



AGRADECIMIENTOS:

A la inestimable colaboración del personal auxiliar del Laboratorio de Patología Vegetal del CIFA Córdoba. Este trabajo ha contado con el apoyo económico del proyecto AIR2-CT94-1500 de la Comisión Europea.

EL JOPO DEL GIRASOL

Evolución racial y desarrollo de resistencia

Por: José M^a Melero Vara*

El jopo del girasol (*Helianthus annuus* L.) es una angiosperma holoparásita constituida por poblaciones de *Orobancha cernua* Loefl. que atacan *Helianthus spp.* pero son incapaces de parasitar plantas en la familia *Solanaceae*. Es por esta especificidad de huésped que algunos consideran el jopo de girasol una especie distinta, que denominan *O. cumana* Wallr. El jopo de leguminosas (*O. crenata* Forsk.) *O. cernua sensu lato* y *O. ramosa* L. (una especie más polífaga), son las especies de jopo de mayor importancia agrícola en España y en otros muchos países.

DISTRIBUCION E IMPORTANCIA

La distribución de *O. cernua*, a nivel mundial, se extiende por el S. y E. de Eu-

ropa, N. de Africa, Asia Menor, Pakistán, India y algunas zonas de Australia, e incluso está referido en el Norte de China, donde también aparecen con más gravedad ataques por *O. coerulescens* Steph ex Willd.

En España está bastante extendido el jopo de girasol en las provincias de Cuenca, Córdoba y Sevilla, así como, en menor medida, en algunas provincias contiguas a éstas. Desde los años 70 se vienen constatando los ataques por *O. cernua* en los cultivos de girasol, primero afectando gravemente sólo a los cultivares no oleaginosos, y extendiéndose a continuación, a partir de las áreas de estos cultivos, a algunos cultivares oleaginosos. La incidencia del jopo en Andalucía Occidental en 1996 fue del 50% de la superficie

Una nueva raza de jopo supera el gen de resistencia introducido en los híbridos del girasol

cultivada, si bien las infecciones medias a graves se restringían a un 12% de dicha superficie.

Las pérdidas de cosecha atribuidas a la infección por jopo, estimadas preliminarmente en 1982 en Cuenca, sugerían que la severidad de las infecciones requerida para reducir el rendimiento al 50% era de 44-74 jopos/planta en cultivares no oleaginosos mientras que en los oleaginosos éste valor se reducía a 22.

(*) Ingeniero Agrónomo. Instituto de Agricultura Sostenible. Córdoba

Ponencia presentada en el 4º Symposium Nacional de Semillas, celebrado en Sevilla del 5 al 7 de Noviembre



Delante híbrido susceptible, frente al híbrido resistente con grandes capitulos (fondo)

Más recientemente, y con poblaciones de jopo más virulentas, se han determinado líneas de regresión que resultan en pérdidas al 50% con infecciones de unos 30 jopos/planta. Las estimaciones de pérdidas directas de cosecha por jopo en campos de girasol son de unas 13000 Tm. La inoculación artificial de plantas de girasol crecidas en umbráculo en condiciones óptimas para el cultivo indicó efectos significativamente reductores del número de semillas por capítulo y su peso en el caso de híbrido susceptible Coronil, pero no en Florasol ni en Isla. Podemos

huéspedes, e incluso de algunas no huéspedes. Destacan entre los compuestos estimuladores de la germinación el estrigol y compuestos relacionados. En los exudados radiculares se encuentran, a la vez que dichos compuestos, sustancias inhibitoras de la germinación, aún no identificadas. Por otro lado, concentraciones excesivas de compuestos estimuladores de la germinación podrían resultar inhibitoras ya que impedirían la elongación del tubo germinativo.

Al contactar el tubo germinativo con la superficie de la raíz del huésped, se origina un haustorio que segrega exoenzimas,

como pectin metil esterasa, que degradan paredes celulares y láminas medias, permitiendo el avance intercelular del mismo hasta alcanzar el cilindro central, donde se liberan celulasas.

Tras establecer conexiones vasculares entre las plantas parásitas y su huésped, se inicia el desarrollo de nódulos que alcanzan 1 cm de diámetro y diferencian un vástago que emerge en pocos días y da lugar a un tallo erecto, simple, con brácteas y flores, dispuestas en espiga laxa, que presentan fecundación autógama y generan las cápsulas en las que maduran gran número de semillas.

EVOLUCION RACIAL

La aparición de nuevas razas de jopo, seleccionadas en respuesta al empleo masivo de cultivares de girasol resistentes ha sido una constante a lo largo de la historia del cultivo.

En España, la imposibilidad de sembrar cultivares no oleaginosos en las áreas

tradicionales, dada su extremada susceptibilidad a jopo, propició en los años 80 la siembra en ellas de variedades oleaginosas que vieron paulatinamente superada su resistencia a *O. cernua* debido a la selección de individuos virulentos.

Simultáneamente se produjo una expansión de las zonas infectadas con las poblaciones de jopo que atacaban cultivos oleaginosos, lo que llevó a realizar nuevas determinaciones raciales de *O. cernua*.

Mediante el empleo de diferenciadores raciales, se ha caracterizado un total de 59 poblaciones de jopo muestreados en cultivos de girasol durante el periodo 1989-1996. Simultáneamente, tratando de establecer líneas diferenciadoras útiles en nuestra situación, se mostró que HA-89 y RHA-273 podrían serlo para poblaciones de virulencia moderada. Basándonos esencialmente en los ataques observados sobre las diferenciadoras Kruglik A-41 (con el gen Or_1), Zhdanovski 8281 (gen Or_2) y P-1380 (gen Or_5) utilizadas por Vrânceanu et al. (1980), hemos agrupado dichas poblaciones en cuatro razas según que no ataquen a ninguna de ellas o lo hagan sucesivamente sobre las diferenciadoras. Las dos primeras razas estuvieron presentes desde el comienzo de los muestreos y fueron más frecuentes las poblaciones que sólo atacaban a Kruglik A-41. Desde 1992 se vienen mostrando, aunque con baja frecuencia, las poblaciones que además atacan a Zhdanovski 8281. Tanto en 1994 como 1996 se pusieron de manifiesto varias poblaciones de jopo (5 y 3, respectivamente) que superaban la resistencia en cualquiera de las diferenciadoras mencionadas.

Dado que, por la gravedad de la situación, se ha introducido resistencia a *O. cernua* en muchos de los híbridos españoles, utilizando comúnmente el gen Or_5 , la aparición de poblaciones de jopo que superan dicha resistencia constituye un serio revés. Además, la extensión multifocal de estas poblaciones mostrada en 1997 constituye una amenaza grave que

Identificación de nuevas fuentes de resistencia eficaces frente a la nueva raza

concluir destacando que en la gravedad de la situación, interviene decisivamente la reciente extensión de la raza más virulenta de *O. cernua*.

BIOLOGIA

Las plantas de jopo producen cápsulas que liberan cantidades ingentes (10^4 - 10^5) de semillas diminutas que se dispersan por el aire, con la maquinaria, e incluso con las semillas de girasol, ya que pueden albergar en la cubierta del aquenio las semillas de *O. cernua*.

La dormancia de estas semillas no parece tan importante en *O. cernua* como en otras especies de jopo. Una vez superada, se produce la inducción de la germinación de las semillas de jopo en respuesta a exudados radiculares de plantas

SANIDAD VEGETAL

obliga a buscar nuevas fuentes de resistencia. Esta se ha procurado tanto en material cultivado como en silvestre.

BUSQUEDA E IDENTIFICACION DE LA RESISTENCIA

Los trabajos de Domínguez et al. (1996) con una población de jopo que supe- raba el gen Or_2 , pero no el Or_5 , identi- ficaron una baja proporción de entradas resis- tentes en material cultivado en cuyo origen había algún material ruso, turco o rumano. Asimismo, una línea restaurado- ra del programa de Mejora de girasol del CIDA Córdoba mostró resistencia a varias poblaciones de jopo de alta virulencia. La herencia de la resistencia en dicha línea, R-41, parece deberse a dos genes domi- nantes.



La evaluación frente a estas poblacio- nes de una colección de líneas de girasol derivadas de especies silvestres señaló como resistentes, total o parcialmente, al- gunas líneas derivadas de *H. anomalus*, *H. hirsutus*, *H. gracilentus* y *H. nuttallii*. La evaluación de 26 especies perennes y 18 anuales silvestres de *Helianthus* mostró resistencia completa en la gran mayoría de las primeras, mientras que entre las anuales sólo *H. agrestis*, *H. anomalus* y *H. exilis* mostraron resistencia.

Puesto que estos estudios no incluye- ron la inoculación con las poblaciones de extrema virulencia constatadas en 1996, se han iniciado nuevos experimen- tos con una población SE 296 de jopo, perteneciente a una raza que supera el gen Or_5 . En ellos se ha observado que dos líneas, JD-6 procedente de Odessa y W-14 de Yugoslavia, poseen alelos dife-

rentes a Or_5 completamente eficaces contra esta nueva raza de *O. cernua*, de reciente aparición en España. Dado que los actuales híbridos comerciales tienen basada su resistencia en el gen Or_5 , las lí- neas referidas serían de utilidad en la ob- tención de nuevos híbridos resistentes a jopo, constituyéndose además en dife- renciadoras de esta nueva raza de *O. cer- nua*.

HERENCIA DE LA RESISTENCIA

La transmisión de dicho carácter al gi- rasol cultivado se ha conseguido con la especie anual *H. exilis* y con las perennes *H. decapetalus*, *H. giganteus*, *H. hirsutus*, *H. laevigatus*, *H. nuttallii*, *H. pauciflorus* y *H. resinusus* que incluyen tres niveles de ploidia diferentes. Se han recuperado

otros, dependiendo de los parentales im- plicados, la herencia era más compleja, con implicación de dos genes dominan- tes e incluso con la intervención de genes modificadores. En otros casos parece haber herencia recesiva o ligada al citoplas- ma, que obliga a introducir la resistencia en la línea androestéril utilizada como ma- dre para la producción del híbrido, e inclu- so en los dos parentales. Estudios más recientes mostraron la ausencia de segre- gación en F_2 y $BC_1 F_1$ entre líneas de gira- sol resistentes a la población de jopo SE 194, sugiriendo que todas ellas poseen el mismo gen de resistencia, Or_5 , que tienen alelos distintos en el mismo locus. Esta disparidad de resultados sería explicable por la diversidad del material vegetal em- pleado, así como por las diferencias de vi- rulencia entre las poblaciones de jopo uti- lizadas.

EFEECTO DEL AMBIENTE EN LAS INFECCIONES

Aunque ha sido estudiada la influen- cia de la temperatura en la germinación de las semillas de *Orobancha sp.*, no se conocía su efecto sobre el desarrollo posterior de *O. cernua*. A este respecto, y dado que la temperatura podría modifi- car la interacción línea de girasol - po- blación de jopo, se ha realizado un estu- dio con tres poblaciones de *O. cernua* y cuatro líneas de girasol (Kruglik A-41, Zhdanovski 8281, HA-89 y RHA-273) que se incubaban a temperatura constante de 15, 19, 23 y 27°C.

Las infecciones de girasol por *O. cer- nua* resultaron drásticamente restringi- das por temperaturas constantes de 27°C, mientras que 19 y 23°C fueron las óptimas. Como era previsible, una de las poblaciones de jopo utilizadas fue más virulenta que las otras dos y atacó a Zh- danovski 8281 en cierto grado, particu- larmente a 23 y 27°C. La relación de la temperatura en la infección se mostró compleja, observándose interacción con el cultivar, ya que HA-89 resultó más susceptible a jopo cuando se incubaba a 15°C, y disminuían linealmente las infec- ciones en esta línea al incrementarse la temperatura.

Una ampliación de éstos estudios permitiría prever posibles rupturas de res-istencia debidas a la interacción de la temperatura con el patosistema, e inclu- so adelantar recomendaciones particu- lares en cuanto a las fechas de siembra que reduzcan las infecciones por jopo. No obstante, las recomendaciones en este sentido, no deberían hacerse antes de realizar amplios estudios de campo que tengan en cuenta los factores am- bientales en su conjunto y en un número de años suficiente.