

Control integrado de virosis de cucurbitáceas en invernadero

La mayor parte de las nuevas enfermedades son producidas por patógenos de origen viral

En lo que a virosis se refiere, en cultivos de cucurbitáceas en España caben destacar la introducción reciente de CCYV y la implantación de cepas agresivas de CGMMV. El control de las enfermedades virales se basa principalmente en medidas profilácticas que dificulten la dispersión de los virus o el uso de variedades resistentes. La estrategia de control integrado, basada en la implementación de diferentes medidas de manera coordinada ha resultado exitosa en el control de algunas de las principales virosis que afectan a nuestros cultivos.

Dirk Janssen¹, Leticia Ruiz¹, Leonardo Velasco², Luis Galipienso³, Luis Rubio³.

¹ Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria (IFAPA), Centro La Mojonera, Almería.

² Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria (IFAPA), Centro de Málaga Churriana, Málaga.

³ Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), Centro de Protección Vegetal y Biotecnología, Moncada, Valencia.



Las enfermedades emergentes y reemergentes, debidas a la introducción de nuevos patógenos o la aparición de variantes agresivas de los mismos, es uno de los problemas más graves con los que se enfrenta la agricultura moderna. Factores como la globalización, la invasión de áreas naturales y el cambio climático propician la aparición de

nuevas enfermedades. La mayor parte de éstas son producidas por patógenos de origen viral (se estima que hasta un 47% del total). Un ejemplo es lo sucedido en nuestro país, en donde desde principios de los años 80, se han descrito la introducción de más de 40 especies de virus vegetales en cultivos hortícolas (**figura 1**) lo que implica un promedio de una nueva

introducción por año (Velasco *et al.*, 2020). En cucurbitáceas, los virus transmitidos por pulgones, son los que tuvieron mayor incidencia durante esa década. Cabe destacar por su relevancia tres miembros del género *Potyvirus*, como el virus del mosaico amarillo del calabacín (zucchini yellow mosaic virus, ZYMV), el virus del mosaico de la sandía (watermelon mosaic virus,

FIG. 1 Esquema temporal de la emergencia de virus en cultivos hortícolas de la cuenca mediterránea de España (Velasco et al., 2020).

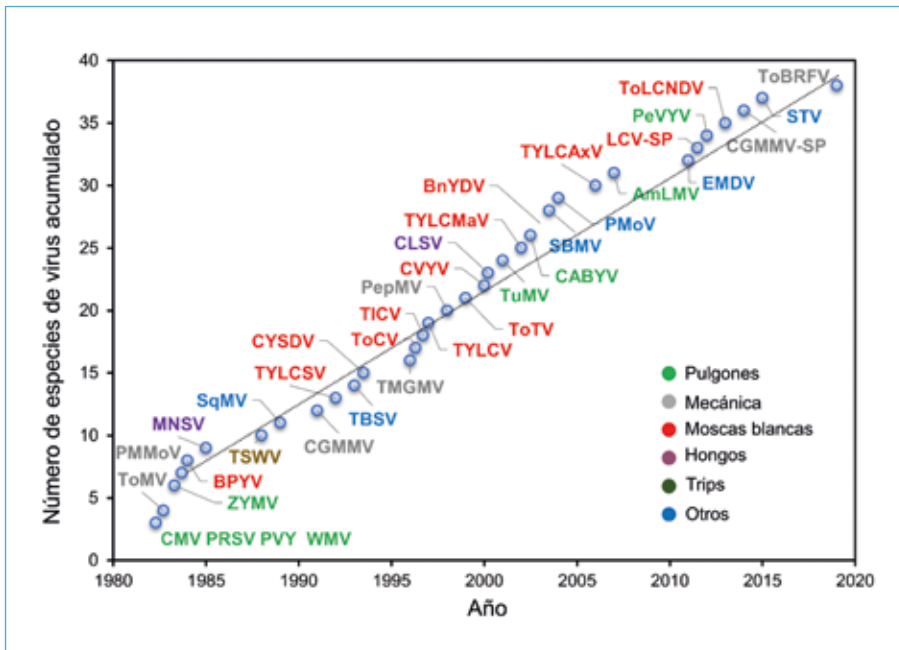


Foto 1. Síntomas producidos por CGMMV en pepino.

WMV) y el virus de las manchas anulares de la papaya (papaya ring spot virus PRSV), así como el virus del mosaico del pepino (cucumber mosaic virus, CMV) del género *Cucumovirus* y el virus del amarilleo de las cucurbitáceas transmitido por pulgones (cucurbit aphid-borne yellows virus, CABYV) del género *Polevirus*. CMV, WMV y ZYMV causaron tanto daño en los cultivos protegidos que obligaron al agricultor a instalar mallas anti-insectos o plásticos en las ventanas y laterales inferiores de los invernaderos para evitar la entrada del vector. Como resultado se redujo considerablemente la incidencia de estos virus en cultivos protegidos, minimizándose las pérdidas originadas.

Aproximadamente un tercio de las especies virales que afectan a los cultivos son transmitidas por otra importante plaga, la mosca blanca *Bemisia tabaci*, que apareció en Almería a finales de los 80. *B. tabaci* es transmisor de virus que infectan a cultivos muy importantes como tomate, pimiento, pepino, melón, sandía, calabacín y judía causando elevadas pér-

didadas para el agricultor. Las enfermedades virales se caracterizan por presentar una sintomatología variable, dependiendo de la especie del virus y la planta huésped. En las hojas es frecuente observar mosaicos, clorosis, manchas necróticas que se pueden extender dando lugar a un marchitamiento de toda la planta y distintos tipos de deformaciones como acucharamiento y filiformismo; en los frutos de las plantas infectados se pueden observar asimismo clorosis, alteraciones en la maduración, deformaciones y necrosis (fotos 1 y 2). Todo esto suele repercutir negativamente en la producción y en la calidad del fruto, originando pérdidas en el sector.

Control de virosis

A diferencia de las plagas y enfermedades producidas por otros patógenos como nematodos, hongos y bacterias, las enfermedades producidas por virus no tienen cura, es decir, no existe un tratamiento eficaz que pueda sanar las plantas enfermas. El control de estas enfermedades es comple-

jo, y se tiene que abordar implementando distintas estrategias. Una de ellas es el uso de plantas resistentes, normalmente obtenidas por procesos de mejora genética. Esta estrategia resulta eficaz, pero con relativa frecuencia las poblaciones virales sufren mutaciones y cambian, apareciendo variantes que pueden sobrepasar las resistencias e infectar las plantas. Paralelamente se deben utilizar otras estrategias encaminadas a la reducción de la incidencia de los virus y limitar su dispersión (Rubio et al., 2020).

El control de las virosis, por tanto, debe adoptar necesariamente la forma de un manejo integrado de la enfermedad que se base en métodos que dificulten la infección y reduzcan la cantidad de inóculo primario (infecciones primarias). Una vez que un virus está presente en un cultivo, se deben implementar estrategias para paliar los efectos que producen, principalmente controlando su propagación (infecciones secundarias) La metodología a seguir dependerá de las características particulares de cada combinación virus-planta huésped o patosistema viral. La aplicación de la metodología que se utilizará en el control integrado requiere

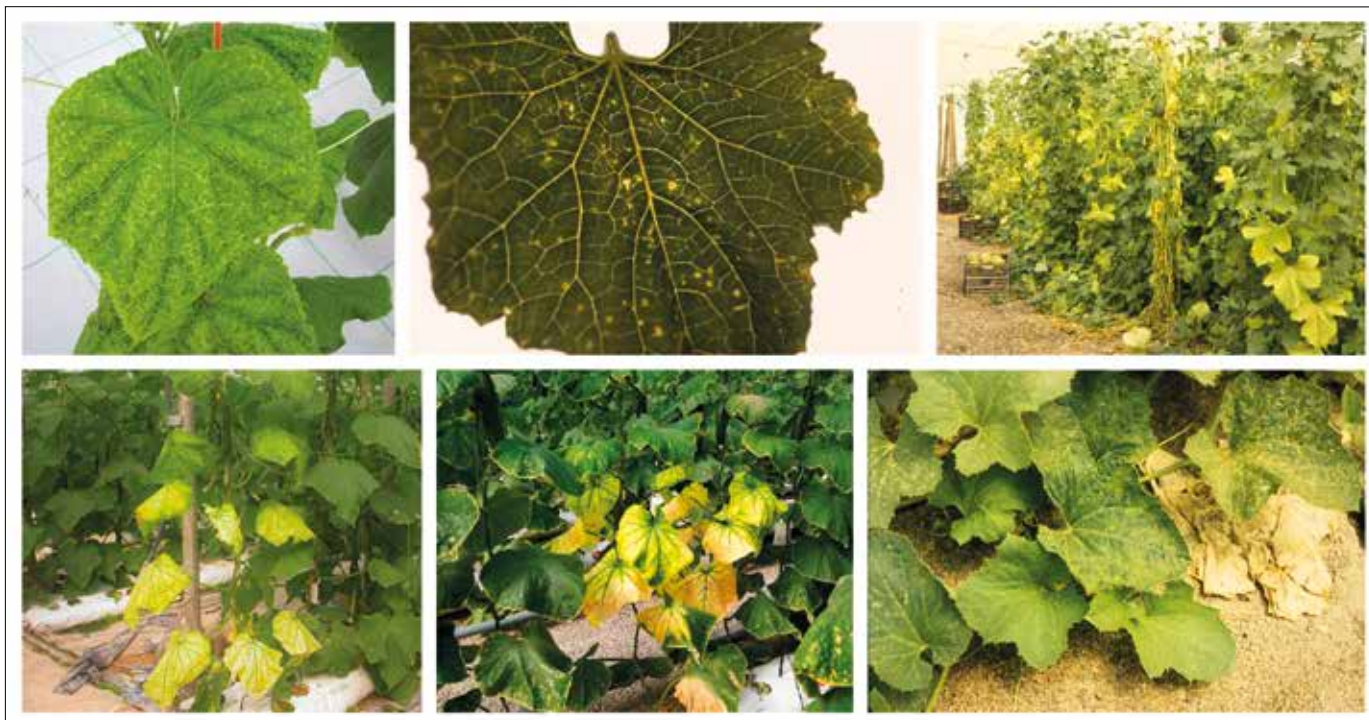


Foto 2. Síntomas que producen algunos virus en cultivos de cucurbitáceas.

un conocimiento profundo de la biología y la ecología de los virus y del modo en el que se desarrollan las enfermedades. Los detalles esenciales de la epidemiología de éstas como las fuentes de inóculo, los mecanismos de propagación, los reservorios y la sintomatología, son cruciales a la hora de tomar la decisión correcta sobre qué estrategia tiene que aplicarse (Jones 2004). Por tanto, el objetivo último del control integrado de las virosis consiste en reducir al máximo el efecto de las enfermedades producidas por estos patógenos en los principales cultivos agrícolas.

Semilla libre de virus

El control de la infección primaria es de gran importancia para el manejo de enfermedades virales. Las medidas legislativas encaminadas a controlar el movimiento de material vegetal son fundamentales para mantener regiones o zonas libres de un virus (Pasquali *et al.*, 2015). En el caso de virus que se transmiten a través de materiales de propagación (semillas, propágulos vegetativos), el establecimiento de sistemas de certificación en la producción de material libre de virus es muy eficaz para

limitar la dispersión de éstos. La certificación de lotes de semillas libres de virus ha sido esencial en el control de virus como el del mosaico de la calabaza (squash mosaic virus, SqMV). Este virus pertenece al género *Comovirus* y afecta principalmente a las cucurbitáceas donde induce la formación de mosaico, clorosis en las venas y deformación de las hojas. La transmisión por semillas es su principal vía de introducción y diseminación a larga distancia. Otro virus relevante y que está causando importantes pérdidas en el sudeste español es el virus del mosaico verde jaspeado del pepino (cucumber green mottle mosaic virus, CGMMV), del género *Tobamovirus*. En estos casos, las semillas contaminadas son la principal vía de introducción en nuevas áreas y posibilitan el movimiento de este tipo de virus entre países.

El virus de la mancha necrótica del melón (melon necrotic stunt virus, MNSV) del género *Carmovirus*, provoca manchas necróticas sistémicas en las hojas y rayas en los tallos de melón, sandía y pepino y, ocasionalmente, conduce al colapso de la planta ("muerte súbita"). MNSV se transmite por semilla, pero de un modo

inusual ya que es asistida por un vector (VAST) (Campbell *et al.*, 1996). Para que se produzca la transmisión del virus, las semillas contaminadas dependen de la presencia en el suelo de *Olpidium borno-vanus*, un hongo zoospórico holocárpico obligado que habita en las raíces. Otro virus que infecta a las cucurbitáceas y que se transmite de manera similar a MNSV es el virus de las manchas foliares del pepino (cucumber leaf spot virus, CLSV), género *Aureusvirus* (Segundo *et al.*, 2001).

Desinfección del suelo y control de insectos vectores

La desinfección química del suelo o la solarización pueden ayudar a reducir las fuentes de inóculo ya que el suelo puede ser también un importante foco de dispersión primaria. La mayoría de los virus que afectan a plantas de hortalizas en invernadero no se transmiten por semilla, sino que lo hacen por insectos vectores, predominantemente pulgones, moscas blancas y trips. El control de la dispersión primaria de estos virus está ligado al éxito en el control del vector en las plantaciones. Se pueden clasificar según el modo de trans-

misión y la persistencia o capacidad de retención del virus en el vector. Los virus de transmisión no-persistente son capaces de transmitirse a la planta huésped casi al momento de ser adquiridos por el vector (desde segundos hasta pocos minutos) y permanecen en el insecto durante sólo unas pocas horas. Además, no requieren tiempo de latencia en el vector (tiempo que pasa desde que el insecto

adquiere el virus hasta que es capaz de transmitirlo). Este modo de transmisión está casi restringido a pulgones, en los que el virus queda retenido en la cutícula del aparato bucal del insecto que lo transmite a la epidermis o parénquima de la planta. Es característico de virus como ZYMV, PRSV, WMV y CMV.

Virus de transmisión persistente

Los virus de transmisión persistente presentan un periodo de retención en el vector mucho más largo (días o semanas), y de adquisición e inoculación de muchas horas o incluso días, siendo necesario un periodo de latencia de al menos varias horas para poder transmitirlo a la planta. Se localizan habitualmente en el floema de la planta, pueden transmitirse tras la muda del insecto y la especificidad virus-vector es muy alta. Este tipo de transmisión en pulgones es característica del CABYV, que infecta melón, sandía, calabaza y pepino e induce síntomas de amarillamiento en las hojas más viejas, produciendo una merma en la producción de los cultivos a los que afecta. La transmisión persistente, es también típica de especies del género *Begomovirus*, a través de la mosca blanca *B. tabaci*. Son virus que presentan una gama de hospedadores muy amplia, infectando a gran número de plantas dicotiledóneas. Están distribuidos por todo el



Foto 3. Barreras físicas contra insectos vectores de virus.

mundo y causan graves pérdidas económicas en cultivos como tomates, alubias, mandioca y algodón. Los síntomas generales que inducen son clorosis y enrollamiento de las hojas apicales de la planta y, si la infección es temprana, retraso del crecimiento de la planta produciendo enanismo. En la Península Ibérica están descritas dos especies: virus del rizado amarillo del tomate (tomato yellow leaf curl virus, TYLCV) en cultivos de tomate y judía, y el virus del rizado del tomate de Nueva Delhi (tomato leaf curl New Delhi virus, ToLCNDV), que afecta principalmente a cucurbitáceas, aunque también es capaz de infectar a solanáceas (Ruiz *et al.*, 2016).

Virus de transmisión semi-persistente

Finalmente, la transmisión semi-persistente, combina características intermedias entre la no persistente y la persistente. Este es el caso de miembros del género *Crinivirus* como el virus del amarilleo y enanismo de las cucurbitáceas (cucurbit yellow stunting disorder virus, CYSDV), el virus del amarilleo clorótico de las cucurbitáceas (cucurbit chlorotic yellows virus, CCYV), y el recientemente introducido virus del amarilleo clorótico de las cucurbitáceas (cucurbit chlorotic yellow virus, CCYV), así como un miembro del género *Ipomovirus*, el virus de las venas amarillas

del pepino (cucumber vein yellowing virus, CVYV). Las hojas de plantas infectadas con crinivirus muestran una clorosis inicial que se extiende hasta afectar a todo el limbo de la hoja, que adquiere un aspecto amarillento que contrasta con el verde de las venas. Los síntomas de amarilleo comienzan en las hojas más viejas y van evolucionando hacia la zona superior de la planta. A diferencia de los sínto-

mas que inducen los crinivirus, las plantas de pepino y melón infectadas con el ipomovirus CVYV muestran un aclaramiento de las venas en las hojas más jóvenes y ocasionalmente, los frutos pueden presentar un mosaico amarillo/verde (Cuadrado *et al.*, 2001). En la sandía, a veces se observa una clorosis leve de las hojas y rajado de frutos, aunque normalmente los síntomas son leves, pudiendo pasar desapercibidos. Independientemente de los distintos modos de transmisión, el control de las virosis transmitidas por insectos se fundamenta en el control del vector, para el que se han desarrollado distintas estrategias de manejo. El establecimiento de cultivos barrera que rodeen a los cultivos susceptibles o la introducción en las plantaciones de especies intercaladas que sean afines al vector y no huésped del virus puede ayudar a limitar la dispersión primaria del virus limitando su impacto.

Establecimiento de barreras físicas

El establecimiento de barreras físicas que impiden el paso de insectos virulíferos (portadores de virus) se utilizan con éxito para controlar enfermedades virales en la gran mayoría de cultivos, incluyendo los de cucurbitáceas. Se pueden proteger los cultivos con mallas permanentes o semi-permanentes a prueba de insectos, sobre todo en las fases tempranas del cultivo

(foto 3). La protección física que presentan los cultivos bajo invernadero reduce el movimiento de vectores virales como la mosca blanca e impiden la consiguiente propagación de virus. Han demostrado ser eficaces para reducir la incidencia de CYSDV y CVYV en pepino, así como TYLCV y el virus de la clorosis del tomate (tomato chlorosis virus, ToCV) en tomate (Janssen *et al.*, 2009; Velasco *et al.*, 2008).



Foto 4. El ácaro *Amblyseius swirskii* usado para control biológico. Foto: Biobest Group.

Control de la propagación del virus

El control de la propagación de un virus una vez introducido (infección secundaria) va a depender de su modo de dispersión. Si ésta es a través de un vector que no está presente en el territorio, será de especial importancia aplicar las medidas legislativas, sanitarias y de cuarentena oportunas para evitar la entrada del insecto y por tanto la dispersión de la enfermedad.

En el caso de virus que se transmiten eficazmente por contacto, como los del género *Tobamovirus*, tiene especial relevancia aplicar estrictas medidas profilácticas durante el manejo del cultivo, como el uso de guantes, desinfección de manos, herramientas de poda y cosecha (Ruiz *et al.*, 2018). En el caso de CGMMV se pudo comprobar que el control del movimiento del personal de campo y la aplicación de las medidas anteriormente mencionadas resultó fundamental para evitar la dispersión de la enfermedad en los cultivos afectados (Reingold *et al.*, 2016).

El control biológico de los vectores también puede ayudar a limitar la propagación de los virus que transmiten. La instalación temprana del ácaro fitoseido *Amblyseius swirskii* en calabacín reduce la infestación de *B. tabaci* en esa especie de cultivo, minimizando significativamente

la propagación secundaria de ToLCNDV (foto 4) (Tellez *et al.*, 2017). Las larvas de *Chrysoperla carnea* Stephens y los adultos de *Adalia bipunctata* L., lograron reducir la propagación secundaria de CABYV por *Aphis gossypii* Glover (Garzon *et al.*, 2016). *Orius laevigatus*, que es la especie de *Orius* usada más ampliamente para el control biológico de trips, también resultó eficaz en el control de la dispersión de CABYV. Otras estrategias encaminadas a reducir el nivel de inóculo, como la eliminación de plantas infectadas dentro de un cultivo, resulta efectiva para disminuir la tasa de dispersión secundaria de virus transmitidos por insectos en las primeras etapas de una epidemia cuando la incidencia es baja (Lecoq y Desbiez, 2012). En el caso de virus transmitidos por contacto como CGMMV, se recomienda la incineración o entierro profundo de las plantas infectadas para eliminar el riesgo de dispersión secundaria (Dombrovsky *et al.*, 2017).

Una vez que la planta está infectada, cualquier estrategia de control debe apuntar a contener el virus y así limitar el daño producido. Si se dispone de resistencia genética efectiva, su incorporación en cultivares comerciales es probablemente la forma más fácil de controlar las enfermedades virales (Gómez *et al.*, 2009). Afortunadamente, la búsqueda de fuentes de resistencia natural para su uso en programas de mejora ha sido exitosa en mu-

chos casos. Gracias a ello se dispone de variedades comerciales con resistencias alta o intermedia contra ZYMV, WMV y PRSV, CABYV y CMV en melón, pepino y calabaza. Existen también cultivares con resistencia intermedia o alta contra CGMMV en pepino. Las variedades de pepino con resistencia intermedia al ipomovirus CVYV o al crinivirus CYSDV proporcionan un control eficaz del virus, especialmente cuando se combinan con otras medidas para disminuir el inóculo como el uso de redes anti-insectos (Janssen *et al.*, 2003). La resistencia al MNSV se ha asociado a la presencia de un gen recesivo (*nsv*) en melón que se ha introducido en variedades comerciales. Alternativamente, el injerto de *Cucurbita máxima* x *C. moschata* sobre melón y sandía es ampliamente utilizado para prevenir la infección transmitida por MNSV a través del suelo.

Protección cruzada

Finalmente, otro método de control de virosis en los cultivos es la protección cruzada. Para ello se inoculan plantas jóvenes con cepas virales avirulentas o poco virulentas que infectan sin causar síntomas activando los mecanismos de defensa en las plantas, protegiéndolas de la infección por una cepa virulenta que pueda llegar al cultivo. Este tipo de protección se ha utilizado a escala comercial para controlar algunas virosis. Por ejemplo, se han empleado con éxito cepas atenuadas de ZYMV para proteger cultivos de cucurbitáceas en Europa, Israel y Hawái (Lecoq y Katis, 2014) contra cepas virulentas de este virus. ■

BIBLIOGRAFÍA

Existe una amplia bibliografía a disposición de los lectores que pueden solicitar en el correo electrónico: redaccion@eumedia.es.



Insecticida para el control biológico



Metarhizium brunneum Ma 43

- ✓ Respetuoso con la fauna auxiliar.
- ✓ Sin riesgos de resistencia.
- ✓ Más resistente a condiciones extremas de humedad y temperatura que otros hongos entomopatógenos.
- ✓ Mayor micosis.
- ✓ Plazo de seguridad de 4 h.



Registado en el R.U.P. con el nº 25-00027