



Actuaciones críticas para el manejo de virosis transmitidas por otros mecanismos: prevenir, detectar, atenuar

La ausencia de productos antivirales directos y la limitada disponibilidad de productos fitosanitarios para el control de vectores hacen del control de virus una tarea cada vez más difícil. En estas condiciones, es imprescindible acudir al uso combinado de actuaciones preventivas y paliativas en los programas de manejo integrado de plagas y enfermedades. Las actuaciones frente a virosis pueden ir encaminadas a impedir o limitar el establecimiento de focos primarios de infección, y/o a impedir o limitar la dispersión secundaria del virus en el cultivo desde los focos primarios. En términos generales, las actuaciones serán preventivas y, cuando se identifiquen posibles síntomas de virosis en las parcelas o invernaderos, las actuaciones incluirán el diagnóstico específico y acciones para limitar la dispersión secundaria del virus. En todo caso, recomendamos encarecidamente buscar el consejo del experto en patología vegetal, que será quien pueda definir con propiedad el tipo de medidas a seguir más adecuadas para cada caso.

Miguel A. Aranda
Centro de Edafología y
Biología Aplicada del
Segura (CEBAS)-CSIC.
Espinardo, Murcia.

**José A. Esteban y
Yolanda Hernando**
Abiopep S.L. Parque
Científico de Murcia,
Espinardo, Murcia

Las pérdidas económicas en cultivos asociadas con las enfermedades causadas por virus pueden suponer globalmente más de 30.000 millones de dólares anualmente. Los virus constituyen casi el 50% de los patógenos emergentes y reemergentes, y pueden afectar a la vegetación natural además de a las plantas cultivadas (revisado en Jones y Naidu, 2019). El tomate no se escapa a esta situación, ya que se han descrito más de 130 especies virales a las que es susceptible; de éstas, podríamos destacar seis como las de mayor importancia en la cuenca Mediterránea: el virus del rizado amarillo del tomate o, coloquialmente, virus de la cuchara (*Tomato yellow leaf curl virus*, TYLCV); el virus del mosaico del pepino dulce (*Pepino mosaic virus*, PepMV); el virus del bronceado del tomate (*Tomato spotted wilt virus*, TSWV); el virus de la clorosis del tomate (*Tomato chlorosis virus*, ToCV); el virus del mosaico del pepino (*Cucumber mosaic virus*, CMV); y, recientemente, el virus del pardeado rugoso del fruto de tomate (*Tomato brown rugose fruit virus*, ToBRFV), un tobamovirus emergente capaz de superar el gen de resistencia *Tm-2²* que supone una amenaza reciente de extraordinaria gravedad (Luria y col., 2017).

El control de las enfermedades causadas por virus es complicado porque no existen productos fitosanitarios con efecto antiviral directo, así como por la disponibilidad cada vez más limitada de productos fitosanitarios para el control de vectores. En estas condiciones, es imprescindible acudir al uso combinado de actuaciones preventivas y paliativas en los programas de manejo integrado de plagas y enfermedades. Sabemos que el desarrollo de las enfermedades depende del establecimiento de los focos primarios de infección y de la diseminación secundaria del patógeno en el cultivo desde estos focos primarios. Así pues, las actuaciones frente a virosis pueden ir encaminadas a (i) impedir o limitar el establecimiento de focos primarios, y/o (ii) a impedir o limitar la dispersión secundaria del virus en el cultivo desde los focos primarios. En términos generales, las actuaciones en (i) son preventivas, y las actuaciones en (ii) deben incluir el diagnóstico específi-

co y acciones para erradicar y limitar la dispersión secundaria del virus.

Actuaciones preventivas

En nuestras condiciones, el material vegetal que se usa para establecer el cultivo suele tener todas las garantías fitosanitarias. Lo normal es utilizar semilla certificada de casas comerciales de contrastada reputación, y asimismo utilizar semilleros que, en términos generales, aplican todas las medidas que están a su alcance para asegurar que las plántulas salen libres de virus de sus instalaciones. En nuestra experiencia, hemos detectado sólo algunas deficiencias ocasionales en estos aspectos. A veces, los propios agricultores producen o importan las semillas de especialidades de tomate. Esto es una práctica sana y recomendable, pero puede tener como contrapartida un control limitado de la sanidad de la semilla. Es imprescindible que las semillas se produzcan con todas las garantías, y que las plantas madre de las semillas estén libres de patógenos de manera contrastada. Es necesario también desinfectar la semilla, para lo cual existen numerosos tipos de tratamientos, incluyendo químicos y termoterapia. Por otro lado, el transporte de las plántulas del semillero al lugar de plantación es a veces un punto crítico descuidado. En ocasiones hemos presenciado cómo las bandejas de plántulas permanecían apiladas a la entrada del invernadero durante un tiempo suficientemente largo como para que las plántulas fueran visitadas ampliamente por vectores de virus.

En el caso de cultivos en invernadero, un aspecto que se debe cuidar es la estanqueidad de éste para evitar la entrada de vectores de virus. En este sentido, las instalaciones de nuestro entorno son cada vez mejores, con invernaderos altos, que tienen pocos problemas de ventilación incluso si se usan mallas tupidas para la protección de las ventanas. Si no es así, la mejora de la estanqueidad de las instalaciones es un aspecto en el que se debe trabajar. Igualmente, otro aspecto que cada vez se cuida más es la higiene de los trabajadores en las parcelas. Es difícil ser muy exigente en este sentido durante los trabajos en cada parcela, pero sí es

perfectamente posible y necesario incidir con insistencia en este aspecto cuando las cuadrillas cambian de parcela.

Ni que decir tiene que, con anterioridad al trasplante, las parcelas e invernaderos deben estar limpios de restos de cultivos previos. Si el invernadero puede permanecer cerrado algún tiempo alcanzando una temperatura alta durante un periodo suficientemente prolongado, esto puede tener un efecto higienizante importante. Hay que mantener limpia de malas hierbas la parcela o el invernadero durante todo el periodo de cultivo, y entre cultivos hay que hacer un esfuerzo especial para que éstas no sirvan de puente entre cultivos. Por otra parte, mientras que la vegetación espontánea en los bordes de las parcelas y en el exterior del invernadero puede constituir un buen reservorio de predadores de vectores, existen malas hierbas que pueden ser reservorio de un buen número de virus. En términos generales, cuanto más próxima al tomate sea la especie de la mala hierba, mayor será el riesgo de que se pueda infectar y ser fuente de virus que afectan al tomate. Dos ejemplos importantes en nuestras condiciones son el tomatillo del diablo (*Solanum nigrum*) y el gandul (*Nicotiana glauca*), ambas pertenecientes a la familia de las solanáceas, como el tomate. Es conveniente mantener libre de plantas de estas especies el rededor de las parcelas e invernaderos.

Durante el periodo de cultivo, es necesario llevar a cabo un seguimiento y control lo más estricto posible de los vectores de virus, particularmente mosca blanca, trips y pulgones.

Un caso especial de actuación preventiva: Uso de variedades resistentes

El uso de variedades resistentes es un método de control de virosis muy deseable, porque es específico, no conlleva coste ecológico y no implica otras acciones del productor durante el periodo de cultivo. Es necesario tener en cuenta que la identificación e introgresión de resistencias en líneas élite de mejora es un proceso lento y laborioso, a veces imposible, de tal manera que no hay variedades

resistentes disponibles para todos los virus importantes para el tomate. Esto es especialmente cierto para las virosis emergentes, para las que no ha dado tiempo todavía para completar el proceso de mejora. Que nosotros sepamos, en el mercado existen variedades de tomate resistentes a tobamovirus (gen *Tm2²*) excepto ToBRFV, a TYLCV (gen *Ty-1/3*) y a TSWV (*Sw-5*). Hoy en día sería difícil concebir el cultivo de tomate en determinadas zonas si no existieran variedades portadoras de los genes de resistencia mencionados. Aún así, se ha descrito la superación de la resistencia en los tres casos. El caso de TSWV puede no ser tan acuciante como los otros dos, porque la superación de la resistencia parece tener un coste asociado, esto es, los aislados virales que superan la resistencia tienen una eficacia biológica menor que los aislados que no la superan. No parece ser ese el caso de la superación de *Tm2²* por parte de ToBRFV, ni el de *Ty-1/3* por parte de TYLCV-IS76, lo cual es francamente preocupante.

Otro caso especial de actuación preventiva: uso de protección cruzada o 'vacunación'

La protección cruzada es un fenómeno que consiste en que las plantas que están infectadas con un aislado de un virus están protegidas de la infección que pueda ocurrir más tarde con otro aislado del mismo virus. A la inoculación con aislados atenuados para conseguir protección cruzada también se le denomina 'pre-inmuni-

zación' o más coloquialmente 'vacunación', ya que la protección cruzada es conceptualmente equivalente a la vacunación de los animales.

En tomate se ha usado la protección cruzada frente a tobamovirus con anterioridad al uso generalizado de variedades resistentes, y más recientemente se está usando para PepMV con excelentes resultados (Figura 1). Para poder poner en marcha programas de protección cruzada es necesario disponer de cepas virales atenuadas bien contrastadas, de características estables y conocidas, y es importante conocer algunas peculiaridades del método de control, incluyendo que las plantas protegidas quedan infectadas por los aislados atenuados durante todo el ciclo del cultivo. El caso de PepMV es un caso reciente de éxito (Agüero y col., 2018), en el que el virus tiene unas características que lo hacen apropiado para usar la protección cruzada como método de control, especialmente gracias a la identificación y puesta en el mercado de cepas atenuadas que cumplen todos los requisitos exigibles.

Cuando se observan síntomas de virosis en la parcela: diagnóstico específico y limitar la dispersión secundaria del virus

Aun siguiendo todas las medidas preventivas posibles, en la parcela o invernadero pueden aparecer síntomas de virosis. Típicamente, los virus pueden inducir mosaicos en hojas (ej. TMV), estriaduras necróticas y/o necrosis totales o parciales en tallos y

hojas (ej. ToMV), epinastia y enanismo de las plantas (ej. TYLCV), amarillos (ej. ToCV), y/o deformación y distribución irregular de pigmentos en frutos (ej. PepMV). Aunque unos síntomas se asocien con más frecuencia que otros a un determinado virus, lo cierto es que los síntomas pueden ser muy inespecíficos. Así pues, ante la aparición de síntomas como los mencionados, lo primero será llevar a cabo un diagnóstico específico. Existen cada vez más laboratorios, tanto públicos como privados, capaces de hacer buenos diagnósticos de los virus frecuentes en tomate, aunque la situación se puede complicar para virus emergentes o infrecuentes. En estos casos, una posibilidad es utilizar métodos no sesgados para la identificación de virus, como la secuenciación de alto rendimiento, aunque esta tecnología es todavía accesible sólo para unos pocos laboratorios y es cara. En todo caso, habrá que arrancar las plantas sintomáticas y deshacerse de ellas con todas las precauciones, incluyendo introducirlas en bolsones de plástico negro que se puedan solarizar para desactivar el virus. Conviene utilizar desinfectantes basados en compuestos peroxigenados, lejía, sosa o fosfato trisódico, entre otros. Identificado el patógeno asociado con los síntomas, conviene buscar asesoramiento para incidir en las medidas de contención de la enfermedad que sean más apropiadas. Aquí es necesario destacar la importancia de la figura del experto en patología vegetal, que será quien pueda definir con propiedad el tipo de medidas más adecuadas para cada patógeno.

Bibliografía



- Agüero, J., Gómez-Aix, C., Sempere, R. N., García-Villalba, J., García-Núñez, J., Hernando, Y., y col. (2018). Stable and broad spectrum cross-protection against pepino mosaic virus attained by mixed infection. *Front. Plant Sci.* 871, 1-12. doi:10.3389/fpls.2018.01810.
- Jones, R. A. C., y Naidu, R. A. (2019). Global Dimensions of Plant Virus Diseases: Current Status and Future Perspectives. *Annu. Rev. Virol.* 6, 387-409. doi:10.1146/annurev-virology-092818-015606.
- Luria, N., Smith, E., Reingold, V., Bekelman, I., Lapidot, M., Levin, I., y col. (2017). A new israeli Tobamovirus isolate infects tomato plants harboring *Tm-2* 2 resistance genes. *PLoS One* 12, 1-19. doi:10.1371/journal.pone.0170429.