

Hallazgos recientes y posibles resistencias futuras

# Control de patógenos en el Mediterráneo

2ª PARTE

*Situación de la investigación actual en la lucha contra parásitos del tomate, agrupados en hongos, bacterias, virus e insectos*



Síntomas de *Leveillula taurica*, oidio de desarrollo interno. Foto H. Laterrot.

Como el control genético de un buen número de patógenos se ha mostrado efectivo en la práctica según se ha expuesto en el Capítulo I, los genetistas y mejoradores de tomate de todo el mundo están desarrollando importantes programas de mejora para otro conjunto de patógenos (Cuadro 1). Los avances conseguidos en las aplicaciones prácticas varían ampliamente de un patógeno a otro y, aunque estimar las posibles innovaciones prácticas es una tarea difícil, vamos a intentar a continuación pasar revista a la situación de la investigación actual en la lucha contra cada parásito agrupados éstos en hongos, bacterias, virus e insectos.

## Hongos

-*Leveillula taurica* (*Oidiopsis taurica*) es un oidio de desarrollo interno que además de atacar al tomate produce también ataques severos en

pimiento. El gen dominante *Lv* confiere un alto grado de resistencia como demostraron los investigadores búlgaros. Los primeros híbridos comerciales están ya en el mercado.

- *Oidium lycopersicum* es el patógeno que provoca el oidio externo del tomate formando una película pulverulenta en la superficie de las hojas. Apareció en los invernaderos de la Europa del norte y central y se está extendiendo rápidamente de modo que ya son frecuentes sus ataques en los invernaderos del Sur de la Península Ibérica. La resistencia descubierta en *L. hirsutum* es debida al gen semidominante *O1-1* más un conjunto de genes modificadores. Una línea mejorada con la introducción de esa resistencia está siendo probada en distintas localidades para comprobar la estabilidad de la resistencia.

-*Alternaria dauci* f. sp. *solani* ataca las hojas y tallos de los tomates par-

ticularmente cuando las plantas han cuajado ya frutos. Muchos estudios han demostrado resistencia parcial al patógeno, resistencia que ha sido transferida a algunas líneas de tomate desde varias especies silvestres del género *Lycopersicon*. El material seleccionado en Carolina del Norte es el más ampliamente utilizado por los mejoradores.

- *Alternaria alternata* f. sp. *lycopersici* es el agente causal de los ataques de alternaria que se observan en el cuello de plantas muy jóvenes. Muchos cultivares son resistentes porque portan el gen *Asc*, que recientemente ha sido bien caracterizado. La «resistencia a alternaria» mencionada en ciertos catálogos de semillas se refiere a esta enfermedad y puede inducir a confusión porque ello no significa que sea resistente a la alternaria del follaje descrita en el párrafo anterior.

***Existen todavía muchas enfermedades para las que no se conoce resistencia genética efectiva dentro del género Lycopersicon***

-Existen todavía muchas enfermedades para las que no se conoce resistencia genética efectiva dentro del género *Lycopersicon*. Entre ellas cabe citar las podredumbres de raíz y cuello que afectan a los almácigos y que son causadas por *Pythium debarianum* y por *Rhizoctonia solani*; en épocas frías *Sclerotinia sclerotiorum* y *Botrytis cinerea*, forma asexual de *Sclerotinia fuckeliana*, causante del moho gris, pueden originar gravísimas pérdidas en los tomates de la cuenca mediterránea (Tello y del Moral, 1995).

## Bacteriosis

-*Corynebacterium michiganense* (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*) produce el chancro bacteriano, una enfermedad vascular que conlleva marchitamiento general, secándose después la planta. La bacteria puede ser transmitida en la semilla, de ahí que las semillas se certifiquen a veces como «libres de bacterias»,

pero además puede sobrevivir en el suelo con los restos de las cosechas hasta un año y puede ser transmitida mecánicamente de planta a planta. Esta bacteriosis afecta a veces a grandes áreas tanto en cultivos protegidos como al aire libre.

Se conocen desde hace tiempo fuentes de resistencia (Laterrot y col. 1978) pero dicha resistencia es parcial, muy influida por el ambiente y heredada de forma compleja. Los mejoradores están tratando de acumular genes de resistencia de distintos orígenes. A modo de ejemplo se puede apuntar que en el INRA francés se han obtenido poblaciones resistentes utilizando la línea Plovdiv 8/12 seleccionada en Bulgaria; en Japón, la línea Okitsu Sozai 1-20 ha sido seleccionada desde *L. hirsutum*; dos líneas resis-

de *L. peruvianum*. A pesar de las dificultades expuestas en la obtención de material resistente, debidas en su mayor parte a la naturaleza poligénica de la resistencia, se están probando híbridos experimentales con resistencia parcial en distintos países.

-*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* produce necrosis y muerte en las hojas y manchas en el fruto. Requiere temperaturas más altas que *Pseudomonas syringae* y por eso aparece más tarde que ésta en la cuenca mediterránea. Necesita además humedad relativa alta.

Varias fuentes de resistencia se describieron hace tiempo (Scott y Jones, 1986) y de ellas se derivaron los cultivares Campbell 28, Ohio 4013 y Hawai 7998 que resisten bien la defoliación. Hawai 7998 presenta pe-

virus muy variable, transmitido de forma persistente por la mosca blanca *Bemisia tabaci*, que produce graves daños en amplias áreas del viejo mundo, habiendo llegado al occidente de la cuenca mediterránea hace unos pocos años. El control del vector es muy difícil por lo que únicamente queda la resistencia genética como principal medida para luchar contra él.

Varios programas de mejora basados en los distintos grados de resistencia presentes en las especies silvestres del género *Lycopersicon*, han dado lugar a una primera serie de híbridos comerciales. El primero en aparecer fue TY20, obtenido en Israel partiendo de *L. peruvianum*; posee resistencia parcial que depende fuertemente de la presión del inóculo. En la segunda ola de híbridos, Tyking (Royal Sluis) y

**Cuadro 1:**  
**Patógenos del tomate que podrían ser controlados por resistencia genética en un futuro próximo**

Patógenos	Situación
Hongos	
<i>Leveillula taurica</i> (gen Lv) <i>Oidium lycopersicum</i> <i>Alternaria solani</i>	Primeros cultivares comerciales
Bacterias	
<i>Corynebacterium michiganense</i> <i>Xanthomonas vesicatoria</i>	Cultivares experimentales
Virosis	
TYLCV TSWV (gen Sw-5) PVY CMV	Algunos cultivares comerciales Algunos cultivares comerciales
Insectos	
<i>Liriomyza</i> spp. Moscas blancas Pulgones	Cultivares experimentales

tentes a *Pseudomonas solanacearum* que son parcialmente resistentes a *Corynebacterium*: IRAT-L3 seleccionada en Martinica y 72-TR-4-4 seleccionada en Carolina del Norte. Finalmente, en Canadá, se han obtenido líneas mas resistentes que sus padres (IRAT-L3 y Hawaii 7998).

Existe también resistencia al chancro bacteriano en *L. peruvianum* y la entrada LA 2157 parece ser la fuente de resistencia más prometedora porque sólo dos genes dominantes confieren gran parte de su resistencia. Crinó y col. (1995) están intentando unir diversas fuentes de resistencia procedentes de *L. esculentum* con la procedente

queñas poblaciones de esta bacteria en toda la vida de la planta, debe su resistencia a una reacción de hipersensibilidad controlada por un complejo sistema genético semidominante y la resistencia se expresó tanto en el follaje como en el fruto en pruebas realizadas en Taiwan. También en Bulgaria se ha encontrado resistencia a *Xanthomonas* en varias especies silvestres de *Lycopersicon*.

**Virosis**

-El virus de la hoja en forma de cuchara se conoce por las siglas TYLCV del inglés Tomato Yellow Leaf Curl Virus. Se trata de un gemini-

**Se han obtenido plantas transgénicas resistentes que llevan el gen de la nucleocápsida del TSWV. No obstante, esta resistencia debe ser probada en el campo para saber si puede ser efectiva en la práctica**

Fiona (S&G Sandoz) han mostrado un alto nivel de resistencia en ensayos desarrollados tanto en la cuenca mediterránea como en otras partes del mundo. Otros nuevos híbridos se están probando actualmente.

El alto grado de resistencia encontrado en *L. chilense* debido al gen parcialmente dominante Ty-1 (Zamir y col. 1994) es el punto de partida de numerosos programas de mejora especialmente en la cuenca mediterránea.

Se ha intentado también la obtención de plantas transgénicas que expresaran resistencia por llevar el gen de la cápsida del virus, pero la resistencia obtenida hasta ahora ha sido sólo parcialmente. Lo mismo ha ocurrido cuando se han protegido las plantas mediante inoculación con mutantes del virus que produce síntomas suaves.

- El virus del bronceado (TSWV, del inglés Tomato Spotted Wilt Virus) es transmitido por trips y se conoce

desde hace mucho tiempo en la cuenca mediterránea sin que fuera un problema grave, pero desde que el trips de California, *Frankliniella occidentalis*, se estableciera en la región, el bronceado ha pasado a ser uno de los principales problemas no sólo en tomate sino también en lechuga y pimiento.

Cruzamientos llevados a cabo en Sudáfrica entre tomates cultivados y *L. peruvianum* produjeron varias líneas con alto grado de resistencia a TSWV, resistencia que era debida al gen parcialmente dominante *Sw-5*. Este gen es y otras entradas de *L. peruvianum* son las fuentes que se están utilizando en distintos programas de mejora (Roselló y col. 1996), que aprovechan en las selecciones la enorme ventaja que supone la inoculación



**C**ruzamientos llevados a cabo en Sudáfrica entre tomates cultivados y *L. peruvianum* produjeron varias líneas con alto grado de resistencia a TSWV, resistencia que era debida al gen parcialmente dominante *Sw-5*

mecánica, al haberse demostrado que se puede transmitir así el virus en condiciones experimentales.

Se han obtenido plantas de tabaco transgénicas resistentes que llevan el gen de la nucleocápsida del TSWV, no obstante esta resistencia debe ser primero introducida en tomate y luego probada en el campo para saber si puede ser efectiva en la práctica.

- El virus Y de la patata (PVY, del inglés Potato Virus Y) se transmite de forma no persistente por pulgones y es una de las virosis importantes en la cuenca mediterránea desde 1980.

En 1981 se encontró resistencia en la entrada PI 247087 de *L. hirsutum* que fue atribuida a un gen, sin embargo, Légnani y col. (1995) han demostrado que la resistencia es controlada por dos genes recesivos y que no aparecen partículas de PVY en plantas resistentes inoculadas artificialmente.

Los mejoradores de distintos paí-



Arriba, Síntomas de la raza necrótica del virus PVY que aparecen claramente en la parte inferior de las hojas. Foto H. Laterrot. Debajo, Síntomas del virus de la cuchara (TYLCV) tan extendido en los países mediterráneos. Foto H. Laterrot.

# tratamiento de agua para la agricultura

*Es de dominio común que la calidad del agua tiene una importancia inestimable y que el rendimiento y la calidad de las cosechas están influenciados por el agua de irrigación.*

*El agua no tratada puede contener altas concentraciones de sal, tener un alto nivel de dureza, un pH alto o elementos tóxicos como el boro. "Chemtec" está especializada en el tratamiento del agua para la agricultura. Nuestra empresa dispone de sistemas capaces de resolver todos estos problemas de manera eficaz y con un máximo de rendimiento, logrando cultivos de alta calidad.*

## Hydrofix

El mejor tratamiento de agua con alto contenido alcalino (pH alto). Este proceso, registrado como patente, de cambio de iones reduce la concentración de sodio y la dureza del agua neutralizando al mismo tiempo la alcalinidad.

Hydrofix es utilizado para la irrigación, humectación y cultivo de plantas hidropónicas - para prevenir la precipitación y manchas sobre las hojas, para reducir la conductividad (o la salinidad) del agua.

El pH es controlado al mejor nivel para el crecimiento de las plantas (pH=5-6)

Nuestra decenal experiencia y la variedad de las instalaciones prueban que Hydrofix es la solución más económica para el tratamiento del agua alcalina, lo que permite llegar a los mejores resultados en los cultivos.

## Osmosis Inversa

La Osmosis Inversa (O.I) es un proceso de separación por una membrana para la desalinización y purificación del agua y es de fácil empleo.

O.I. es capaz de separar del agua sales disueltas con una eficiencia del 99%, eliminando bacterias, microbios y sustancias orgánicas.

El empleo de membranas fidedignas ha hecho del O.I. una tecnología de desalinización ampliamente utilizada. "Chemtec" utiliza los últimos desarrollos en la tecnología de control y de membranas para la producción de los sistemas más modernos y convenientes desde el punto de vista económico.

Nuestros sistemas de O.I. incluyen filtración preventiva, control de pH (escala preventiva), flujo automático etc. para proteger las membranas y asegurarles una larga duración.

Opciones especiales que ofrecemos:

Dilución automática para lograr la conductividad y el pH necesarios.

Concentración del agua de rechazo para reducir al máximo el gasto de agua de desagüe.

Eliminación de sustancias tóxicas como el boro.

מפעלים  
טיפול במים

CHEMTEC  
WATER TREATMENT

P.O.B 3205 Herzliya 46103 Israel, Tel. 972-9-9588777-8, Fax. 972-9-9584325



**tecniplant**

C/. Argentera, 29-6-1 - 43202 REUS  
Tel.: (977)320315 - Fax.: (977)317456  
e-mail: tecniplant@ediho.es

**Esquejes de clavel y crisantemo.**

**Plantitas de gerbera y verdes de corte.**

**CRISANTEMOS**

**SABEMOS**

que variedades aguantan el frío y que variedades resisten el calor.

**SUMINISTRAMOS**

variedades que aguantan el frío y variedades que resisten el calor.

**PROGRAMAMOS**

para invierno y para verano, o sea todo el año.

**TODO EL AÑO**

ACTIVIDAD Y CANTABILIDAD



**AGRICOLA CURBEL S.A.**  
C/ de la Industria, 2  
12007 Baza. Tel y Fax: 95840000

GAUCIA



Pol. Ind. Argentea  
C/ de la Industria, 22-9  
12007 Baza. Tel y Fax: 95840000  
Tel: 95840000  
Fax: 95840000

AGROSA Y AGROSA

ESTRADA 100000



C/ de la Industria, 22-9  
12007 Baza. Tel y Fax: 95840000  
Tel: 95840000  
Fax: 95840000



Arriba, síntomas del virus del bronceado (TSWV), un virus que causa pérdidas en numerosas especies hortícolas. Foto A. Morretti. Debajo, Síntomas de *Oidium lycopersici*, oidio externo que se extiende por los países mediterráneos desde hace algunos años. Foto A. Moretti.

ses están utilizando estos genes para obtener cultivares comerciales resistentes.

-El virus del mosaico del pepino (CMV, del inglés Cucumber Mosaic Virus) es transmitido por pulgones de forma no persistente y ataca a muchas hortalizas en todo el mundo. En tomates produce en las hojas mosaico y desarrollo filiforme, y necrosis en hojas, tallos y frutos que a veces afectan a

toda la planta y provocan su muerte. En los casos de necrosis el CMV, está asociado a un ARN satélite denominado CARNA5, pero no todos los CARNA5 son igualmente agresivos, ya que los hay benignos que no producen necrosis. Inoculando las plántulas de tomate con CMV portador de un CARNA5 benigno, se consigue una protección parcial pero efectiva contra el virus que puede ser utilizada comer-

cialmente hasta que aparezcan en el mercado cultivares resistentes. Se están explorando dos caminos para producir plantas resistentes mediante ingeniería genética. En el primero la resistencia la daría un ARN no necrótico que se insertaría en el genoma del tomate. En el segundo los tomates transgénicos llevarían el gen que codifica la proteína de la cápsida del CMV.

Además también cabe depositar cierta esperanza en la resistencia parcial encontrada en *L. chilense*, en *L. hirsutum* y en un complejo material de origen interespecífico.

---

**E**ntre las futuras resistencias, las que tienen más probabilidades de aparecer en cultivares comerciales son las resistencias a *Oidium lycopersicum*, a *Xanthomonas vesicatoria*, al virus Y de la patata, al virus del mosaico del pepino, a *Liriomyza*, a moscas blancas y a pulgones

---

#### Insectos

-Los minadores de hojas pertenecientes al género *Liriomyza* se han establecido en los cultivos protegidos de la cuenca mediterránea en los años 80, produciendo graves daños que se pueden paliar controlando las poblaciones mediante tratamientos químicos y lucha biológica.

Los puntos de partida en la obtención de cultivares resistentes los han proporcionado dos especies silvestres de *Lycopersicon*: *L. hirsutum* que está siendo utilizada en Florida en un programa para mejorar la resistencia contra *L. sativae* y *L. chesmanii* LA1401 que mostró resistencia a *L. trifolii*, *L. sativae* y *L. huidobrensis*. LA 1401, se ha usado en Francia como fuente de resistencia habiéndose obtenido líneas de crecimiento determinado y con fruto de tamaño mediano y duro, que presentan resistencia poligénica semidominante en un buen nivel; una de ellas se está probando en distintas condiciones de cultivo.

-Las dos especies de moscas blancas de invernadero que se han conver-



Prueba de resistencia al minador de hojas *Liriomyza trifolii*. Foto: D. Bordat.

tido en plaga en la cuenca mediterránea son *Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci*. Hace tiempo que se sabe que en *L. hirsutum* y *L. pennellii* existe resistencia efectiva contra ambas moscas, resistencia que parece deberse a los exudados de los pelos glandulares en el caso de *L. pennellii*. Sin embargo los programas de mejora se apoyan más en *L. hirsutum* f. *glabratum* que presenta una resistencia poligénica.

-Pulgones. Los pelos glandulares de las plantas de tomate dificultan el establecimiento de los pulgones. En las especies *L. hirsutum* y *L. pennellii* se ha encontrado resistencia a la colonización por *Macrosiphum euphorbiae*. Recientemente se ha demostrado un fuerte ligamiento entre la resistencia a la colonización por *M. euphorbiae* y el gen *Mi* que produce resistencia a nematodos del género *Meloidogyne*. Todavía no se conoce si esa resistencia es también efectiva contra otras especies de pulgones. Además, puesto que los pulgones son perniciosos, sobre todo por ser transmisores de virosis, es importante evaluar hasta qué punto esta resistencia permite controlar la extensión de las virosis.

-Existen una gran cantidad de plagas muy comunes y peligrosas en la cuenca mediterránea como son el ácaro del bronceado *Aculops lycopersici*, el ácaro blanco *Polyphagotarsemus latus*, la araña roja *Tetranychus*

*urticae*, la oruga verde *Heliothis armigera*, la plusia del tomate *Autographa gamma*, el medidor del tomate *Chrysodeisis chalcites*, la rosquilla negra *Spodoptera littoralis*, la garrama *Spodoptera exigua* y los trips *Thrips tabaci* y *Franklinella occidentalis*, para las que no se conoce resistencia genética efectiva, aunque se han encontrado resistencias parciales para algunas de ellas en especies silvestres. La investigación en cuanto a resistencias genéticas a insectos está, desgraciadamente, notablemente más atrasada que en el caso de micosis, bacteriosis o virosis.

### Conclusión

Entre las nuevas resistencias genéticas introducidas en el tomate cultivado como resultado de programas de mejora, están ya a disposición del agricultor algunos cultivares con resistencia a *Leveillula taurica*, a *Corynebacterium michiganense*, al virus de la cuchara y al virus del bronceado. Estas resistencias se introducirán en muchos cultivares futuros y serán de uso común si no son sobrepasadas por formas más agresivas que las actualmente predominantes. Entre las futuras resistencias, las que tienen más probabilidades de aparecer en cultivares comerciales son las resistencias a *Oidium lycopersicum*, a *Xanthomonas vesicatoria*, al virus Y de la patata, al virus del mosaico del pepino, a *Lirio-*

## REFERENCIAS

- Crinò, P., Veronese, P., Stamigna, C., Chiaretti, D., Lai, A., Bitti, M.E., Saccardo, F., 1995. Breeding for resistance to bacterial canker in Italian tomatoes for fresh market. *Acta Horticulturae* 412:539-545.
- Laterrot, H., Brand, R., Daunay, M.C., 1978. La résistance à *Corynebacterium michiganense* chez la tomate. *Etude bibliographique*. *Ann. Amélior. Plantes*, 28(5):579-591.
- Legnani, R., Gèbré Selassié, K., Nono Womdim, R., Gognalons, P., Moretti, A., Laterrot, H., Marchoux, G., 1995. Valuation and inheritance of the *Lycopersicon hirsutum* resistance against Potato Virus Y. *Euphytica* 86:219-226
- Tello, J., del Moral, J., 1995. Enfermedades no viricas del tomate. En: *El cultivo del tomate*, Coor. F. Nuez, Ediciones Mundi Prensa, Madrid, pp:523-564
- Scott, J.W., Jones, J.B., 1986. Sources of resistance to bacterial spot *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Dooidge) Dye in tomato. *HortScience* 21:304-306
- Zamir, D., Etkstein-Michelson, I., Zakay, Y., Navot, N., Zeidan, M., Sarfatti, M., Eshed, Y., Harel, E., Pleban, T., Van Oss, H., Kedar, N., Rabinovitch, H.D., Czosnek, H., 1994. Mapping and introgression of a tomato yellow leaf curl virus tolerance gene, Ty-1. *Theor. Appl.*

*myza*, a moscas blancas y a pulgones.

Finalmente, entre los hongos a los que no se conoce ningún tipo de resistencia, habría que dedicarle atención especial a *Botrytis cinerea* por las graves pérdidas que causa en la cuenca mediterránea. Entre los múltiples insectos que esperan investigación sobre su resistencia genética en tomate, habría que elegir como prioritarios quizá a los ácaros y a los trips por la dificultad que entraña la lucha contra ellos.

**Henri Laterrot, Jesús Cuartero**  
I. Station d'Amélioration des Estación Experimental Plantes Maraichères, BP. 94, 84143 Montfavet, Francia 2.INRA, La Mayora, CSIC, 29750 Algarrobo - Costa, Málaga