

CUANTIFICACIÓN DE LA PODREDUMBRE BLANCA DE LOS CAPÍTULOS EN HÍBRIDOS DE GIRASOL INSCRIPTOS EN LA ARGENTINA DURANTE EL PERÍODO 1980-1999

ODRIOZOLA, Mariano^{1,4}; CASTAÑO, Fernando^{1,4*}; RIDAO, Azucena^{2,4}; RODRÍGUEZ, Raúl^{3,4}; RÉ, José⁵

¹Mejoramiento Genético Vegetal,
Facultad de Ciencias Agrarias (FCA)
Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP)

²Fitopatología, FCA-UNMdP

³Mejoramiento de Trigo y Girasol
Estación Experimental Agropecuaria (EEA)-INTA

⁴Unidad Integrada Balcarce (UIB), RN N° 226, Km.
73,5, CC 276, B 7620 BKL, Balcarce

⁵Criadero Monsanto Argentina SAIC, Camino Provincial N° 7 (Altura RN N°2, Km. 391),
B 7612, Pueblo Camet
E-mail: fcastanio@balcarce.inta.gov.ar

Resumen

Se evaluaron 24 híbridos de girasol inscriptos en la Argentina entre 1980 y 1999, con el propósito de comparar sus niveles de resistencia respecto de la podredumbre blanca del capítulo de girasol causada por las infecciones de *Sclerotinia sclerotiorum*. Se realizó un experimento a campo, en la Unidad Integrada Balcarce, donde los capítulos de cada material fueron inoculados utilizando un protocolo de origen francés. Se cuantificó la incidencia, la severidad y el índice de incubación de la enfermedad. No hubo respuestas diferenciales para incidencia, pero sí para las otras dos variables (índice de incubación y severidad). En este experimento, ninguno de los híbridos evaluados mostró niveles altos de resistencia para IINC y SEV% a la vez. En cambio, los híbridos SPS 891, CONTIFLOR 3, G100, MORGAN 734, RANCUL, CF13, MG2 y DEKASOL 4030 tuvieron niveles bajo de resistencia para ambas variables. El coeficiente de regresión de la respuesta de los cultivares sobre su año de inscripción fue sólo significativo para el índice de incubación. La repetibilidad de los resultados debe ser valorada con otros experimentos. Los resultados de este trabajo indicarían que, bajo el esquema actual de selección en nuestro país, la inscripción de nuevos cultivares con una aparición más tardía de los primeros síntomas de podredumbre blanca ayudaría a reducir la incidencia de la enfermedad en el cultivo de girasol, pero en el largo plazo.

Palabras clave:

mejoramiento, progreso genético, resistencia, selección.

WHITE ROT QUANTIFICATION ON SUNFLOWER HYBRIDS REGISTERED DURING 1980-1999 IN ARGENTINA

Summary

Twenty-four sunflower hybrids, registered from 1980 to 1999 in Argentina, were evaluated after *Sclerotinia* inoculations on capitula under field conditions. One experiment was made at the "Unidad Integrada Balcarce". Each hybrid was inoculated using the French protocol and the disease incidence, the disease severity and the relative incubation period, were scored. Variability was not detected for the disease incidence. On the other hand, cultivars had differential responses for disease severity and relative incubation period. There were no hybrids showing high levels of resistance for both severity and relative incubation period simultaneously. Conversely, the hybrids SPS 891, CONTIFLOR 3, G100, MORGAN 734, RANCUL, CF13, MG2 and DEKASOL 4030 had low performances for both variables. The coefficient of regression of responses of sunflower cultivars on their years of registration was only significant for the relative incubation period. Although further research is needed to confirm the repeatability of results, it can be suggested that the inscription of new sunflower cultivars with delayed appearance of first symptoms would help to reduce the white rot incidence in sunflower crops, but in the long term.

Key words:

breeding, genetic progress, resistance, selection.

Introducción

El girasol proporciona el 70% del total del aceite consumido en la Argentina (ASAGIR, 2006). Nuestro país es el tercer productor mundial de esta oleaginosa, después de la Federación Rusa y Ucrania (USDA-NASS, 2005) y es, además, un importante exportador de los subproductos que se obtienen luego de la extracción del aceite. Estas realidades hacen del girasol un cultivo de gran importancia económica local.

El cultivo del girasol se inició en la Argentina a partir de la introducción de poblaciones de polinización abierta de origen ruso, prosiguió con las variedades mejoradas por rendimiento, altura de planta y autocompatibilidad y, luego, con los híbridos (Bertero de Romano y Vázquez, 2003). La aparición de los híbridos incrementó el potencial de rendimiento del cultivo de girasol, debido a que producen más granos con alto tenor en aceite por unidad de superficie, que los demás tipos de cultivares (López Pereira *et al*, 1999).

El girasol está frecuentemente amenazado por las infecciones de *Sclerotinia sclerotiorum* Lib. de Bary en capítulos (Gulya *et al*, 1997), lo cual le provoca oscilaciones anuales de importancia en la producción de granos y

aceite. Existe, en consecuencia, una demanda creciente de híbridos con niveles adecuados de resistencia a la enfermedad (i.e. la podredumbre blanca de capítulos) producida por este patógeno fúngico, a fin de asegurarle al productor un alto potencial de rendimiento a la cosecha. El uso de estos híbridos mejoraría la estabilidad del rendimiento en el cultivo a través de las distintas campañas agrícolas, con lo cual la producción de dicha oleaginosa sufriría menores fluctuaciones causadas por este estrés biótico. Los mejoradores han anexado el carácter resistencia a la podredumbre blanca del capítulo como objetivo de selección en sus programas de desarrollo de cultivares híbridos (Fick y Miller, 1997).

En nuestro país no se han detectado estudios tendientes a valorar el nivel de resistencia de los híbridos liberados para su comercialización en distintas épocas con respecto a la podredumbre blanca. El objetivo de esta investigación es brindar información del comportamiento de los híbridos actuales respecto de los más antiguos y sobre la contribución del mejoramiento genético, a través de la selección de los genotipos más destacados.

Materiales y Métodos

Se utilizaron 24 híbridos de girasol (Tabla) inscriptos en el Registro Nacional de Cultivares (RNC) entre los años 1980 y 1999 (INASE, 2003). Dichos híbridos fueron seleccionados en función de su permanencia en el mercado así como por la disponibilidad de semilla. Se emplearon además dos híbridos no comerciales, denominados HR y HS, que son utilizados corrientemente por nuestro grupo como referentes de la aparición de la podredumbre blanca de capítulo: HR deja ver sus primeros síntomas más tarde que HS. Los 24 híbridos fueron sembrados en el campo experimental de la Unidad Integrada Balcarce (UIB), en un único año, de acuerdo a un diseño experimental en bloques completos y aleatorizados con dos repeticiones. La parcela contó con, al menos, 15 plantas/genotipo/repeticion. Los testigos fueron dispuestos en forma contigua al experimento y se los sembró en tres fechas diferentes a fin de asegurar un extenso período de floración de los mismos.

Las ascosporas del hongo se obtuvieron de acuerdo a un método utilizado corrientemente por nuestro equipo (Castaño y Rodríguez, 1997). El protocolo de inoculación que se utilizó es el descrito por Tourvieille y Vear (1984). La superficie floral de cada capítulo con los tres primeros círculos de flores hermafroditas con pistilos desarrollados, estadio R5.3 de Schneider y Miller (1981) o su homólogo F3:2 del Cetiom (1992), se roció con 5 ml de una suspensión acuosa conteniendo aproximadamente 5×10^3 ascosporas/ml, o sea alrededor de 25 mil ascosporas. Los testigos, que fueron inoculados en un estadio similar, recibieron igual cantidad de inóculo en cada fecha de infección. Luego de la inoculación, los capítulos se cubrieron inmediatamente con bolsas tipo Kraft, hasta madurez comercial. Dos veces por semana se recorrieron las parcelas inoculando los capítulos en el estadio adecuado, mencionado anteriormente. Se realizaron dos riegos

Tabla : Respuestas de 24 híbridos de girasol, inscriptos en la Argentina durante 19 años, a la inoculación con *Sclerotinia sclerotiorum* en capítulos.

HÍBRIDOS	§Año inscripción	Incidencia (%)	Índice de Incubación	Severidad (%)
DEKALB G98	1980	100	0,98*	100 [#]
DEKALB G97	1980	100	0,96*	97 [#]
SPS 891	1980	100	0,69 [#]	96 [#]
DEKALB G90	1981	100	0,64 [#]	100 [#]
CONTIFLOR 3	1983	100	0,64 [#]	97 [#]
DEKALB G100	1984	100	0,76 [#]	98 [#]
MORGAN 734	1986	100	0,71 [#]	94 [#]
DEKALB G103	1987	100	0,71 [#]	100 [#]
CONTIFLOR 9	1988	100	1,22 ^{&}	88*
CONTIFLOR 15	1989	100	0,98*	75 ^{&}
ACA 884	1991	100	0,96*	94 [#]
RANCUL	1991	100	0,80 [#]	98 [#]
DEKASOL 4030	1993	100	0,86*	95 [#]
DEKASOL 3881	1993	100	0,81 [#]	100 [#]
MORGAN 742	1995	100	1,01 ^{&}	93 [#]
DEKASOL 3915	1997	100	1,10 ^{&}	95 [#]
NIDERA PARAISO 20	1997	100	1,02 ^{&}	95 [#]
DEKASOL 3900	1997	100	0,96*	100 [#]
MORGAN M G2	1997	100	0,84*	95 [#]
DEKASOL 4040	1997	100	0,62 [#]	100 [#]
MORGAN M G4	1999	100	0,95*	100 [#]
DEKASOL 4050	1999	100	0,92*	99 [#]
ADVANTA CF 13	1999	100	0,81 [#]	94 [#]
MORGAN MILENIO	1999	100	0,71 [#]	100 [#]
Media General		100	0,86	96
C.V. (%)		0	10	5
DMS _{0,05}		-	0,23	10

§INASE (2003)

GRUPO (NIVEL DE RESISTENCIA): [#]G1 (BAJO)

[&]G2 (ALTO)

*G3 (INTERMEDIO)

semanales de aproximadamente 5 mm cada uno mediante aspersores de tobera a presión (tipo "sprinklers") hasta la madurez del cultivo.

Se realizaron dos evaluaciones semanales a partir de los 10 días de la primera inoculación realizada, registrándose en cada una de ellas la fecha en que los síntomas de podredumbre blanca eran detectados por primera vez en los capítulos. A madurez comercial del cultivo se estimaron las siguientes variables que caracterizan la presencia de podredumbre

blanca en capítulos: incidencia e índice de incubación (Vear y Tourvieille, 1984) y severidad (Castaño *et al.*, 2001). La incidencia (%), en porcentaje, es la relación que existe entre el número de capítulos enfermos y el número de capítulos inoculados; altos valores de I% implican bajo nivel de resistencia. Para cada capítulo enfermo se calculó un índice de incubación como la relación entre el período de incubación (en días) registrado en ese capítulo del híbrido evaluado y el período de incubación medio del híbrido HR inoculado el

mismo día. Luego se obtuvo el promedio del índice de incubación de la parcela (IINC); valores altos de IINC indican una aparición de los primeros síntomas más tardía que en HR y, por lo tanto, un mayor nivel relativo de resistencia. Se cuantificó la superficie adaxial de cada capítulo así como el área de la inflorescencia con síntomas. Esto permitió estimar la severidad media de enfermedad (SEV%) por híbrido, a partir de los datos proporcionados por cada capítulo individual con síntomas visibles; altos valores de SEV% indican un bajo nivel de resistencia.

Se realizó el análisis de la variancia, a dos criterios de clasificación (bloques e híbridos). Luego, se realizó la prueba de Diferencias de Medias Significativas (DMS, $\alpha = 0,05$) a fin de separar a los híbridos por su comportamiento contrastante. De esta manera, se los ubicó en alguno de los siguientes tres grupos, con diferentes niveles de resistencia en este experimento: G1 (de nivel bajo), G2 (de nivel

alto) y G3 (de nivel intermedio). El G1 se constituyó por materiales que no se diferenciaban significativamente del híbrido que ostentó el valor máximo de I% y SEV% y mínimo de IINC. El G2, en cambio, se formó por los híbridos que poseían un comportamiento estadístico similar al del híbrido con el valor mínimo de I% y SEV% y máximo de IINC. En G3, finalmente, se ubicaron los materiales no incluidos en G1 ni en G2.

La asociación entre las variables medidas y el año de inscripción de los híbridos en el RNC se valoró a partir del cálculo del coeficiente de correlación lineal. Se estimó, finalmente, la ecuación de regresión lineal del comportamiento de los híbridos sobre su año de inscripción en el RNC, a fin de cuantificar la tendencia del nivel de resistencia en el cultivo de girasol a partir de la aparición de nuevos híbridos. Todos los análisis estadísticos se basaron en Steel y Torrie (1988).

Resultados

1) RESPUESTAS DE LOS HÍBRIDOS A LAS INOCULACIONES

La I%, estimada como promedio de las dos repeticiones en cada uno de los 24 híbridos, se presenta en la tercera columna de la Tabla. La media general fue 100%, dado que todos los capítulos inoculados (incluso los correspondientes al HR y HS, resultados no mostrados) manifestaron, en consecuencia, síntomas de la enfermedad. Se advierte, por lo tanto, la ausencia de diferencias significativas entre híbridos dado que todos tuvieron el mínimo nivel de resistencia posible. La presión de inóculo y/o la cobertura permanente con la bolsa tipo Kraft, habrían favorecido la aparición de la podredumbre blanca en este experimento.

El valor medio del período de incubación del híbrido HR fue 28 días, mientras que el del HS fue 15 días. Para el IINC, los promedios se muestran en la cuarta columna de la Tabla. La media general del IINC fue 0,86; este valor indica que los híbridos, en promedio, presentaron un período de incubación menor y exteriorizaron los primeros síntomas de la enfermedad antes que HR. El coeficiente de variación obtenido, CV= 10%, fue similar al de otras experiencias realizadas en esta UIB (Favere, 2000; Godoy *et al*, 2005). Las respuestas diferenciales significativas

($\alpha < 0,01$) de los híbridos, detectadas por el análisis de la variancia, indicaron que el momento de aparición de los primeros síntomas en los híbridos fue variable. La DMS fue de 0,23. El grupo G1 se formó con 11 híbridos, de los que 10 de ellos tuvieron valores de IINC similares a DEKASOL 4040 que presentó el valor mínimo de IINC (0,62). En el G2 hubo cuatro híbridos, tres de los cuales mostraron un IINC similar a CONTIFLOR 9 con el valor máximo de IINC (1,22). El G3 está conformado por los 9 híbridos no incluidos en G1 ni en G2.

La media de SEV% en HR y HS fue 100%. Los promedios de SEV%, en el resto de los híbridos inoculados, se observan en la quinta columna de la Tabla. La media general de 96% indicó que dichos híbridos llegaron a la madurez, en promedio, con una altísima proporción de sus capítulos afectados debida, probablemente, a las condiciones en que se realizó la evaluación de esta variable. El CV= 5% sugirió una muy buena precisión de los datos. El análisis de la variancia detectó diferencias significativas ($\alpha < 0,05$) entre híbridos; algunos de estos tuvieron mayor área de capítulo afectada que otros. La DMS fue 10%. El G1 contiene 22 híbridos, 14 de los cuales mostraron valores de SEV% similares a aquéllos con la totalidad de sus capítulos con

síntomas (i.e. DEKASOL 3900, MORGAN MILENIO, DEKALB G 98, MORGAN MG 4, DEKALB G 103, DEKALB G 90, DEKASOL 3881 Y DEKASOL 4040). El G2 y el G3 agrupan a un sólo híbrido cada uno: Contiflor 15 (con SEV% = 75) y Contiflor 9 (con SEV% = 88), respectivamente.

2) ASOCIACIÓN ENTRE LAS RESPUESTAS MANIFESTADAS POR LOS HÍBRIDOS

El coeficiente de correlación entre IINC y SEV% tuvo un valor relativamente bajo ($r = -0,39$, $n = 48$) pero significativo ($\alpha < 0,01$). Los híbridos que mostraron más tardíamente sus primeros síntomas, por tener mayor IINC, fueron los que tuvieron generalmente menores valores de SEV% y viceversa. Los híbridos SPS 891, CONTIFLOR 3, DEKALB G100, MORGAN 734, RANCUL, ADVANTA CF13 y MORGAN MG2 coincidieron en su ubicación en G1 para ambas variables. Pero no hubo coincidencias para el G2.

3) RELACIÓN ENTRE AÑO DE INSCRIPCIÓN Y RESPUESTAS A *S. SCLEROTIUM*

El coeficiente de correlación entre IINC y el año de inscripción al RNC fue bajo ($r = 0,23$) pero significativo ($\alpha < 0,05$). Los mayores niveles de resistencia se observaron en algunos híbridos inscriptos entre 1988 (CONTIFLOR 9) y 1997 (DEKASOL 3915 y NIDERA PARAÍSO 20), mientras que los menores se detectaron en híbridos antiguos como SPS 891, inscripto en 1980, y en modernos como ADVANTA CF13 y MORGAN MILENIO, ambos inscriptos en 1999. El coeficiente de regresión del IINC sobre el año de inscripción fue $b = 0,005$, significativo ($\alpha < 0,01$). Por cada año de inscripción, los nuevos híbridos retrasaron la aparición de síntomas 5×10^3 unidades.

Para SEV%, el cálculo del coeficiente de correlación y regresión no arrojó valores distintos de cero ($r = 0,05$ y $b = 0,04$) respecto al año de inscripción al RNC. No se evidenció, por lo tanto, una tendencia a reducir el área de capítulo afectada por *S. sclerotiorum* en los híbridos modernos.

Discusión

1) VARIABILIDAD DE RESPUESTAS A LAS INOCULACIONES DE *S. SCLEROTIUM*

Los híbridos presentaron respuestas diferenciales en dos de las variables medidas, IINC y SEV%, mientras que la totalidad de los capítulos mostraron síntomas ($I\% = 100\%$). De acuerdo a Castaño *et al* (1993), este último resultado indica que los híbridos mostraron el mínimo nivel de resistencia a la penetración del hongo. Esto puede ser atribuido a que las condiciones del ensayo (i.e. ambiente severo de evaluación) fueron muy propicias para la infección y el desarrollo de la enfermedad.

El tipo de ambiente conocido como de alta presión de selección, se utiliza frecuentemente para seleccionar genotipos adaptados a condiciones desfavorables. En este sentido y en el marco del estrés biótico causado por la presencia de enfermedades, se aumenta así la probabilidad de que los genotipos selectos posean un adecuado nivel de resistencia en situaciones no tan beneficiosas para el patógeno como ocurre en condiciones de infección natural. En el girasol, este tipo de estrategia es análoga a la aplicada en el desarrollo de híbridos Clearsol®, con tolerancia a las imidazolinonas (Bruniard y Miller, 2001), en la que los genotipos fueron selectos en ambientes

severos y soportan, en consecuencia, dosis del herbicida varias veces superior a las recomendadas.

Respecto de *Sclerotinia* en girasol, experiencias realizadas en Francia mostraron que una baja presión de selección, a través de la utilización de una reducida concentración de inóculo (500 ascosporas/ml) sobre los capítulos asperjados, no producía valores altos de incidencia como cuando se utilizaban concentraciones elevadas (Tourvieille y Vear, 1984). A partir de la necesidad de asegurar la ocurrencia de infección, estos autores propusieron saturar los sitios utilizados por el patógeno para invadir el capítulo (i.e. el interior de los florones), mediante concentraciones más elevadas de inóculo. Así determinaron que 5000 ascosporas/ml era la cantidad más adecuada para evaluar la resistencia de los materiales, habida cuenta que dicha concentración proporcionaba una apropiada cantidad de plantas enfermas para hacer selección. Según Castaño *et al* (1993) dicha estrategia permite, además, estimar adecuadamente el período de incubación relativo de la enfermedad, visto la necesidad de contar para ello con al menos 20 plantas enfermas/genotipo. Una alta presión de selección, mediante un inóculo más

concentrado aplicado sobre capítulos que luego permanecen cubiertos hasta la madurez del cultivo les permitió, en la práctica, a los franceses ya sea reducir en un 60% la incidencia de enfermedad en híbridos modernos comercializados en el país galo, respecto de los antiguos (Vear *et al*, 2003; Serre *et al*, 2004) o, bien, obtener un progreso genético favorable, para la misma variable, en poblaciones mejoradas mediante selección recurrente (Vear *et al*, 1992).

En los programas de mejoramiento genético desarrollados en la Argentina, la evaluación del girasol frente a *S. sclerotiorum* en capítulos se realiza a partir de una menor presión de selección, que la descrita en los materiales y métodos de este trabajo. En efecto, los mejoradores utilizan concentraciones de 2500 ascosporas/ml por capítulo y/o acortan aproximadamente a 35 días el período durante el cual los capítulos permanecen cubiertos con bolsas de papel. Según Pereyra *et al* (1995), el empleo de esta metodología facilita la diferenciación de los materiales por su comportamiento. Lo anterior explica por qué, en nuestro trabajo, los híbridos que han sido desarrollados en programas de mejoramiento que utilizan una baja presión de selección, han mostrado valores máximos de incidencia (I%=100%) al ser sometidos a un ambiente más severo para el cual no estaban adaptados.

En cuanto al IINC la variabilidad de respuestas, debido a la aparición de los primeros síntomas en los híbridos evaluados, es coherente con lo hallado en trabajos realizados en la UIB utilizando el mismo protocolo de inoculación pero sobre otros materiales genéticos de girasol (Álvarez *et al*, 1999; Favere, 2000; Godoy *et al*, 2005). Como se sabe, la cuantificación del IINC permite conocer la velocidad con que el hongo coloniza al capítulo, luego de penetrar la inflorescencia a través de sus flores tubulares (Castaño *et al*, 1993). En este marco el presente trabajo detectó, por lo tanto, que cuatro híbridos (i.e. CONTIFLOR 9, MORGAN 742, DEKASOL 3915, NIDERA PARAÍSO 20) retardaron significativamente la proliferación de *S. sclerotiorum* en los tejidos de sus capítulos.

Con respecto al carácter SEV% trabajos previos, realizados en la UIB, manifestaron también la presencia de variabilidad en híbridos de girasol respecto del área capítulo

enfermo (Castaño *et al*, 2001; Russi *et al*, 2004). En este sentido, las respuestas observadas en el presente trabajo, realizado bajo otras condiciones ambientales y con un mayor número de híbridos al evaluado por estos últimos autores, confirma la versatilidad del girasol frente a la SEV% y la posibilidad de detectar genotipos con una menor proporción relativa de capítulo afectado luego de las inoculaciones con *Sclerotinia*, aún cuando la media experimental alcance valores altos debido, por ejemplo, a la severidad del ambiente de evaluación.

Es de destacar que el protocolo establecido para la cuantificación de la SEV% es análogo al del "test de micelio" (Vear y Guillaumin, 1977), utilizado corrientemente en Francia dado que complementa la estimación del nivel de resistencia obtenida luego de una inoculación ascospórica (Castaño *et al*, 1993). No obstante, la metodología desarrollada para estimar SEV% presenta la ventaja de evaluar la resistencia que oponen los tejidos de la inflorescencia al crecimiento micelial bajo condiciones de campo y no en una cámara de cultivo, como lo indica el "test de micelio". Esto supone, en consecuencia, un progreso en la evaluación de esta resistencia. De acuerdo a lo anterior, la variabilidad de respuestas a SEV % sugeriría la posibilidad de valorar si dicho carácter puede ser incluido como otro objetivo de selección en los planes de mejoramiento a fin de realzar el comportamiento de los híbridos frente a la podredumbre de capítulo.

2) NUEVOS HÍBRIDOS DE GIRASOL Y SU COMPORTAMIENTO A SCLEROTINIA EN CAPÍTULO

En este trabajo la ausencia de variabilidad de respuestas a I% indicó que los híbridos modernos tienden a mostrar similar nivel de resistencia a la penetración de *S. sclerotiorum* que los híbridos antiguos. En datos de otro ensayo, no incluidos en este trabajo, en el que la presión de selección fue más suave dado que las plantas estuvieron en un ambiente más favorable (i.e. los capítulos inoculados permanecieron siempre descubiertos), los híbridos mostraron un rango de I% entre 53-100% así como respuestas diferenciales. A pesar de ello, la variabilidad de I% tampoco pudo asociarse al año de inscripción de los híbridos.

Cuando la respuesta a *Sclerotinia* de capítulo es valorada en girasol, la interacción genotipo

x ambiente es del tipo no cruzada o cuantitativa dado que el ranking de híbridos no se modifica a través de los ambientes (Godoy *et al*, 2005). De acuerdo a lo anterior, no sería posible detectar una tendencia favorable en híbridos modernos respecto del aumento del nivel de resistencia a la penetración de *S. sclerotiorum* en caso que los mismos 24 híbridos se evaluaran en otro experimento en el que, por ejemplo, se aplique una menor presión de selección contra las plantas o se acotara el período en que los capítulos permanecen cubiertos con bolsas de papel. Se hace necesario contar con evaluaciones realizadas con éstos y otros híbridos más recientes, a fin de valorar cuál ha sido la contribución del mejoramiento genético hasta el presente.

El IINC y la I% son componentes de la resistencia parcial del girasol a la podredumbre blanca y los genotipos muestran respuestas independiente entre ellas (Castaño *et al*, 1993; Godoy *et al*, 2005). En el presente trabajo, el valor del coeficiente que estimó el cambio del IINC, a medida que nuevos híbridos eran inscriptos, fue bajo pero significativo. En consecuencia, se pudo detectar una contribución, aunque modesta, de alguno de los híbridos modernos a la aparición tardía de la enfermedad. Estos resultados eran, hasta ahora, desconocidos debido a la ausencia de referencias bibliográficas referidas a este tema.

¿A qué puede ser atribuida la manifestación más tardía de síntomas en los híbridos modernos, habida cuenta que el IINC no es tenido en cuenta en los programas de selección de girasol en la Argentina? Como se manifestó anteriormente, en nuestro país la incidencia de la enfermedad se valora alrededor de los 35 días luego de realizada la inoculación forzada. Este hecho hace que se seleccionen, en ese estadio fenológico, los genotipos con menor cantidad de plantas con capítulos enfermos. De esta manera el mejorador estaría, aunque inconscientemente, dirigiendo también su selección sobre aquellos materiales genéticos cuyo período de incubación promedio excede esos 35 días.

Godoy *et al* (2005) propusieron la inclusión del IINC en los programas de mejora por resistencia a *Sclerotinia* de capítulo en Argentina. ¿Cuáles son los atributos que posee el IINC para que deba ser tenido en cuenta por lo mejoradores locales? Para ello, se debe destacar que la detección de los primeros síntomas de la podredumbre en

capítulos se realiza fácilmente ya sea mediante tacto, sobre los sacos de papel que cubren los capítulos, o bien a través de una observación visual, en caso que los capítulos estén al descubierto. La toma de datos no consume demasiado tiempo, ni dinero y el cálculo del IINC procede de una sencilla operación matemática (i.e. división) que implica conocer cuántas veces el período de incubación del híbrido contiene al del testigo utilizado (HR, en nuestro caso). Se puede mencionar que la transmisibilidad del IINC hacia la progenie es relativamente elevada y que hay predominancia de los efectos aditivos en el control genético del carácter (Vear y Tourvieille, 1988; Godoy, 2001). Resultados provenientes de Francia mostraron que el IINC se incrementó en $b=0,07$ unidades/año, en una población recurrentemente seleccionada por esta variable (Vear *et al*, 1992), mientras que, en el primer ciclo de selección, el período de incubación de dicha población fue un 25% menor que el del testigo resistente, dicho valor fue un 17% superior, en el quinto y último ciclo de selección directa, respecto del mismo testigo.

Los argumentos anteriores sugieren que la inclusión del IINC como objetivo directo de selección, en los programas de selección en Argentina, posibilitaría obtener un mayor progreso anual respecto del estimado en este trabajo (i.e. $b=0,005$). En este sentido, la selección voluntaria por este componente de la resistencia parcial permitiría desarrollar híbridos de girasol mejorados por resistencia a la podredumbre blanca (i.e. mayor IINC y menor SEV%) y en un período de tiempo más corto.

Respecto a la variable SEV% si bien hubo respuestas diferenciales en los híbridos, las mismas fueron independientes del año en que éstos fueron inscriptos. Este resultado, que puede ser considerado como intermedio a los presentados para I% e IINC, indica que a través del desarrollo de nuevos híbridos no se incrementó ni redujo la SEV% y está relacionado con que dicha variable no ha sido un objetivo en los programas de selección. El hecho de que en nuestro trabajo el valor mínimo de SEV% haya sido alto (75%, o sea sólo $\frac{1}{4}$ del capítulo sin síntomas), sugeriría la necesidad de mejorar al girasol por dicho carácter a fin desarrollar cultivares cuyas plantas arriben a madurez con una mayor proporción de su inflorescencia sana.

La aparición de nuevos híbridos no se relacionó con un mayor nivel de resistencia de

éstos, durante el período 1980-1999, en dos de las tres variables cuantificadas. Por lo tanto, se evidencia que a pesar de las prácticas de mejoramiento llevadas a cabo, el nivel de resistencia adquirido en los híbridos más recientes no resultaría suficiente para disminuir los riesgos de aparición de la enfermedad en el cultivo, particularmente en todas aquellas situaciones en las que el patógeno se vea favorecido (i.e. ambientes severos). No obstante, la aparición de nuevos híbridos marcó una tendencia favorable respecto del retraso en la aparición de los primeros síntomas de la podredumbre blanca. En nuestro país, bajo las condiciones actuales de selección por resistencia a *S. sclerotiorum* en capítulos (i.e. selección sólo por I%, a los 35 días después de la inoculación) sería posible predecir, por lo tanto, que los futuros híbridos llegarían a poseer un período de

incubación de la enfermedad más extenso que el lapso de tiempo que va desde floración hasta cosecha (período crítico en el que se produce la infección y la aparición de los síntomas) de dichos materiales. De esta manera el número relativo de plantas con capítulos enfermos (i.e. I%) se vería también reducido, pero a largo plazo debido al lento progreso anual mostrado por IINC.

La utilización simultánea de la I%, IINC y SEV% como objetivos directos de selección en los planes de mejoramiento llevados a cabo en nuestro país, permitiría desarrollar cultivares de mejor comportamiento y en menor tiempo. De esta manera se mejoraría la caracterización genotípica de los híbridos frente a *Sclerotinia* dado que tres de las etapas en el desarrollo y aparición de la podredumbre blanca de los capítulos son consideradas.

Conclusiones

Los híbridos mostraron respuestas diferenciales al índice de incubación (IINC) así como a la severidad de enfermedad (SEV%). Todos los capítulos inoculados mostraron síntomas y, por lo tanto, los híbridos tuvieron incidencia máxima (100%).

Ningún híbrido mostró, en este trabajo, un nivel de resistencia alto para IINC y SEV% a la vez. En cambio, los híbridos SPS 891, CONTIFLOR 3, G100, MORGAN 734,

RANCUL, CF13, MG2 y DEKASOL 4030, por el contrario, tuvieron un nivel de resistencia bajo para ambas variables.

Se detectó una asociación significativa entre el IINC y el año de inscripción al RNC. Los híbridos modernos mostraron en general una tendencia favorable a la aparición tardía de los primeros síntomas de la podredumbre blanca en capítulos, respecto de los más antiguos.

Agradecimientos

Esta investigación fue financiada por la UNMdP y el Criadero Monsanto SAIC de Argentina, así como por la EEA Balcarce-INTA. Este trabajo fue presentado, por el primer autor, como requisito parcial para optar por su título de Ingeniero Agrónomo de la FCA-UNMdP.

Bibliografía

- ALVAREZ, M.; CASTAÑO, F. Y RODRÍGUEZ, R. 1999. Evaluation of *Sclerotinia sclerotiorum* infection of sunflower hybrids. *Annals of Applied Biology*, 134 (Suplemento):46-47.
- ASAGIR, 2006. Historia del girasol. En: <http://www.asagir.org.ar/historia.asp> (Revisado Mayo 2006)
- BERTERO DE ROMANO, A. Y VÁZQUEZ, A. 2003. Origin of the Argentine sunflower varieties. *Helia*, 26:127-136.
- BRUNIARD, J. Y MILLER, J. 2001. Inheritance of imidazolinone-herbicide resistance in sunflower. *Helia*, 24:11-16.
- CASTAÑO, F.; VEAR, F. Y TOURVIELLE, D. 1993. Resistance of sunflower inbred lines to various forms of attack by *Sclerotinia sclerotiorum* and relations with some morphological characters. *Euphytica*, 68:85-98.

- CASTAÑO, F. Y RODRIGUEZ, R.** 1997. A simple technique to produce ascospores of *Sclerotinia sclerotiorum*. En: International Sunflower Yearbook 1997-98 (ISA Ed.). International Sunflower Association. Paris, p. 77.
- CASTAÑO, F.; COLABELLI, M.; RODRIGUEZ, R. Y RÉ, J.** 2001. Variabilidad genética de la severidad de la podredumbre blanca de los capítulos en girasol. Journal of Basic and Applied Genetics, 16 (Suplemento):109.
- CETIOM.** 1992. La culture du tournesol. Guide cultural. Editorial Cetiom. Paris.
- FAVERE, V.** 2000. Evaluación de una nueva metodología de inoculación en capítulos de girasol para valorar la resistencia a *Sclerotinia sclerotiorum*. Facultad de Ciencias Agrarias-UNMDP. Tesis de Graduación-Ing.Agr., 70p.
- FICK, G. Y MILLER, J.** 1997. Sunflower breeding. En: Sunflower technology and production (A. Schneider Ed.). ASA-CCCA-SSSA Pub, Madison, pp.395-440.
- GODOY, M.** 2001. Heterosis y habilidad combinatoria de líneas endocriadas de girasol para la resistencia a *Sclerotinia sclerotiorum* de capítulos. Programa de Postgrado en Ciencias Agrarias, UNMdP-INTA, Trabajo de graduación M.Sc., 147p.
- GODOY, M.; CASTAÑO, F.; RÉ, J. Y RODRIGUEZ, R.** 2005. *Sclerotinia* resistance in sunflower: I. Genotypic variations of hybrids in three environments of Argentina. Euphytica, 145:147-154.
- GULYA, T.; RASHID, K. Y MASIREVIC, S.** 1997. Sunflower diseases. En: Sunflower technology and production (A. Schneider Ed.). ASA-CCCA-SSSA Pub, Madison, p.263-380.
- INASE.** 2003. Registro Nacional de la Propiedad de Cultivares y Catálogo de Variedades (al 01/12/03). En: <http://www.sagpya.mecan.gov.ar/new/0-0/inase/zip/CATALOGO.zip> (Revisado Junio 2006).
- LÓPEZ PEREIRA, M.; SÁDRAS, V. Y TRÁPANI, N.** 1999. Genetic improvement of sunflower in Argentina between 1930 and 1995. I. Yield and its components. Field Crops Research, 62:157-166.
- PEREYRA, V.; PRIOLETTA, S. Y ESCANDE, A.** 1995. Influencia del ambiente sobre el comportamiento de cultivares de girasol ante la podredumbre del capítulo causada por ascosporas de *Sclerotinia sclerotiorum*. En: 1^{er} Congreso Nacional de Soja y 2^a Reunión Nacional de Oleaginosos, Pergamino, II (IV):28-34.
- RUSSI, D.; CASTAÑO, F.; RÉ, J.; RODRÍGUEZ, R. Y SEQUEIRA, C.** 2004. New considerations on white rot genetic resistance. En: 16^a Conferencia Internacional de Girasol (I.S.A. Ed.), Fargo, 2:pp. 609-614.
- SCHNEITER, A. Y MILLER, J.** 1981. Description of sunflower growth stages. Crop Science, 21:901-903.
- SERRE, F.; WALSER, P.; TOURVIEILLE, D. Y VEAR, F.** 2004. *Sclerotinia sclerotiorum* capitulum resistance tests using ascospores: results over the period 1991-2003. En: 16^a Conferencia Internacional de Girasol, Fargo, 2:pp. 129-133.
- STEEL, R. Y TORRIE, J.** 1988. Bioestadística: Principios y procedimientos. Editorial Mac Graw Hill. México.
- TOURVIEILLE, D. Y VEAR, F.** 1984. Comparaison de méthodes d'estimation de la résistance du tournesol au *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. Agronomie, 4:517-525.
- USDA-NASS.** 2005. Agricultural statistics 2005. En: http://www.usda.gov/nass/pubs/agr05/05_ch3.PDF (Revisado Junio 2006)
- VEAR, F. y GUILLAUMIN, J.** 1977. Étude de méthodes d'inoculation du tournesol par *Sclerotinia sclerotiorum* et application à la sélection. Annales de l'Amélioration des Plantes, 27:523-527.
- VEAR, F. Y TOURVIEILLE, D.** 1984. Recurrent selection for resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* in sunflower using artificial infections. Agronomie, 4:789-794.
- VEAR, F. Y TOURVIEILLE, D.** 1988. Heredity of resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* in sunflowers. II. Study of capitulum resistance to natural and artificial ascospore infections. Agronomie, 8:503-508.
- VEAR, F.; CASTAÑO, F. Y TOURVIEILLE, D.** 1992. Recurrent selection for sunflower capitulum attack by *Sclerotinia sclerotiorum*. En: 13^a Conferencia Internacional de Girasol (I.S.A. Ed.), Pisa, II:1275-1280.
- VEAR, F.; BONY, H.; JOUBERT, G.; TOURVIEILLE, D.; PAUCHET, I. Y PINOCHET, X.** 2003. 30 years of sunflower breeding in France. Oléagineux, Corps gras, Lipides, 10:66-73.