

RESPUESTA DE POBLACIONES DE *AVENA STERILIS* DE CASTILLA Y LEÓN A HERBICIDAS UTILIZADOS PARA SU CONTROL

Loureiro I., Escorial M.C., Chueca M.C.*

Departamento de Protección Vegetal, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Ctra. La Coruña km 7,5, 28040 Madrid, España.

**chueca@inia.es*

Resumen: Se ha evaluado la respuesta en invernadero de 25 poblaciones de *Avena sterilis* L. recogidas en Castilla y León a los herbicidas inhibidores del enzima ACCasa (Acetil Coenzima A carboxilasa) clodinafop-propargil, diclofop-metil y tralkoxidim. Se han utilizado 2 dosis (la dosis recomendada en campo y la dosis doble) además de un control no tratado, con 3 repeticiones por dosis y 25 semillas por repetición. La dosis recomendada fue de 40,8 g. m.a. ha⁻¹ para clodinafop, 900 g. m.a. ha⁻¹ para diclofop y de 400 g. m.a. ha⁻¹ para tralkoxidim. Todas las poblaciones muestreadas fueron susceptibles al herbicida tralkoxidim cuando se empleaba a la dosis recomendada. A pesar de que la mayoría de las poblaciones se clasificaron como sensibles en su respuesta a los herbicidas "fop" utilizados, se detectaron poblaciones que muestran cierto grado de resistencia a ambos herbicidas, en mayor medida al diclofop-metil.

Palabras clave: Avena, inhibidores de ACCasa, resistencia a herbicidas.

Summary: *Response of populations of Avena sterilis from Castilla-León to herbicides used for its control.* The response of 25 populations of *Avena sterilis* L. collected in Castilla-León to the ACCase (acetyl coenzyme A carboxylase) inhibiting herbicides clodinafop-propargyl, diclofop-methyl and tralkoxydim has been evaluated in the greenhouse. Two herbicide doses were used (the recommended field rate and the double rate) plus a non-treated control, with 3 replications per dose and 25 seeds per replication. The field rate was 40.8 g a.i. ha⁻¹ for clodinafop, 900 g a.i. ha⁻¹ for diclofop and 400 g a.i. ha⁻¹ for tralkoxydim. All sampled populations were sensitive to tralkoxydim herbicide when used at the recommended field rate. Although most of the populations were classified as sensitive in the response to the used "fop" herbicides, populations showed some degree of resistance to both herbicides but in a greater extent to diclofop-methyl.

Keywords: Wild oat, ACC-ase inhibitors, herbicide resistance.

INTRODUCCIÓN

Avena sterilis L., junto con *Avena fatua* L., conocidas en genérico como avenas locas o balluecas, son las especies silvestres del género *Avena* con mayor incidencia sobre los cultivos de cereal en la región Mediterránea. Esa especie ocasiona importantes reducciones en el rendimiento como resultado de la elevada competencia que establecen con el cultivo (Fernandez-Quintanilla et al., 1997). Aunque en el mercado existen herbicidas disponibles para el control de estas especies, el uso de éstos depende en gran medida de la rentabilidad del cultivo, lo que hace que no siempre sea posible su utilización. Si bien en la actualidad el uso intensivo de los herbicidas inhibidores de la ACC-asa para el control de malas hierbas gramíneas ha llevado a la aparición de numerosas resistencias a escala global (Heap, 2015), la resistencia a herbicidas en poblaciones de Avena en España no se considera un problema grave aunque sí existen campos donde se han localizado problemas de control con avenicidas específicos (Taberner et al., 2005; CPRH, 2011).

En el año 2013 se realizaron una serie de muestreos al azar de poblaciones de *Avena sterilis* L. en campos de cereal de diferentes provincias de Castilla y León con el fin de determinar la frecuencia con la que aparecen en la actualidad poblaciones resistentes a algunos de los herbicidas que han sido utilizados durante años para su control en cereal. El objetivo de este trabajo es evaluar la respuesta estas poblaciones a los herbicidas inhibidores del enzima ACC-asa (Acetil Coenzima A carboxilasa) clodinafop-propargil, diclofop-metil y tralkoxidim.

MATERIAL Y MÉTODOS

Entre los años 2013-2014 se recogió semilla madura de 25 poblaciones de *A. sterilis* en muestreos de malas hierbas realizados al azar en campos de cereal de diferentes provincias de Castilla y León de los que no se conoce el historial previo. Para realizar los ensayos de respuesta a herbicidas, esta semilla se sembró en bandejas de plástico de 25 L con una mezcla de mantillo:tierra:arena (1:1:1) con 25 semillas por bandeja y 3 bandejas por dosis de tratamiento y herbicida. Se realizaron ensayos de respuesta a los herbicidas clodinafop-propargil, diclofop-metil y tralkoxidim en invernadero. Las dosis de clodinafop-propargil (Topik, clodinafop-propargil 24% p/v, Syngenta + CanPlus 0,5%, Zeneca Agro) empleadas fueron de 0; 40,8 y 81,6 g m.a ha⁻¹, las de diclofop-metil (Colt, diclofop-metil 36% p/v, Dupont) de 0; 900 y 1800 g m.a ha⁻¹ y las de tralkoxidim (Splendor, tralkoxidim 25% p/v, Syngenta + CanPlus 0,3%, Zeneca Agro) de 0; 400 y 800 g m.a ha⁻¹. Las dosis utilizadas con el fin de detectar poblaciones resistentes corresponden al control no tratado, a la dosis recomendada en campo (1x) y a la dosis doble (2x). Los tratamientos herbicidas se aplicaron cuando

las plantas estaban en 3-4 hojas con un pulverizador estacionario equipado con una cinta transportadora y una boquilla plana Teejet 8002-E y calibrado para pulverizar 225 L ha⁻¹ a 200 kPa. Los ensayos se llevaron a cabo en los meses de invierno en un invernadero cuyas temperaturas oscilaron entre 16 y 26°C y sin iluminación adicional ni control de humedad. Treinta días después de cada tratamiento, se cortó y pesó la parte aérea de las plantas de cada bandeja para obtener el parámetro del peso fresco. Las poblaciones se clasificaron en relación con su respuesta a cada uno de los herbicidas como resistentes (R) si mostraban una reducción del peso fresco menor del 15%, con resistencia moderada o intermedia (I) si esta reducción era de entre el 15 y el 85% y sensibles (S) cuando era superior al 85%, en línea con la escala utilizada por Escorial et al. (2011) para *Bromus diandrus*. Se realizó el conteo de plantas no dañadas (ND), considerando ND las plantas similares en aspecto y tamaño a las del testigo no tratado, sin daño por el herbicida.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los ensayos de las poblaciones recogidas al azar de *A. sterilis* con los herbicidas inhibidores de la ACCasa no se han detectado poblaciones clasificadas como resistentes a ninguno de los tres herbicidas empleados (Tabla 1). Para el herbicida tralkoxidim, todas las poblaciones fueron sensibles, con valores en la reducción del peso fresco en relación a las poblaciones no tratadas superiores al 93% en todas las poblaciones y no se encontraron plantas no dañadas. Aunque tampoco se encontraron plantas no dañadas en el tratamiento con clodinafop, el 8% de las poblaciones se clasificaron con resistencia intermedia a la dosis normal empleada en campo, valor que se redujo al 4% a la dosis doble. El porcentaje de poblaciones con resistencia intermedia a diclofop-metil fue mucho mayor que para los otros dos herbicidas, con un 52% de las poblaciones incluidas en este grupo a la dosis normal de 900 g m.a ha⁻¹. Para esta dosis, los pesos frescos variaron entre el 2 y el 63% y se encontraron plantas ND en aproximadamente la mitad de las poblaciones analizadas (44%) en porcentajes que variaron entre el 3 y el 16% (Figura 1).

Tabla 1. Clasificación de las poblaciones de *A. sterilis* (en %) en función de su respuesta a los herbicidas a utilizados para su control en cereal. La dosis 1x empleada para el control de *A. sterilis* fue de 900 g m.a ha⁻¹ para diclofop-metil, 40,8 g m.a ha⁻¹ para clodinafop y 400 g m.a ha⁻¹ de tralkoxidim. R= Resistentes, I= Resistencia Intermedia, S= Sensibles.

Herbicida	Poblaciones (%)					
	Dosis 1x			Dosis 2x		
	R	I	S	R	I	S
Diclofop-metil	0	52	48	0	4	96
Clodinafop-propargil	0	8	92	0	4	96
Tralkoxidim	0	0	100	0	0	100

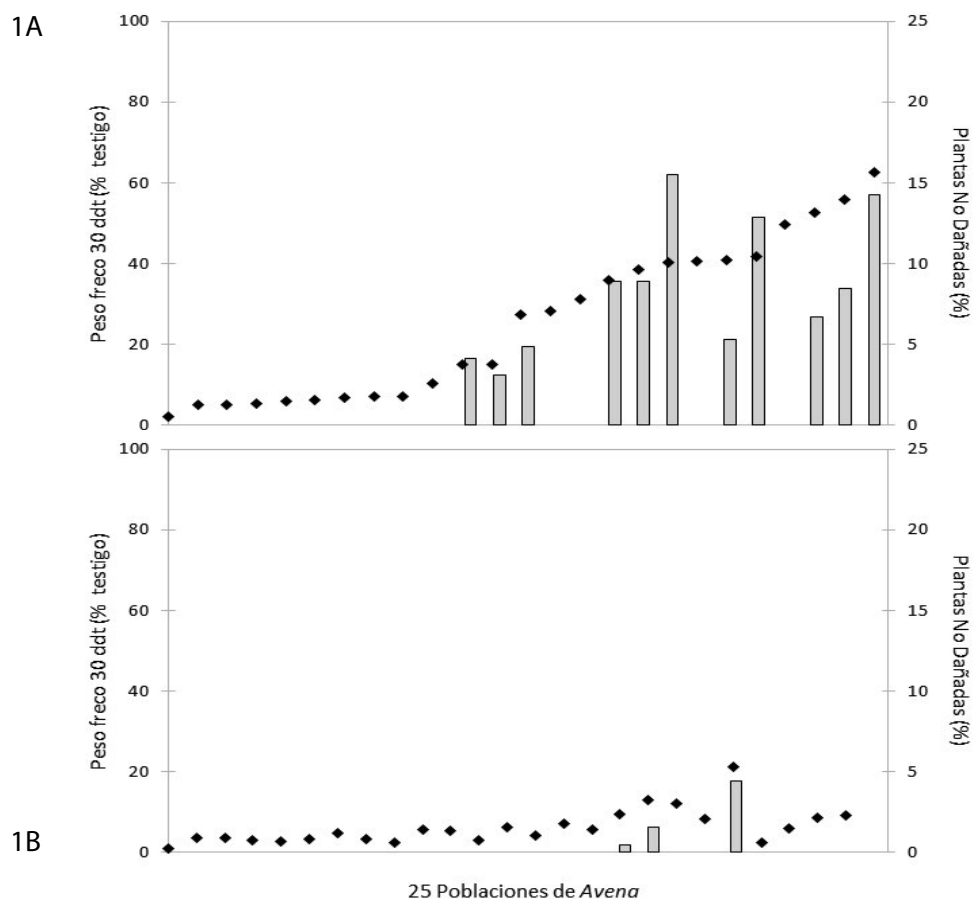


Figura 1. Respuesta de 25 poblaciones de *A. sterilis* procedentes de Castilla y León a diclofop-metil. 1A) Dosis recomendada en campo (900 g m.a ha⁻¹); 1B) Dosis doble. Los rombos negros representan el peso fresco en porcentaje de testigo y las barras el porcentaje de plantas no dañadas, ambos parámetros obtenidos 30 días después del tratamiento. Las poblaciones se encuentran ordenadas en función de su respuesta a la dosis 1x de herbicida.

Cuando la dosis empleada era la doble de la normal, un 4% de las poblaciones siguieron clasificándose como I, y en este caso los porcentajes de plantas ND variaron entre 0,5 y 4,5% (Tabla 1).

Estos resultados, con mayor proporción de resistencia a diclofop-metil que a clodinafop y tralkoxidim, están en concordancia con los publicados por Owen y Powles (2009), que en el screening poblaciones de *Avena* spp. muestreadas al azar en Australia encontraron que el porcentaje de poblaciones con resistencia a diclofop era del 71% frente a tasas mucho

menores de resistencia a otros inhibidores de ACCasa como clodinafop (3%) y tralkoxidim (5%). Hay que tener en cuenta que las dosis de herbicida empleadas en sus circunstancias son mucho menores (563 g m.a ha⁻¹ para diclofop-metil, 18 para clodinafop y 200 para tralkoxidim) que las empleadas en nuestro trabajo. En nuestra opinión, este hecho es probable que esté ligado al mayor uso histórico del diclofop-metil que se introdujo en los años setenta en relación a los otros dos herbicidas que se introdujeron en los noventa: el clodinafop y mucho más recientemente el tralkoxidim. El diclofop ha sido más ampliamente utilizado durante años, sobre todo para el control de vallico (*Lolium rigidum* Gaud.) en cereal, además de haber sido una opción más económica que clodinafop (sólo aplicable en trigo) y tralkoxidim.

Este muestreo revela por tanto que pese a no haber encontrado poblaciones de avena resistentes a inhibidores de ACCasa, hay un elevado porcentaje de ellas con resistencia intermedia a diclofop-metil que acabarán siendo resistentes si no se toman las medidas oportunas. Se ha descrito en la literatura que la resistencia a diclofop-metil puede tener lugar tanto por mutaciones en los genes que codifican la ACCasa como por otros mecanismos de resistencia de tipo metabólico y que ambos tipos pueden estar presentes en una misma planta de Avena (Maneechote et al., 1997; Yu et al., 2013). Es posible que ambos tipos de resistencia estén presentes en las poblaciones ensayadas, puesto que al aumentar la dosis de herbicida disminuye el número de plantas no dañadas, aunque éstas siguen apareciendo en alguna de las poblaciones. A pesar de que se trata de una especie autógama, y por tanto la resistencia se desarrolla de forma más lenta que en especies alógamas como *L. rigidum*, las tasas de polinización cruzada pueden alcanzar hasta el 12% (Murray et al., 2002), tasas suficientemente elevadas como para permitir la acumulación de varias mutaciones en un mismo individuo (Yu et al., 2013).

Estas poblaciones con cierta resistencia a diclofop-metil pueden ser de momento controladas por otros herbicidas inhibidores de ACCasa como clodinafop o tralkoxidim que son eficaces siempre que la rentabilidad del cultivo lo permita, y diversificando con otros mecanismos de acción disponibles para el conjunto de una rotación con diversos cultivos y otros tipos de control a fin de prevenir y/o manejar la aparición de resistencias.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad dentro del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011 en el marco del proyecto AGL 2011-23542. Los autores agradecen a Z. Hornos y A. Mateo su valiosa

colaboración técnica en el manejo del material y en la realización de los ensayos.

BIBLIOGRAFÍA

- CPRH (2011) ¿Cómo manejar una población de avena loca (*Avena* spp.) resistente al cereal de invierno? http://www.semh.net/resistencia_herbicidas.html. Disponible: (01-06-2015).
- ESCORIAL C, LOUREIRO I, RODRIGUEZ-GARCÍA E & CHUECA C (2011) Population variability in the response of riggut brome (*Bromus diandrus*) to sulfosulfuron and glyphosate herbicides. *Weed Science* 59, 107-112.
- FERNÁNDEZ-QUINTANILLA C, NAVARRETE L, TORNER C & SÁNCHEZ DEL ARCO MJ (1997) *Avena sterilis* L. en cultivos de cereales. En: *Biología de las Malas Hierbas de España* (eds X SANS & C FERNÁNDEZ-QUINTANILLA), pp. 11-23, Phytoma, Valencia, España.
- HEAP I (2015) The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. www.weedscience.org. Disponible: (01-06-2015).
- MANEECHOTE C, PRESTON C & POWLES SB (1997) A diclofop-methyl-resistant *Avena sterilis* biotype with a herbicide-resistance acetyl-coenzyme A carboxylase and enhanced metabolism of diclofop-methyl. *Pesticide Science* 49, 105-114.
- MURRAY BG, MORRISON IN & FRIESES LF (2002) Pollen-mediated gene flow in wild oat. *Weed Science* 50, 321-325.
- OWEN MJ & POWLES SB (2009) Distribution and frequency of herbicide-resistant wild oat (*Avena* spp.) across the Western Australian grain belt. *Crop Pasture Science* 60, 25-31.
- TABERNER A, CIRUJEDA A & ANGUERA R (2005) Descripción de las poblaciones de avena loca (*Avena sterilis* ssp. *ludoviciana* y *Avena fatua*) resistentes a herbicidas localizadas en España". *Phytoma España* 174, 10-12.
- YU Q, AHMAD-HAMDANI MS, HAN H, CHRISTOFFERS MJ & POWLES SB (2013) Herbicide resistance-endowing ACCase gene mutations in hexaploid wild oat (*Avena fatua*): insights into resistance evolution in a hexaploid species. *Heredity* 110, 220-231.