

RESISTENCIA AL CARBÓN BLANCO DE LA BORRAJA (*Entyloma serotinum* Cif)

José M.ª Álvarez*, Carlos David Lahoz*, Fernando Villa**

* Unidad de Tecnología en Producción Vegetal, Servicio de Investigación Agroalimentaria (D.G.A.), Apartado 727, 50.080 Zaragoza, España

** Centro de Técnicas Agrarias, Apartado 727, 50.080 Zaragoza, España

RESUMEN

La borraja (*Borago officinalis* L.) es un cultivo hortícola típico del Valle Medio del Ebro, zona en la que recientemente ha adquirido gran importancia bajo invernadero, donde se obtienen excelentes resultados desde el punto de vista de rendimientos y de calidad. Sin embargo, la intensificación del cultivo ha supuesto una mayor incidencia de problemas fitosanitarios, entre los cuales uno de los más importantes es la enfermedad denominada carbón de la borraja o 'mancha blanca' que está causada por el hongo *Entyloma serotinum* Cif.

En este trabajo se han evaluado cuatro genotipos de borraja para resistencia a *E. serotinum*, inoculándolos artificialmente mediante frotamiento con plantas atacadas por el hongo, y al mismo tiempo se ha efectuado una caracterización morfológica de los mismos, para lo que se han determinado los siguientes parámetros: días a floración, altura, peso, número y longitud de pecíolos, número de brotes laterales, y rendimiento comercializable.

Uno de los genotipos ensayados, la línea 'n.º 1', mostró un cierto interés ya que, además de presentar un mayor nivel de resistencia al hongo, tiene también otros caracteres positivos como una mayor longitud de pecíolos y un buen rendimiento.

Palabras clave: *Borago officinalis*, *Entyloma serotinum*, Resistencia, Inoculación artificial, Caracterización morfológica.

SUMMARY

ENTYLOMA SEROTINUM Cif. RESISTANCE IN BORAGE

Borage (*Borago officinalis* L.) is a typical vegetable crop of the Ebro Valley, where recently it became the most important greenhouse crop because of the yield and quality obtained. Nevertheless, the growth of borage as a protected crop has increased its phytopathological threats, like the disease caused by the fungus *Entyloma serotinum* Cif.

In this work we tried to assess the *E. serotinum* resistance of four borage genotypes which were inoculated with *E. serotinum* by rubbing diseased tissue on testing plants, and at the same time, those genotypes were morphologically characterized by the following parameters: days to flowering, plant height and weight, number and length of the petioles, number of branches, and marketable yield.

Of the tested genotypes, line 'n.º 1' appeared to be the most interesting one, because it showed the highest resistance level, the longest petiols and the highest marketable yield.

Key words: *Borago officinalis*, *Entyloma serotinum*, Resistance, Artificial inoculation, Morphological characterization.

Introducción

El cultivo de la borraja (*Borago officinalis* L.) como especie hortícola es típico del Valle del Ebro, área en la que la producción se destina a la alimentación humana. De la planta se aprovechan los pecíolos de las hojas consumidas en forma de verdura. En otras latitudes se experimenta con la especie para la producción de semillas, ricas en ácido gamma-linolénico, de utilidad en la industria cosmética y farmacéutica (WILLIS, 1981; CARTER, 1988).

Tradicionalmente se venía cultivando al aire libre, aunque con la implantación de los invernaderos se realiza cultivo protegido con excelentes resultados, obteniéndose un producto de mayor calidad durante gran parte del año (ÁLVAREZ y VILLA, 1994). En Aragón se puede decir que la borraja se ha convertido en el cultivo más rentable bajo invernadero, donde prácticamente todas las explotaciones la cultivan como cabeza de alternativa (PROL, 1992).

La intensificación del cultivo, que ha supuesto su introducción en los invernaderos, ha implicado una mayor incidencia de problemas fitosanitarios, entre los cuales uno de los más importantes es la enfermedad denominada carbón de la borraja o "mancha blanca" que está producida por el hongo *Entyloma serotinum* Cif. (BERRA, 1989). Se trata de una enfermedad bien

conocida desde hace años por los agricultores que cultivaban la borraja al aire libre, donde los ataques eran muy livianos y no producía daños de importancia. Sin embargo, al introducir el cultivo bajo túnel de plástico ha aumentado considerablemente la incidencia de la enfermedad (FERNÁNDEZ-CAVADA, 1990).

El hongo coloniza las hojas formando numerosas manchas blanquecinas que, en ataques graves, llegan a cubrir prácticamente toda la superficie foliar. A medida que avanza la enfermedad, alrededor de la mancha se forma un anillo pardo-violáceo muy característico, y finalmente se necrosa (FERNÁNDEZ-CAVADA, 1990). No se ha observado nunca colonización de pecíolos, incluso en el caso de ataques muy fuertes. La infección comienza por las hojas más viejas y cercanas al suelo, colonizando también los cotiledones, y se va propagando hacia las más jóvenes sin que normalmente llegue a afectar a las más próximas a la yema terminal. El carbón aparece sobre las hojas con la llegada de los fríos, durante el período otoño-invierno, desapareciendo a medida que aumentan las temperaturas en primavera (BERRA, 1989).

Si el ataque es débil, o se inicia sobre plantas bien desarrolladas, los daños son ligeros y no pasan de una depreciación de la borraja desde el punto de vista comercial. Pero si los ataques son muy intensos, o la enfermedad se inicia en las primeras

fases del cultivo, el rendimiento puede llegar a verse gravemente afectado.

El control químico de la enfermedad es empleado generalmente por los agricultores, utilizándose diversos productos, siendo los más usados el miclobutanil y el quino-metonato. Sin embargo de entre las varias estrategias existentes para la lucha contra las enfermedades de las plantas, el desarrollo y utilización de cultivares resistentes es posiblemente la más práctica y económicamente eficiente, además de poseer otras características importantes como son, respeto con el medio ambiente al reducir el empleo de productos fitosanitarios, posibilidad de complementarse con otras formas de lucha, y conferir protección al cultivo durante todo su ciclo agronómico.

En este trabajo se intenta evaluar, para resistencia a *E. serotinum*, cuatro genotipos diferentes, tres de los cuales parecían presentar algún nivel de resistencia y un cuarto considerado sensible, y al mismo tiempo realizar una caracterización morfológica de dichos genotipos.

Es necesario señalar que, por lo que sabemos, este es el primer trabajo que se ha realizado sobre resistencia a *E. serotinum*, por ello no se conoce ningún método de inoculación artificial del hongo, o de evaluación de la resistencia, por lo que en este trabajo se ponen también a punto estos métodos.

Material y métodos

Material criptogámico

Debido a que no se conoce el método para mantener *E. serotinum* en medio artificial, el hongo no puede conservarse si no es

en tejido vivo, por tanto hubo que esperar a que apareciera el hongo, de forma natural, en los invernaderos de la zona para realizar la inoculaciones.

Material vegetal

El material vegetal que se utilizó en este trabajo estuvo constituido por plantas de borraja pertenecientes a la variedad 'Flor Blanca', y a las líneas de mejora '8-D', '8-I' y 'n.º 1', cuyas características son las siguientes:

- 'Flor Blanca', población tradicional no seleccionada, heterogénea, sensible a enfermedades. Floración primaveral precoz.

- '8-D' y '8-I', procedentes de la generación M4 de semillas de la variedad 'Movera' irradiadas con rayos gamma, y seleccionadas por presentar una menor incidencia de *E. serotinum* que la variedad original 'Movera'.

- 'n.º 1', proviene de una selección de las plantas con menos incidencia del hongo dentro de una población de borraja procedente del Banco de Germoplasma de Hortícolas de Zaragoza.

Las siembras se realizaron en bandejas llenas con un substrato formado por turba enriquecida (55%), humus de lombriz (30%) y arena (15%). Las bandejas se mantuvieron en invernadero con calefacción, a unas temperaturas comprendidas entre los 16 y los 22 C. Cuando las plantas alcanzaron el estado de 2-3 hojas se procedió a su transplante en un invernadero (el 15/12/98) con cubierta de polietileno térmico de larga duración, con un grosor de 800 galgas, sin calefacción, con ventilación lateral y riego por goteo. Los porta-goteros estaban sepa-

rados 0,5 m, y los goteros, de un caudal de 4 l/h, separados 0,3 m a lo largo del ramal. La borraja se plantó a ambos lados del porta-goteros, con una separación entre plantas de 0,3 m.

El diseño experimental fue de parcelas al azar con 4 repeticiones por genotipo estudiado, y 30 plantas por parcela, la mitad de las cuales se destinaron a la evaluación de la resistencia a *E. serotinum*, y la otra mitad a la caracterización morfológica.

Inoculación artificial

La inoculación se llevó a cabo un mes después del trasplante, mediante frotamiento de todas las plantas del invernadero con hojas de las plantas infectadas, recogidas en invernaderos de la zona, con el fin de provocar el desprendimiento de esporas sobre las plantas a inocular.

Con el fin de aumentar la humedad relativa del recinto, y así favorecer el ataque del hongo se procedió a colocar un aspersor en el centro del invernadero, haciéndolo funcionar durante 15 minutos al día.

Evaluación de la incidencia de la enfermedad

Se realizó a los 2 meses y medio de la inoculación, cuando comenzaba la subida a flor de las plantas, [estado prefloral 1 (VILLA y ÁLVAREZ, 1999)], alargándose la recogida durante veinte días.

Para la evaluación del grado de incidencia de la enfermedad, se utilizó una escala visual de 0 a 3 (figura 1), evaluando todas las hojas que estaban completamente desarrolladas en el momento de la recolección. Los grados de la escala son los siguientes:

0: Ausencia de colonias (resistente).

1: Infección leve (moderadamente resistente).

2: Infección generalizada (sensible).

3: Abundantes puntos de infección (muy sensible).

Se evaluaron un mínimo de 7 plantas/parcela y un máximo de 15.

Caracterización morfológica

Las plantas se recolectaron cuando habían alcanzado el estado prefloral 1 (VILLA y ÁLVAREZ, 1999), midiéndose, para cada planta, los siguientes parámetros, de acuerdo con SUSIN y ÁLVAREZ (1994),

- Días a floración (desde el trasplante).
- Altura de la planta (de la inserción de los cotiledones al ápice).
- Peso total de la planta.
- Número y peso de pecíolos.
- Longitud media de los pecíolos.
- Número y peso de los brotes laterales.
- Rendimiento [(Peso de pecíolos/Peso total) x 100].

Se evaluaron un mínimo de 9 plantas/parcela y un máximo de 15.

Resultados y discusión

El método de inoculación empleado dio resultados positivos, apareciendo los primeros síntomas, muy localizados, un mes después de la inoculación. La infección se generalizó a partir del 10/03/99, observándose manchas blancas en todas las parcelas estudiadas. El hongo apareció repartido por toda la planta, exceptuando las hojas más jóvenes.

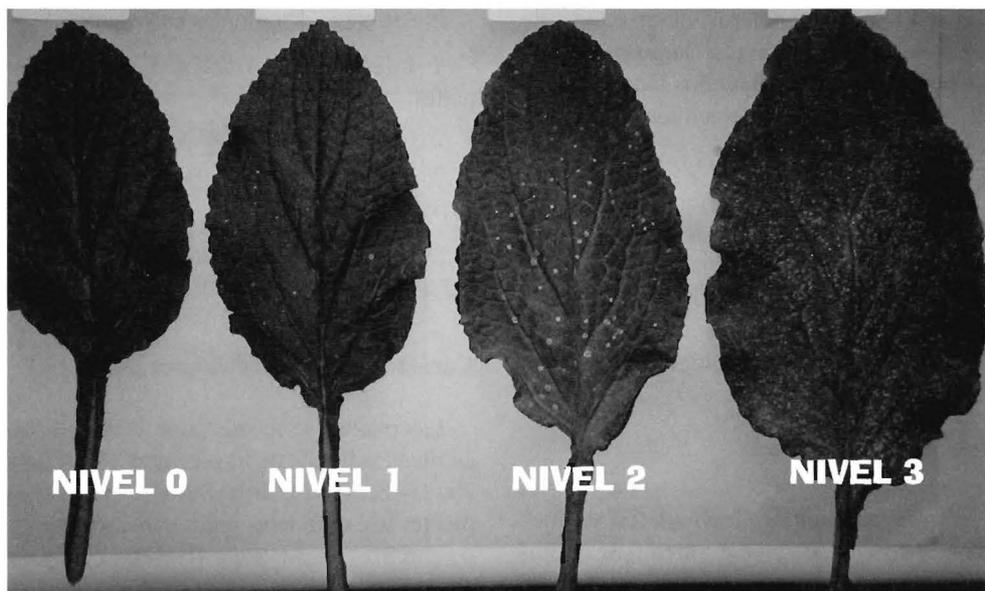


Figura 1. Escala de síntomas para la evaluación del grado de incidencia de *Entyloma serotinum* sobre hojas de borraja.

Figure 1. Symptom scale for evaluation of disease level of Entyloma serotinum.

Cuadro 1

Medias de la incidencia del ataque de *E. serotinum* Cif. sobre 4 genotipos de borraja, medida de acuerdo con una escala visual de 0 a 3. Las medias seguidas por letras distintas son significativamente diferentes al nivel 5%, según el test LSD

Table 1

Average incidence of E. serotinum on four borage genotypes determined according with a 0 to 3 scale. Means followed by different letters are significantly different according to LSD test ($p < 0,05$)

Genotipos	Grado de infección
'n.º 1'	1,369 a
'8-D'	1,550 ab
'Flor Blanca'	1,787 b
'8-I'	1,801 b

Por lo que respecta al nivel de incidencia del hongo sobre los genotipos estudiados (cuadro 1), se pudo observar que sobre la línea "n.º 1" resultó significativamente menor que en la variedad 'Flor Blanca'. Las otras líneas no se diferenciaron de 'Flor Blanca', si bien en el caso de la '8-D' hay tendencia hacia una menor incidencia.

El método de inoculación por frotamiento de tejidos enfermos sobre la planta a inocular es un método que se ha aplicado con éxito al estudio de otras enfermedades y se basa en la posibilidad de que esporas viables se depositen sobre la superficie de la hoja sana, además de producir lesiones superficiales que facilitan la penetración del hongo (HEATH, 1986).

Se trata de una técnica rápida, ya que permite inocular un gran número de plantas en poco tiempo, con la ventaja añadida de reproducir las condiciones de cultivo. Por contra, presenta ciertos inconvenientes, como son:

- Los resultados se pueden ver afectados por las condiciones ambientales, que no son constantes en el invernadero.

- El ensayo ocupa mucho tiempo y espacio, y por tanto es costoso económicamente.

Parece pues importante el desarrollo de un test de resistencia en condiciones controladas y realizado sobre plantas jóvenes, de forma que se pueda realizar en poco tiempo, ocupe poca superficie y los resultados sean fiables.

Los resultados obtenidos en la evaluación de los diferentes cultivares indicaron que ningún genotipo mostró resistencia total a *E. serotinum* Cif., existiendo pequeñas diferencias de resistencia entre los genotipos estudiados (resistencia parcial o incompleta). Los rangos de variación osci-

laban entre 1,369 para la línea 'n.º 1', la más resistente, y 1,801 para la '8-I'. Este tipo de resistencias parciales suele ser de carácter poligénico (NELSON, 1978).

La línea '8-I', para las condiciones de cultivo del ensayo, resultó ser la más sensible al carbón de la borraja, pese a haber sido seleccionada por presentar un cierto nivel de resistencia, ésto parece confirmar la influencia de las condiciones ambientales sobre la manifestación de esta enfermedad (FERNÁNDEZ-CAVADA, 1990).

El estudio morfológico de los cuatro genotipos (cuadro 2) ha puesto de manifiesto, en coincidencia con los resultados obtenidos por SUSIN y ÁLVAREZ (1994), que los parámetros más discriminantes son, días a floración y peso de los pecíolos, que permitieron distribuir los 4 genotipos en 3 grupos, mientras que el número de brotes laterales y el peso de los mismos no discriminaron entre los genotipos.

La variedad 'Flor Blanca' parece poco adaptada al cultivo en invernadero, ya que se sube rápidamente a flor, es la que alcanza menor tamaño, con menos pecíolos y menor peso de los mismos, y por consiguiente el menor rendimiento.

Por contra la línea 'n.º 1' aparece como un material vegetal interesante, debido a su mayor nivel de resistencia a *E. serotinum* Cif. (cuadro 1), unido a algunos otros caracteres de interés como una mayor longitud de pecíolos y un buen rendimiento (cuadro 2).

Agradecimientos

Agradecemos al Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria la financiación de estos trabajos a través del Proyecto SC-96-087.

Cuadro 2

Resultados de la caracterización morfológica de cuatro genotipos de borraja. Los valores reflejados son la media de las cuatro parcelas de cada genotipo. Para cada parámetro las medias seguidas por letras distintas son significativamente diferentes al nivel 5%, según el test LSD

Table 2

Morphological characterization of four genotypes of borage. Figures represent the mean value of four plots per genotype. For each character, means followed by different letters are significantly different according to the LSD test ($p < 0,05$)

Genotipos	Parámetros evaluados								
	Días a floración	Altura (cm)	Peso/planta (g)	Nº pecíolos	Peso pecíolos (g)	Long media pecíolos (cm)	Nº de brotes laterales	Peso brotes laterales (g)	Rendimiento* %
'8-1'	118,14a	60,87ab	2.023,66a	78,5a	616,57a	38,43a	8,26	734,81	30,61a
'8-D'	114,98a	60,81a	1.818,65ab	63,49ab	495,90ab	38,76a	8,63	710,38	28,06ab
'nº 1'	107,13b	63,12a	1.487,22ab	59,42ab	402,05bc	41,73a	9,09	637,19	27,58ab
Flor Blanca	99,13c	50,79b	1.121,69b	49,48b	286,00c	31,47b	9,49	469,42	25,21b

(*) Rendimiento = [(peso pecíolos/peso total) x 100].

Bibliografía

- ÁLVAREZ J.M., VILLA F. 1994. Selección y cultivo de la borraja. 'Movera' primera selección de borraja resistente a la subida a flor. *Horticultura*, 101: 13-23.
- BERRA D. 1989. Una epífita de la borraja (*Borago officinalis* L.): El carbón *Entyloma serotinum* Cif. Una incursión en la taxonomía del hongo. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*, 15: 215-223.
- CARTER J.P. 1988. Gamma linolenic acid as a nutrient. *Food Technol.*, 42: 72-82.
- FERNÁNDEZ-CAVADA S. 1990. El carbón de la borraja. *Entyloma serotinum*. *Surcos de Aragón*, 20: 24-25.
- HEATH M.C. 1986. Fundamental questions related to plant-fungal interactions: can recombinant technology provide the answers?. En: John Bailey (De.) *Biology and molecular biology of Plant-Pathogen interactions*. NATO ASI Series, Cell Biology, Vol. 1 Springer Verlag Berlin, 15-28.
- NELSON R.R. 1978. Genetics of horizontal resistance in plant disease. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 16: 359-378.
- PROL J.M. 1992. La horticultura de invernadero en Aragón. *Surcos de Aragón*, 34: 10-16.
- SUSIN I., ÁLVAREZ J.M. 1994. Estudio de los caracteres discriminantes en la descripción de la borraja. *Actas de Horticultura*, 9: 209-214.
- VILLA F., ÁLVAREZ J.M. 1999. La borraja. Cultivo, fenología, y selección para resistencia a la subida a flor. *Gobierno mde Aragón. Departamento de Agricultura y Medio Ambiente*, 127 pp.
- WILLIS A.L. 1981. Nutritional and pharmacological factors in eicosanoid biology. *Nutrition Reviews*, 39: 289-301.

(Aceptado para publicación el 6 de marzo de 2000)