

XIV Congreso de la Sociedad Española de Malherbología, Valencia, 2013

***Cyperus difformis* resistente a penoxsulam. Dosis respuesta**G. Pardo*^a, R. Hens*, R. Espejo*, L. Paniagua**, J.M. Urbano** ETSIA, Universidad de Sevilla, Ctra. Utrera Km 1. 41013-Sevilla ^a gpardo@us.es

** Dow AgroSciences Ibérica

Resumen: El sistema de cultivo del arroz en España es vulnerable a la aparición de resistencias a herbicidas y el riesgo aumenta si se utilizan inhibidores de la ALS sin tener en cuenta estrategias antirresistencia. El objetivo del trabajo fue demostrar la existencia de poblaciones españolas de *Cyperus difformis* resistentes al penoxsulam. Para ello se utilizaron 4 poblaciones: "Filipinas-S", "Sevilla-S", "Extremadura-R" y "Sevilla-R". En un primer ensayo, las poblaciones "S" y "R" ya tuvieron respuesta muy diferente frente al penoxsulam. En un segundo ensayo, con plantas obtenidas de semilla del primero, se probaron 16 dosis de penoxsulam y los resultados se ajustaron a un modelo de regresión dosis-respuesta Log-logistic (4 parámetros) que confirmaron ese comportamiento diferencial de sus respectivas progenies. Los resultados demuestran existencia de resistencia a penoxsulam al constatar una respuesta diferencial y heredable. El factor de resistencia, fue de 13,60 y 45,61 para "Extremadura-R" y "Sevilla-R", respectivamente, en el parámetro supervivencia.

Palabras clave: Resistencia a herbicidas, inhibidor ALS, arroz, juncia.

1. INTRODUCCIÓN

Cyperus difformis es, tanto por su capacidad competitiva como por su dificultad para ser controlada, uno de los principales problemas malherbológicos en el cultivo del arroz a nivel mundial (Rao *et al.*, 2007). El uso repetido de herbicidas con el mismo modo de acción y la frecuente ausencia de rotaciones en el cultivo han propiciado la aparición de biotipos resistentes a herbicidas. De este modo, a nivel mundial se encuentran documentados 8 casos de resistencia en *C. difformis* ocurridos en 7 países diferentes y llama la atención que todos ellos presentan resistencia a herbicidas del grupo B. En algunos casos la resistencia se ha descrito contra una materia activa, pero en otros, la resistencia es eficaz frente a 8 materias activas del mismo modo de acción como ocurre en Corea del Sur. En España hay descrito un caso frente bensulfurón-metil y otro en Turquía frente a penoxsulam (Heap, 2013).

En España, el herbicida penoxsulam se empieza a comercializar en el año 2007 por su eficacia en el control selectivo de malas hierbas dicotiledóneas y monocotiledóneas en el cultivo del arroz (2006). En el año 2009 aparecen algunas plantas de *C. difformis* que sobreviven al tratamiento con penoxsulam en algunas parcelas de cultivo comercial en zonas extremeñas y de las marismas del Guadalquivir donde no se había seguido ninguna técnica ni protocolo de prevención de la resistencia. La supervivencia a un tratamiento en campo puede ser debido a multitud de factores, por lo que no puede deducirse que, por eso solo, exista resistencia al herbicida. Por ese motivo se recogió semilla de los individuos problemáticos para su posterior estudio en condiciones controladas. El objetivo del presente trabajo ha sido demostrar la existencia de resistencia a penoxsulam en poblaciones españolas de *C. difformis*.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio constó de dos experimentos en los que se evaluaron 4 poblaciones: "Extremadura-R", "Sevilla-R", "Filipinas-S" y "Sevilla-S". En el primero de ellos, para poblaciones "R", que habían sobrevivido a tratamientos de penoxsulam en campo, se utilizó semilla recolectada en esas mismas parcelas. Para poblaciones "S", que se utilizaron como testigos sensibles, la semilla procedió del banco de germoplasma de la Universidad de Sevilla. Cuando las plantas, obtenidas a partir de la semilla descrita, alcanzaron el estado fenológico 13-14 de *Cyperus difformis* en la escala BBCH, se les aplicó el herbicida. Se hicieron 6 tratamientos (0, 10, 20, 40, 80, 160 g.i.a/ha) con el formulado comercial Viper® (penoxsulam 2,04% p/v) en un experimento en bloques al azar, de 5 repeticiones. Las repeticiones fueron elaboradas en base al tamaño de las plantas el día del tratamiento, es decir, plantas de la misma repetición tienen, además de similar estado fenológico en todas las poblaciones, similar tamaño, con el objetivo de descartar en las poblaciones resistentes cualquier escape debido a un mayor desarrollo de la planta. La parcela elemental fue una maceta de plástico de 7 x 7 x 8 cm en la que se habían trasplantado 6 plantas de *C. difformis*.

Como se verá en el apartado de resultados y discusión, hubo una respuesta diferencial entre poblaciones "R" y "S", corroborándose en las poblaciones "R" lo observado en campo para ellas. Uno de los requisitos para demostrar la resistencia es que esa respuesta diferencial se mantenga en la descendencia. Para ese fin, en el segundo ensayo se utilizó semilla obtenida en plantas sin tratar del primero. Además, en este segundo ensayo se introdujeron algunas modificaciones respecto al primero: un mayor número de tratamientos, siendo 16 (0, 10, 20, 40, 80, 120, 160, 240, 320, 480, 640, 960, 1280, 1920, 2560, 5120 g.i.a/ha), hubo 8 repeticiones y en la maceta se colocó 1 planta.

En los dos ensayos, las semillas de *C. difformis* se hicieron germinar en sustrato de hortícolas para su posterior trasplante. En ambas operaciones el sustrato utilizado fue de la marca Kekkilä (90% materia orgánica, 10% cenizas y 0,2% nitrógeno y 0,1% fósforo). Las plantas estuvieron en todo momento en condiciones controladas (16 horas de luz/8 horas de oscuridad; 28°C/22°C). Las aplicaciones se realizaron con un equipo de pulverización experimental que permite realizar aplicaciones con poco volumen de caldo, en este caso 220 l/ha, a presión constante.

Los parámetros evaluados en los dos ensayos fueron: fitotoxicidad, supervivencia, altura, porcentaje de planta verde y biomasa seca (en la comunicación no se muestran todos). Para el segundo ensayo los resultados de algunos parámetros se sometieron a un modelo de regresión dosis-respuesta. El modelo elegido, de entre los diez propuestos por Ritz & Streibig (2009) fue el Log-logistic con cuatro parámetros, ya que fue el que mejor ajuste presentó:

$$f(x, (b, c, d, e)) = c + \frac{d - c}{1 + \exp \{b(\log(x) - \log(e))\}}$$

donde c es el límite inferior de la curva, d es el límite superior, e es la EC50 o lo que es lo mismo, la concentración efectiva que produce una respuesta a la mitad valor total del parámetro estudiado, b es la pendiente de la curva en su punto de inflexión. El ajuste ha sido realizado con el programa de software libre R, Versión 2.14.2 (R Development Core Team, 2012) que permite, además, calcular el factor de resistencia. Se considera que se trata de un caso de resistencia si la respuesta diferencial es heredable y el factor de resistencia es superior a 10 (Heap, 2005).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del primer ensayo mostraron una respuesta diferencial de las poblaciones problemáticas "Extremadura-R" y "Sevilla-R" frente a las sensibles "Filipinas-S" y "Sevilla-S" en todos los parámetros analizados. En la figura 1 se puede observar que la reducción de biomasa a los 35 días del tratamiento es prácticamente completa para las poblaciones "S" y muy limitada para las "R", particularmente para las dosis superiores de penoxsulam

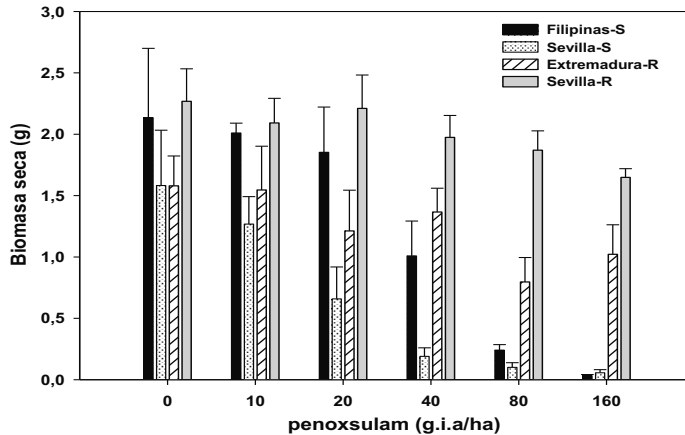


Figura 1. Biomasa seca g/maceta (6 plantas) según la población de *Cyperus difformis* y la dosis de penoxsulam aplicada, a los 35 días después del tratamiento. Datos del primer ensayo. Las barras indican los datos medios y la línea el error estándar.

Los resultados del segundo ensayo muestran que la respuesta diferencial se mantiene en la descendencia. En la figura 2 se puede observar que existen dosis del herbicida que causan un 100% de mortalidad en las poblaciones "S" mientras que la gran mayoría de las plantas "R" sobreviven.

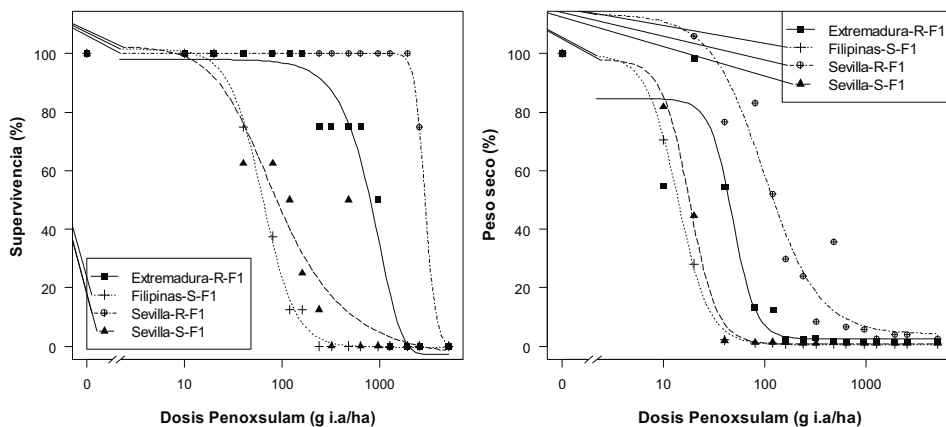


Figura 2 Supervivencia (%) y biomasa seca (% en relación a las plantas sin tratar) según la población de *Cyperus difformis* y la dosis de penoxsulam aplicada, a los 28 días después del tratamiento. Datos del segundo ensayo.

El factor de resistencia (en relación a la población "Filipinas-S") resultó ser de 1,39, 13,60 y 45,61 para "Sevilla-S", "Extremadura-R" y "Sevilla-R", respectivamente en el parámetro supervivencia.

El hecho de que las poblaciones de "Extremadura-R" y "Sevilla-R" presenten un comportamiento diferencial durante dos generaciones sucesivas y sobrevivan a dosis de penoxsulam que son letales para las poblaciones sensibles demuestra la existencia de resistencia al herbicida penoxsulam en poblaciones españolas de *Cyperus difformis*, siendo este el primer caso descrito en España, y el segundo a nivel mundial, puesto que en 2010 fue descrito un caso similar en Turquía (Heap, 2013).

4. REFERENCIAS

- Heap, I (2013). The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. www.weedscience.com. Visitada el 4 marzo de 2013.
- R Development Core Team (2012). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL:<http://www.R-project.org/>.
- Rao AN, Johnson DE, Sivaprasad B, Ladha JK, and Mortimer AM (2007). Weed management in direct-seeded rice. *Advances in Agronomy*. 93, 153- 255.
- Ritz C, & Streibig JC (2005). Bioassay Analysis using R. *Journal of Statistical Software*, Vol 12, Issue 5. URL:<http://www.bioassay.dk>.
- Sorribas M, Romero M, Bernes R, and Larelle, D (2006). Penoxsulam, el nuevo herbicida para el cultivo del arroz. *Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal*, 182: 106-109.

Summary: *Cyperus difformis* resistant to penoxsulam. Dose-response

*Rice crop in Spain is prone to herbicide resistance occurrence, and the risk increases if ALS inhibitors are used without implementing antiresistance strategies. The goal of this research was to confirm the resistance to penoxsulam in Spanish populations of *Cyperus difformis*. Four populations were used: "Filipinas-S", "Sevilla-S", "Extremadura-R" and "Sevilla-R". In a first trial, "S" and "R" populations showed a different response to penoxsulam. In a second experiment, with plants obtained from seeds collected on the checks of the first trial, 16 doses of penoxsulam were tested and the results were adjusted to a regression model dose-response Log-logistic (4 parameters) that confirmed the differential behaviour of their respective progenies. The adjustment allowed calculating the resistance factor, which was 13,60 and 45,61 for "Extremadura-R" and "Sevilla-R" respectively in survival parameter. All these facts indicate that both populations are resistant to penoxsulam.*

Keywords: Herbicide resistance, ALS inhibitor, rice, Smallflower Umbrella Sedge.