque las hojas jóvenes parecen más susceptibles (Agustí-Brisach y col., 2016), los síntomas se asocian preferentemente a las hojas viejas.

La antracnosis es la enfermedad más relevante de la aceituna (Trapero y col., 2017). El síntoma más conocido es la podredumbre de aspecto jabonoso

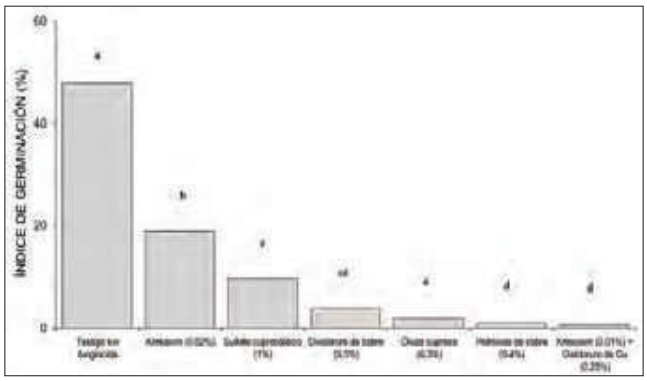

Figura 1. Efecto erradicante de fungicidas aplicados sobre lesiones esporuladas de repilo.

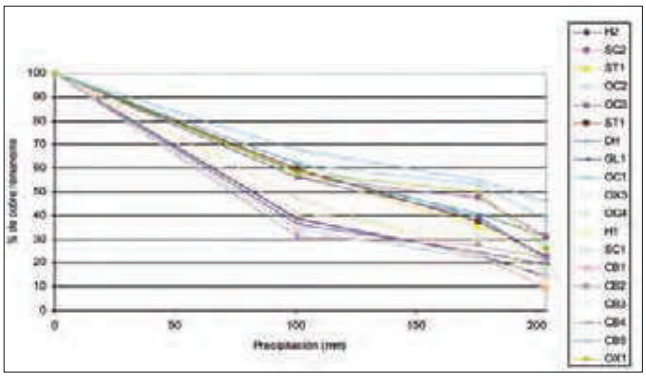

Figura 2. Persistencia de diferentes productos cúpricos en plantones tratados y sometidos al lavado por lluvia natural.

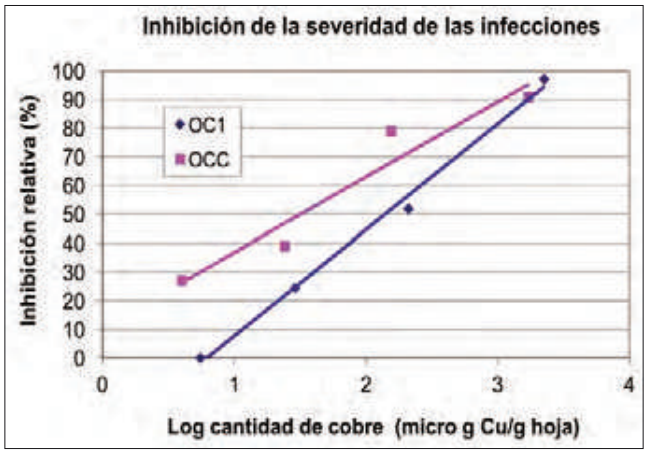

Figura 3. Relación entre la cantidad de Cu depositada en hoja y la inhibición de la infección por *Venturia oleaginea* para dos compuestos de oxicloruro de Cu.

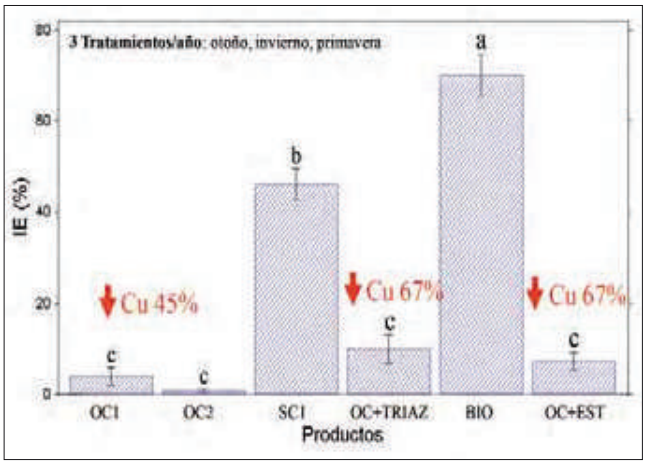

Figura 4. Efecto de distintas estrategias de reducción de Cu sobre el control del repilo en un olivar comercial. OC = oxicloruro de Cu, SC = sulfato de Cu, BIO = Bioestimulante, TRIAZ = triazol, EST = estrobilurina.

del fruto, aunque también se produce defoliación y desecación de ramas del árbol. El agente causal de la enfermedad son diversas especies del género *Colletotrichum*, que provocan pérdidas de producción, deterioro de la calidad del aceite y debilitamiento del árbol (Moral y col., 2014).

La tuberculosis y la lepra son consideradas enfermedades reemergentes, a consecuencia de la intensificación del cultivo (Roca y col., 2014; Romero y col., 2015). La tuberculosis del olivo es causada por la bacteria *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi*, la cual requiere heridas para establecer la infección en los tejidos del olivo y formar los tumores o agallas característicos. El control de la enfermedad se lleva a cabo tradicionalmente mediante productos cúpricos (Trapero y col., 2017). Se han observado diferencias de eficacia entre las distintas sales de Cu. Asimismo, se ha comprobado distinto grado de tolerancia al Cu entre las cepas de la bacteria (Roca y col., 2014). La lepra, causada por el ascomiceto *Phlyctema vagabunda*, es una enfermedad ampliamente distribuida en el olivar a nivel mundial. El síntoma principal aparece en los frutos y consiste en lesiones necróticas circulares de pocos milímetros de diámetro (Trapero y col., 2017). También causa pequeñas lesiones necróticas redondeadas en hojas y chancros en ramas (Romero y col., 2015). Se ha observado la pobre eficacia de los fungicidas cúpricos frente a *P. vagabunda* en pruebas de laboratorio.

Los productos cúpricos en el olivar

Los fungicidas cúpricos de efecto protector son los productos más utilizados para el control de enfermedades en el olivar. De las 218 formulaciones comerciales registradas para el control del repilo, aproximadamente el 85% corresponden a productos cúpricos o formulados que incluyen el Cu en su composición (anónimo, 2016). Su acción, basada en la inhibición de la germinación de las esporas fúngicas, impide el establecimiento de la infección. Las diferencias en la eficacia entre productos se deben a la solubilidad del cobre o a la sensibilidad del patógeno, aunque esta última característica se ha comprobado que varía significativamente entre productos y entre patógenos (Tabla 1) (Roca y col., 2007). El Cu actúa alterando numerosos procesos metabólicos de las células de microorganismos fitopatógenos, lo que ha llevado a considerar este tipo de productos como de bajo riesgo para el desarrollo de resistencia por parte de los patógenos (anónimo, 2016b), siendo ésta una de las características que

Patógeno	CI_{50} (mg/l)[x]
Pseudocercospora cladosporioides	0,1-1
Venturia oleaginea	1-10
Colletotrichum spp.	9-22
Pseudomonas savastanoi pv. *savastanoi*	25-75*
Phlyctema vagabunda	>100

[x]Dosis (mg/l) que inhibe el 50% de la germinación de esporas o del crecimiento del patógeno.
*Se han detectado cepas bacterianas tolerantes al Cu.

Tabla 1. Sensibilidad frente al cobre de patógenos aéreos del olivo.

ha permitido su uso durante largo tiempo en numerosos cultivos y frente a diversos patógenos fúngicos o bacterianos. Un efecto adicional de los fungicidas cúpricos se manifiesta mediante la reducción del inóculo producido en los tejidos afectados y de la viabilidad de éste, habiéndose observado reducciones de hasta el 95% de la germinación de las esporas producidas en las lesiones de hojas de plantones afectados por *S. oleagina* (Figura 1) (Viruega y col., 2002). También se ha observado una reducción de las poblaciones de *P. s. savastanoi* en olivos tratados con Cu (Quesada y col., 2006).

Dado el carácter sobre todo preventivo de los tratamientos, es de gran importancia el momento de aplicación. Éste dependerá de varios factores: i) la persistencia del fungicida, ii) el tipo de enfermedad, iii) las condiciones ambientales, iv) la susceptibilidad del cultivar, y v) el nivel de infección existente. Actualmente, ya se dispone de un sistema predictivo, que está siendo validado en campo, y que constituye una valiosa herramienta para el olivicultor de cara a establecer los momentos óptimos de tratamiento (Romero y col., 2014).

Una de las características fundamentales de los productos cúpricos es la persistencia o resistencia al lavado por lluvia, dado el amplio periodo del año en que pueden producirse las infecciones. Las diferencias de persistencia entre productos cúpricos están relacionadas principalmente con la formulación comercial y no con el tipo de sal cúprica (Figura 2) (Marchal *y* col., 2003). Asimismo, se ha podido establecer una relación entre la cantidad de Cu depositada en hoja y el nivel de infección (Figura 3), lo que puede utilizarse

para determinar la necesidad de nuevas aplicaciones en campo para el control del repilo (Roca y col., 2007).

En cuanto a los posibles efectos secundarios, no se ha observado toxicidad de los productos cúpricos comerciales ni sobre las hojas ni sobre las flores de olivo. El ión Cu^{2+} puede resultar fitotóxico, por lo que es empleado como defoliante en frutales. En olivo, el Cu puede producir una caída selectiva de hojas afectadas por repilo, aunque este efecto solo se ha observado para el sulfato de Cu puro. Asimismo, dada la importancia que puede tener el tratamiento de primavera en algunos años bajo determinadas condiciones climatológicas, se ha comprobado que el tratamiento con Cu reduce la viabilidad del polen del olivo, pero no afecta al número de frutos cuajados debido a la abundante floración del olivo (Roca y col., 2007).

Estrategias de reducción de cobre

La probable limitación que en un futuro próximo va a ser impuesta por la UE respecto a la cantidad de Cu a utilizar en el olivar (Directiva 2009/128/CE) va a determinar la necesidad de implementar estrategias integradas de control de las enfermedades, que maximicen el efecto de los fungicidas empleados. Se han realizado estudios que han permitido la reducción de la cantidad de Cu aplicado para un control satisfactorio del repilo. La reducción de las dosis de Cu en determinados momentos del año, como otoño o primavera, y el uso combinado con otras materias activas disponibles han permitido reducciones de la cantidad de cobre aplicado por hectárea y año de hasta un 67% (Figura 4) (Roca y col., 2012).

Además, el sector fitosanitario está desarrollando nuevas materias activas y formulaciones que ayudan a esta reducción mediante la mezcla o alternancia con productos cúpricos. Así, por ejemplo, se ha demostrado una elevada eficacia sobre el repilo de varios compuestos a base de estrobilurinas y triazoles, o de bentiavalicarb o dodina, en este último caso también con efecto sobre la tuberculosis (Roca y col., 2015). Asimismo, las nuevas tecnologías de optimización de las partículas de las materias activas están orientadas a maximizar la eficacia de los tratamientos cúpricos, minimizando la cantidad de Cu aplicado por hectárea y año.

El Cu también presenta un efecto inductor de los mecanismos de defensa frente a patógenos en diversas plantas, entre ellas el olivo. Ello ha propiciado la aparición de productos bioestimulantes vegetales que contienen Cu, generalmente a baja concentración, entre sus componentes y que son fácilmente asimilables por la plantas. Varios de estos productos han resultado eficaces para reducir la infección de *V. oleaginea* en plantones de olivo en condiciones controladas, si bien no han mostrado la suficiente eficacia en campo, posiblemente debido a la menor persistencia respecto a los productos cúpricos tradicionales (Roca y col., 2012).

BIBLIOGRAFÍA

Agustí-Brisach C, Romero J, Ávila A, Raya MC, Roca LF, Trapero A. 2016. Bases para la gestión integrada del emplomado del olivo. Vida Rural 419: 40-48.

Anónimo. 2016a. Registro de productos fitosanitarios. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. http://www.mapama.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/registro/menu.asp

Anónimo, 2016b. FRAC Code List: Fungicides sorted by mode of action. Fungicide resistance action committee. 10 pp.

Marchal F, Alcántara E, Roca LF, Boned J, Trapero A. 2003. Evaluación de la persistencia de fungicidas cúpricos en hoja de olivo. Vida Rural 176: 52-56.

Martin H. 1969. Inorganics. En: Fungicides. An Advanced Treatise Vol. II. Torgeson DC, ed. Academic Press, New York and London. 742 pp.

Moral J, Xaviér C, Roca LF, Romero J, Moreda W, Trapero A. 2014. La Antracnosis del olivo y su efecto en la calidad del aceite. Grasas y Aceites 65 (2): e028. doi: http://dx.doi.org/10.3989/gya.110913.

Quesada JM, Peñalver R, García A, Bertolini E, Salcedo C, Piquer J, López MM. 2006. Bases para el control preventivo de la tuberculosis del olivo. Vida Rural 228: 50-54.

Roca LF, Beltrán JA, Pericas R, Trapero A. 2012. Estrategias de reducción de cobre para el control del repilo del olivo. Vida Rural 341: 36-40.

Roca LF, Miranda-Fuentes P, Trapero A. 2014. Eficacia de los productos cúpricos en el control de la tuberculosis del olivo. Vida Rural 385: 48-52.

Roca LF, Romero J, Trapero A. 2015. Evaluación del producto "Syllit Flow" frente a *Fusicladium oleagineum*, *Colletotrichum* spp. y *Pseudomonas savastanoi*, agentes del Repilo, la Antracnosis y la Tuberculosis del olivo. Phytoma 268: 64-69.

Roca LF, Viruega JR, Ávila A, Oliveira R, Marchal F, Moral J, Trapero A. 2007. Los fungicidas cúpricos en el control de las enfermedades del olivo. Vida Rural 256: 52-56.

Romero J, Raya MC, Roca LF, Moral J, Trapero A. 2015. La lepra del olivo: una enfermedad emergente. Vida Rural 402: 42-46.

Romero J, Roca LF, Moral J, Trapero A. 2014. Validación del modelo epidémico de los repilos del olivo. XVII Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología. 7 al 10 de octubre. Lleida. Pág. 82.

Stenersen, J. 2004. Chemical pesticides: mode of action and toxicology. CRC Press, Boca Ratón, Fl. 274 pp.

Trapero A, López-Escudero FJ, Blanco MA. 2017. Enfermedades. En: El cultivo del olivo. D. Barranco, R. Fernández-Escobar, L. Rallo, eds. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 733-798.

Viruega JR, Trapero A, Moreno S. 2002. Efficacy of Kresoxim-methyl against olive leaf spot caused by *Spilocaea oleagina*. Acta Hort. 586: 801-804.