

## RESISTENCIA DE LA PAJA JOHNSON [*Sorghum halepense* (L.) Pers.] A LOS HERBICIDAS NICOSULFURON Y FORAMSULFURON+IODOSULFURON EN VENEZUELA

Aida Ortiz<sup>1</sup>, Luis Martínez<sup>1</sup>, Yinerby Quintana<sup>1</sup>, Pedro Pérez<sup>1</sup> y Albert Fischer<sup>2</sup>

### RESUMEN

Con el objetivo de comprobar la resistencia de dos accesiones de paja Johnson [*Sorghum halepense* (L.) Pers.] a nicosulfuron y foramsulfuron+iodosulfuron y evaluar su control químico se establecieron dos tipos de experimento: uno de respuesta a dosis y otro sobre control químico. Se utilizaron las accesiones resistentes (R) SH206P y SH209P y un testigo susceptible (S) SH194A. En el primero se usaron dosis de 0; 3,75; 7,5; 15; 30; 60; 120; 240 g·ha<sup>-1</sup> i.a. de nicosulfuron y 0; 4; 8; 16; 32; 64; 128; 256 g·ha<sup>-1</sup> i.a. de foramsulfuron+iodosulfuron para las accesiones R y 0; 0,47; 0,94; 1,88; 3,75; 7,50; 15; 30 g·ha<sup>-1</sup> i.a. de nicosulfuron y 0; 0,5; 1; 2; 4; 8; 16; 32; 64 g·ha<sup>-1</sup> i.a. de foramsulfuron+iodosulfuron para las accesiones S. Para evaluar el control químico los tratamientos fueron: nicosulfuron; foramsulfuron+iodosulfuron; piribenzoxim, imazapir+imazetapir, bispiribac-sodio, penoxsulam, profoxidim, glifosato, pendimetalin, S-metolachlor e isoxaflutole en dosis de 30; 30+2; 50; 115,5+38,5; 40; 60; 160; 2040; 1920; 1440 y 52,25 de g·ha<sup>-1</sup> i.a., respectivamente. Se demostró que SH206P y SH209P tienen resistencia a nicosulfuron y foramsulfuron+iodosulfuron y mostraron índices de resistencia de 147 y 1096 para el primer herbicida y 386,59 y 292,78 para los segundos, respectivamente. Los herbicidas profoxidim, glifosato, pendimetalin, S-metolachlor e isoxaflutole controlaron eficazmente las accesiones R y S, cuando éstas se originaron de semillas sexuales. Las accesiones R no fueron controladas con piribenzoxim e imazapir+imazetapir. El bispiribac-sodio controló la SH206P y SH194A, mientras que *S. halepense* demostró ser tolerante a penoxsulam.

**Palabras clave adicionales:** Control químico, inhibidores de ALS, resistencia cruzada

### ABSTRACT

#### Resistance of Johnsongrass [*Sorghum halepense* (L.) Pers.] to herbicides nicosulfuron and foramsulfuron+iodosulfuron in Venezuela

In order to evaluate the resistance of two accessions of Johnson grass [*Sorghum halepense* (L.) Pers.] to nicosulfuron and foramsulfuron + iodoflurofen and to determine their chemical control with other herbicides we established two experiments types: one on dose response and another on chemical control. Two resistant (R) accessions (SH206P and SH209P) and one susceptible (S) (SH194A, as a control) were used. In the dose response experiment, the accessions R were treated with 0, 3.75, 7.5, 15, 30, 60, 120, and 240 g·ha<sup>-1</sup> i.a. nicosulfuron; and 0, 4, 8, 16, 32, 64, 128, and 256 g·ha<sup>-1</sup> i.a. foramsulfuron+iodoflurofen; and the accessions S with 0, 0.47, 0.94, 1.88, 3.75, 7.50, 15, and 30 g·ha<sup>-1</sup> i.a. nicosulfuron; and 0, 0.47, 0.94, 1.88, 3.75, 7.50, 15, and 30 g·ha<sup>-1</sup> i.a. foramsulfuron+iodoflurofen. In the chemical control experiment the treatments were nicosulfuron; foramsulfuron + iodoflurofen; piribenzoxim, imazapyr+imazethapyr, bispyribac-sodium, penoxsulam, profoxydim, glyphosate, pendimethalin, S-metolachlor and isoxaflutole in doses of 30, 30+2, 50, 115.5+38.5, 40, 60, 160, 2040, 1920, 1440, and 52.25 g·ha<sup>-1</sup> i.a., respectively. It was found that SH206P and SH209P have resistance to nicosulfuron and foramsulfuron + iodoflurofen, and their calculated resistance index were of 147 and 1096, and 386.59 and 292.78, respectively. The herbicides profoxydim, glyphosate, pendimethalin, S-metolachlor and isoxaflutole effectively controlled accessions R and S, when these were originated by sexual seeds. R accessions were not controlled with pyribenzoxim and imazapyr + imazethapyr. Bispyribac-sodium controlled SH206P and SH194A, while *S. halepense* showed to be tolerant to penoxsulam.

**Additional key words:** Chemical control, ALS inhibitors, cross resistance

### INTRODUCCIÓN

*S. halepense* se reporta como maleza que

ocasiona una reducción importante del rendimiento en el cultivo de maíz en Venezuela (Rodríguez, 2000), es una planta C4 y una

Recibido: Diciembre 14, 2013

Aceptado: Abril 25, 2014

<sup>1</sup> Instituto de Agronomía, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela Maracay, Venezuela.  
e-mail: aidaortizd@gmail.com

<sup>2</sup> Department of Plant Science, University of California, Davis, CA, USA.

maleza gramínea perenne que se propaga por semillas y rizomas. El *S. halepense* es un allotetraploide ( $n = 10$ ,  $2n = 40$ ) (Celarier, 1958) y considerado como una de las principales malezas del mundo (Holm et al., 1977). El *S. halepense* proveniente de rizomas reduce más el rendimiento del maíz (88 %) que cuando se origina de semillas (57 %) (Mitskas et al., 2003).

Dentro de los herbicidas selectivos al maíz, en siembra directa y mínima labranza, que se recomiendan para el control de *S. halepense* en el país se pueden citar a postemergentes como nicosulfuron, y foramsulfuron+iodosulfuron, a los preemergentes isoxafluctuole y pendimetalin y presiembra al glifosato (A. Ortiz. UCV, Maracay. Datos no publicados).

La resistencia de malezas a herbicidas se define como la capacidad hereditaria natural que tienen algunos biotipos de una población de malezas para sobrevivir y reproducirse después de ser tratados con un herbicida que, aplicado en condiciones normales (de ambiente y de operación), controlaría efectivamente esa población. Por el contrario, la tolerancia es la capacidad hereditaria natural que tienen todas las poblaciones de una especie de malezas de sobrevivir y reproducirse después de ser tratadas con un herbicida, la especie como tal no es afectada por el herbicida aplicado. Asimismo, la resistencia cruzada es la que desarrolla un biotipo de una maleza a más de un herbicida gracias a un único mecanismo individual de resistencia que posee (Fischer y Valverde, 2010).

Se ha reportado en el cultivo de maíz resistencia del *S. halepense* a nicosulfuron en EEUU, Chile y Venezuela, a foramsulfuron en México y Venezuela, primisulfuron-metil y rimsulfuron en México y imazetapir en EEUU (Heap, 2013). También en Venezuela se reportó recientemente la resistencia de la maleza *Rottboellia cochinchinensis* al herbicida nicosulfuron (Gámez et al., 2013).

Los herbicidas nicosulfuron y foramsulfuron+iodosulfuron pertenecen al grupo B según Herbicide Resistance Action Committee (HRAC) y pertenecen a la familia química de las sulfonilureas, considerados inhibidores de la enzima acetolactato sintasa (ALS o AHAS) (Heap, 2013). La enzima acetolactato sintasa (ALS) o acetohidroxiácido sintetasa (AHAS, EC 2.2.1.6),

tiene dos funciones metabólicas distintas; la AHAS cataliza la biosíntesis de aminoácidos de cadena ramificada: valina, leucina e isoleucina en plantas y la ALS en bacterias en la síntesis de butanodiol (Duggleby y Pang, 2000; Devine y Preston, 2000; McCourt et al., 2006); sin embargo, es común llamar ALS a la enzima de las plantas tal como se puede observar en la mayoría de los trabajos de investigación publicados actualmente.

Productores de maíz del estado Portuguesa en Venezuela han señalado fallas en el control de *S. halepense* con los herbicidas postemergentes usados en ese cultivo, por lo que se ha planteado esta investigación con el objetivo de comprobar la resistencia de dos accesiones de *Sorghum halepense* (L.) Pers. a nicosulfuron y foramsulfuron+iodosulfuron y evaluar su control químico con otros herbicidas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio se utilizaron dos accesiones resistentes a nicosulfuron y foramsulfuron + iodosulfuron de *S. halepense*, la primera llamada SH206P(R) proveniente de la finca Boca e' Monte ubicada en Los Botalones, municipio Páez y la segunda SH209P(R) de la finca Palo Gordo, carretera nacional vía Guanare, municipio Araure, ambas del estado Portuguesa (P). Estas accesiones resistentes (R) se compararon con una susceptible, SH194A(S) proveniente de la Facultad de Agronomía de la UCV, Maracay, estado Aragua (A), de un área donde nunca se han aplicado herbicidas. La recolección de las muestras de estas accesiones se hizo cuando las semillas alcanzaron su madurez fisiológica.

**Experimento de respuesta a dosis.** El experimento se realizó colocando las semillas sin glumas de las tres accesiones de *S. halepense*, descritas anteriormente, a germinar en matraces contentivos de una solución de  $KNO_3$  al 0,5 %, la cual se mantuvo en aireación constante usando una bomba de pecera por dos días en presencia de luz artificial. Cuando las semillas mostraron la plúmula emergida se trasplantaron a potes contentivos de 500 g de suelo. Estos potes con orificios en la base se colocaron en tanques con una lámina de agua de 7 cm de manera de mantener la humedad del suelo por capilaridad,

bajo condiciones de invernadero y un diseño experimental completamente aleatorizado con cinco repeticiones. Las dosis de nicosulfuron usadas en las accesiones R SH206P y SH209P fueron 0; 3,75; 7,5; 15; 30; 60; 120; 240 g·ha<sup>-1</sup> i.a. y en SH194A fueron: 0; 0,47; 0,94; 1,88; 3,75; 7,50; 15; 30 g·ha<sup>-1</sup> i.a., mientras que de foramsulfuron + iodosulfuron fueron 0; 4; 8; 16; 32; 64; 128; 256 g·ha<sup>-1</sup> i.a. para la R y 0; 0,5; 1; 2; 4; 8; 16; 32; 64 g·ha<sup>-1</sup> i.a. para la S. La dosis comercial de nicosulfuron fue 30 g·ha<sup>-1</sup> i.a. y de foramsulfuron+iodosulfuron 30+2 g·ha<sup>-1</sup> i.a. A la solución con nicosulfuron se añadió el surfactante Exit a razón de 2000 µL·L<sup>-1</sup> y a la de foramsulfuron+iodosulfuron se le agregó Activator a la dosis de 2350 µL·L<sup>-1</sup>.

Las condiciones de crecimiento en invernadero fueron de 30 a 35 °C, 80 % humedad relativa y fotoperiodo de 12 horas bajo irradiación natural de 1600 µmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>. El suelo usado fue de la serie Maracay, formación Mercedes, Fluventic haplustolls, francosa gruesa y pH de 6,54.

Después de la emergencia de las plántulas y antes de la aplicación del herbicida se raleó a una plántula por pote. Los experimentos se fertilizaron a las 72 horas después de la aplicación del herbicida con el producto Energy (180-100-40 mg·L<sup>-1</sup>: N-P-K, con microelementos) con la dosis de 50 mL en 10 L de agua.

La aspersión se hizo cuando las plantas tuvieron entre tres a cuatro hojas, en una cámara de aplicación de plaguicidas, calibrada a razón de 180 L·ha<sup>-1</sup> con una boquilla de abanico plano TeeJet 8002.

A los 21 días después de la aplicación de los herbicidas, la biomasa correspondiente a la parte aérea de las plantas se cortó al ras del suelo y se tomó su peso. Con los datos de peso fresco, expresados como porcentaje de crecimiento respecto al promedio del testigo sin herbicida, se calculó la dosis de efecto medio (ED<sub>50</sub>, dosis para la cual se reduce el crecimiento de plantas tratadas a un 50% del de plantas no tratadas) para cada accesión y el correspondiente índice de resistencia (IR = ED<sub>50</sub>R/ED<sub>50</sub>S).

**Experimento sobre control químico.** En el establecimiento y manejo del experimento sobre control químico de accesiones resistentes a nicosulfuron y foramsulfuron+iodosulfuron se utilizó la misma metodología que para el ensayo

de respuesta a dosis.

Los tratamientos de este experimento fueron los herbicidas nicosulfuron; foramsulfuron + iodosulfuron; piribenzoxim, bispiribac-sodio, imazapir + imazetapir, penoxsulam, profoxidim, glifosato, pendimetalin, S-metolacloro e isoxaflutole a las dosis de 30; 30+2; 50; 40; 115,5+38,5; 60; 160; 2040; 1920; 1440 y 52,25 g·ha<sup>-1</sup> i.a., respectivamente (Cuadro 1).

Los tratamientos se ubicaron bajo un diseño completamente aleatorizado y se replicaron cinco veces. Las aplicaciones se efectuaron de acuerdo a las especificaciones de los herbicidas: los preemergentes (pendimetalin, S-metolacloro e isoxaflutole) se asperjaron a las 24 horas después del trasplante y los postemergentes (piribenzoxim, bispiribac-sodio, imazapir+imazetapir, penoxsulam, profoxidim y glifosato) cuando las plántulas tuvieron de 3 a 4 hojas (Cuadro 1). Durante el crecimiento y la cosecha, la aplicación del herbicida fue similar a la del experimento anterior. Los datos de peso fresco se expresaron como porcentaje de control.

Los datos del experimento de respuesta a dosis provenientes de experimentos repetidos se juntaron para su análisis al no detectarse interacción (P>0,05) entre ensayos y tratamientos y se sometieron al análisis de regresión ajustando modelos que describían adecuadamente las tendencias y minimizaban el cuadrado medio del error. A los datos de peso fresco de todas las accesiones evaluadas se les ajustó un modelo de regresión no lineal log-logístico de tres parámetros (Streibig et al., 1993):

$$Y = d/(1+(x/ED_{50})^b)$$

donde Y es el porcentaje de crecimiento, *d* es el coeficiente correspondiente a la asíntota superior, *b* es la pendiente de la curva, ED<sub>50</sub> es la dosis de herbicida en el punto de inflexión y *x* es la dosis de herbicida. El análisis de regresión se realizó utilizando el programa Sigma Plot versión 11.0 (Systat Software. San Jose, CA).

Los datos del experimento sobre control químico se sometieron al análisis de varianza y las medias se compararon mediante la prueba de Tukey utilizando el programa Stastitix 8.0. La distribución normal de los datos se verificó mediante la prueba de Shapiro-Wilk y diagramas de distribución de los errores permitieron inferir homogeneidad de la varianza.

**Cuadro 1.** Herbicidas utilizados en la investigación para el control de *S. halepense*

Nombre comercial	Nombre técnico	Concentración	Dosis g·ha <sup>-1</sup> i.a.	Surfactante
Postemergente				
Accent <sup>1</sup>	Nicosulfuron	750 g·kg <sup>-1</sup>	30	Exit (2000 µL·L <sup>-1</sup> )
Equipul <sup>1</sup>	Foramsulfuron+iodosulfuron	300+20 g·L <sup>-1</sup>	30+ 2	Activator (2350 µL·L <sup>-1</sup> )
Pyanchor <sup>1</sup>	Pyribenzoxim	50 g·L <sup>-1</sup>	50	Surfax (800 µL·L <sup>-1</sup> )
Lightning <sup>1</sup>	Imazetapir+imazapir	525+175g·kg <sup>-1</sup>	115,5+38,5	Surfax (800 µL·L <sup>-1</sup> )
Nominee <sup>1</sup>	Bispiribac-sodio	400 g·L <sup>-1</sup>	40	Break Thru (200 µL·L <sup>-1</sup> )
Bengala <sup>1</sup>	Penoxsulam	25 g·L <sup>-1</sup>	60	
Aura <sup>2</sup>	Profoxidim	200 g·L <sup>-1</sup>	160	Dash (200 µL·L <sup>-1</sup> )
Round Up Spectra <sup>3</sup>	Glifosato	680 g·L <sup>-1</sup>	2040	Sistema Transorb
Preemergente				
Prowl <sup>4</sup>	Pendimetalin	400 g·L <sup>-1</sup>	1920	
Dual Gold <sup>5</sup>	S-metolacloro	960 g·L <sup>-1</sup>	1440	
Merlin <sup>6</sup>	Isoxaflutole	75 %	52,25	

<sup>1</sup>Inhibidor de la acetolactato sintasa (ALS) que cataliza la formación de los aminoácidos de cadena ramificada. <sup>2</sup>: Inhibidor de acetil coenzima A carboxilasa (ACCase) que cataliza la síntesis de lípidos. <sup>3</sup>EPSPS: inhibe la enzima 5-enolpiruvilshinquitato-3-fosfato sintetasa (EPSS) que cataliza la formación de los aminoácidos aromáticos. <sup>4</sup>Afecta el ensamblaje de microtúbulos. <sup>5</sup>Inhibidor de la división celular de ácidos grasos de cadena muy larga. <sup>6</sup>Inhibidor de la 4-hidroxifenil-piruvato-dioxigenasa (4-HPPD)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Experimento de respuesta a dosis:** La dosis de nicosulfuron y foramsulfuron+iodosulfuron requeridas para inhibir el 50 % del crecimiento (ED<sub>50</sub>) de *S. halepense* en el experimento de respuesta a dosis en plantas completas y los parámetros de las ecuaciones usados para estimar esta dosis se presentan en el Cuadro 2. Se comprueba así que las accesiones SH206P y SH209P recolectadas en Portuguesa son resistentes a nicosulfuron y foramsulfuron + iodosulfuron (Figura 1), lo cual sugiere que pudiera haber resistencia cruzada en esta maleza para ambos herbicidas inhibidores de ALS en caso de comprobarse que se está en presencia de un único mecanismo individual de resistencia. La relación de dosis para efecto medio (ED<sub>50</sub>) reveló que las accesiones SH206P y SH209P mostraron claros niveles de resistencia con valores IR de 147 y 1096 para nicosulfuron y 386,59 y 292,78 para foramsulfuron + iodosulfuron, respectivamente (Cuadro 2). Por otra parte, con una dosis de tan sólo 7,5 g·ha<sup>-1</sup> i.a. de nicosulfuron y 16 g·ha<sup>-1</sup> i.a. se suprimió completamente el crecimiento de

plantas de la accesión SH194A, confirmando su susceptibilidad a estos herbicidas (Figura 1).

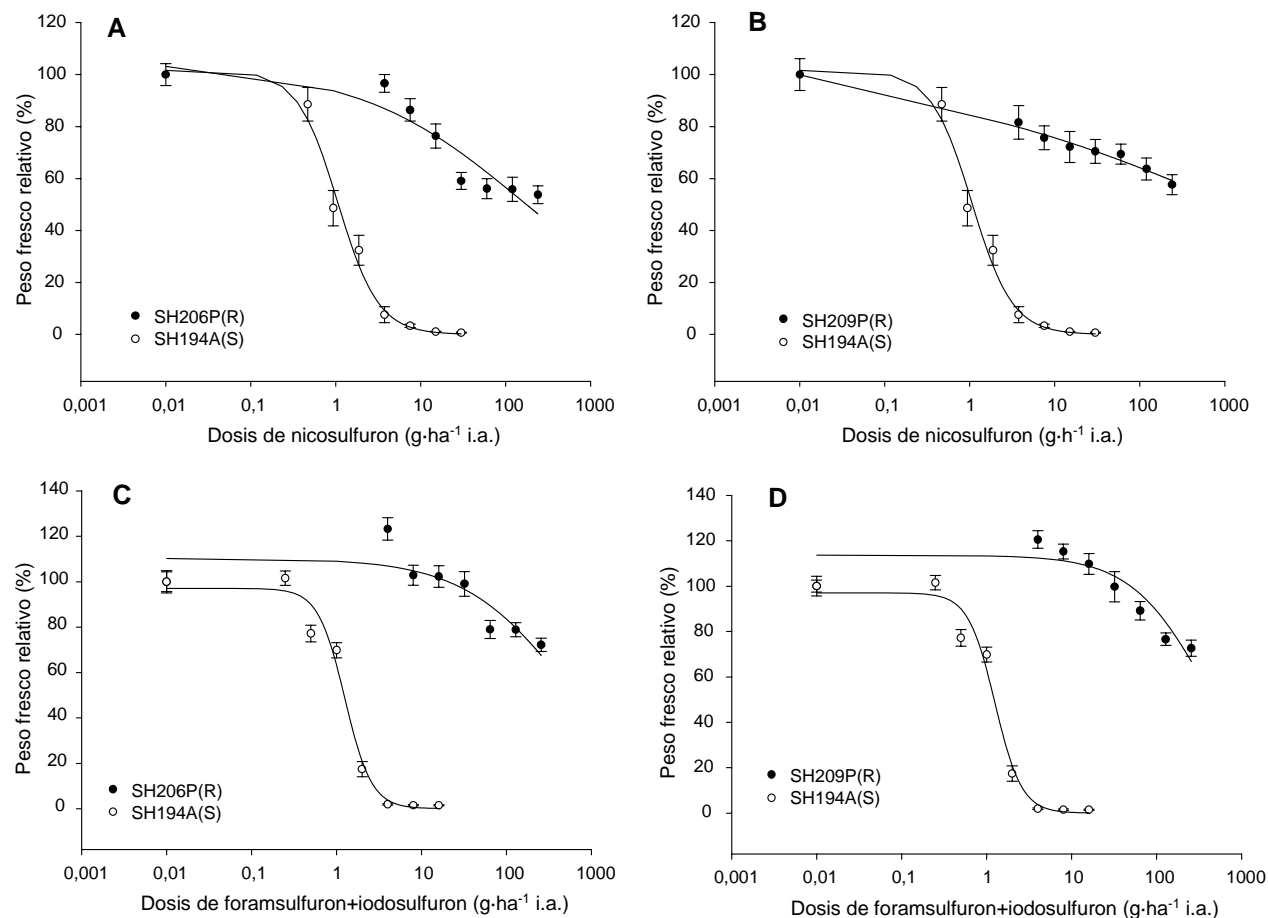
**Experimento sobre control químico:** En este caso se encontró que las accesiones SH206P y SH209P resistentes a sulfonilureas, también tuvieron resistencia a piribenzoxim (PTB) e imazapir + imazetapir (IMI), mientras que la SH206P fue resistente a bispiribac-sodio (PTB) y la SH209P no (Cuadro 2). El patrón de resistencia de estas dos accesiones fue diferente en la respuesta a bispiribac-sodio, lo que hace presumir que son dos biotipos diferentes que evolucionaron en resistencia de manera diferente quizás por el historial de manejo en cada finca. Tanto las accesiones resistentes a nicosulfuron y foramsulfuron + iodosulfuron como la susceptible no fueron controladas con penoxsulam, lo que de acuerdo con la definición de tolerancia (Fischer y Valverde, 2010) indica que *S. halepense* es tolerante a penoxsulam (Cuadro 1).

Por otro lado, los herbicidas profoxidim, glifosato, pendimetalin, S-metolacloro e isoxaflutole controlaron eficazmente todas las accesiones de *S. halepense* evaluadas en este estudio cuando provinieron de semillas sexuales

(Cuadro 3). El S-metolacoloro se debe seguir evaluando ya que el control de *S. halepense* proveniente de rizomas se desconoce.

En el estado Portuguesa, Venezuela, una de las principales zonas productoras de maíz, hace más de 10 años se modificó el patrón de aplicación de herbicidas, cambiándose de preemergentes (pendimetalin) al uso continuo de postemergentes (nicosulfuron). La presión de selección ejercida por el nicosulfuron, ciclo tras ciclo de aplicación,

podría haber ocasionado la evolución de la resistencia de malezas, entre ellas *S. halepense* (reportado en este estudio) y en *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W.D. Clayton (Delgado et al., 2006), y también podría haber causado la resistencia cruzada de estas dos especies de malezas a otros herbicidas con similar mecanismo de acción tal como la mezcla de los herbicidas foramsulfuron + iodosulfuron (Delgado et al., 2008).



**Figura 1.** Respuesta de las accesiones de *Sorghum halepense* a dosis crecientes de herbicidas: (A) SH206P (R) y SH194A(S)-nicosulfuron; (B) SH209P (R) y SH194A(S)-nicosulfuron; (C) SH206P (R) y SH194A(S)-foramsulfuron + iodosulfuron, y (D) SH209P (R) y SH194A(S)-foramsulfuron + iodosulfuron). Cada punto indica la media y desviación estándar de diez observaciones. Los parámetros de las regresiones ajustadas se presentan en el Cuadro 2

La problemática actual que presenta la producción de maíz en Venezuela conlleva a tomar una serie de medidas para disminuir las pérdidas causadas debido a la resistencia de *S. halepense* a herbicidas inhibidores de ALS, entre

la que destaca, además de las prácticas culturales como falsa siembra y rotación de cultivos, la implementación de un programa de mitigación de la resistencia que comprenda la alternancia de los herbicidas con diferentes mecanismos de acción,

tales como isoxaflutole aplicado en preemergencia ya que puede proporcionar mejor control que S-metolaclo (Stephenson-IV y Bond, 2012); de manera similar, el uso de pendimetalin en suelos

bien preparados (Millholon, 1993) y en los casos de sistemas de producción de maíz en siembra directa o mínima labranza el uso de glifosato en presiembra (Johnson et al., 2003).

**Cuadro 2.** Parámetros de la ecuación de regresión [ $Y = d/(1+(x/ED_{50})^b)$ ] utilizada para estimar la dosis de nicosulfuron y foramsulfuron+iodosulfuron requerida para reducir al 50 % la biomasa de plantas de *S. halepense* susceptibles y resistentes a este herbicida

Accesión	Herbicida	Parámetros de la regresión					
		b	d	ED <sub>50</sub> (g·ha <sup>-1</sup> a.i.)	R <sup>2</sup>	P	IR
SH194A(S)	Nicosulfuron	4,18 [2,65]	101,68 [20,40]	1,05 [0,47]	0,67	P<0,0001	
SH206P(R)	Nicosulfuron	1,04 [0,63]	103,11 [10,06]	154,2 [83,07]	0,30	P<0,0001	147
SH209P(R)	Nicosulfuron	0,55 [0,27]	99,93 [7,94]	1151,2 [19,34]	0,20	P<0,0001	1096
SH194A(S)	Foramsulfuron +iodosulfuron	6,35 [3,30]	97,05 [10,75]	1,25 [0,29]	0,75	P<0,0001	
SH206P(R)	Foramsulfuron +iodosulfuron	1,66 [1,75]	110,29 [16,03]	483,24 [59,35]	0,20	P<0,0001	386,59
SH209P(R)	Foramsulfuron +iodosulfuron	2,28 [1,11]	113,62 [6,55]	365,97 [149,01]	0,54	P<0,0001	292,78

Y = peso fresco expresado como porcentaje sobre el testigo; x = dosis del herbicida (g·ha<sup>-1</sup> i.a.); d = coeficiente correspondiente a la asíntota superior; b = pendiente de la línea; ED<sub>50</sub> = dosis de herbicida que se requiere para reducir el 50 % del crecimiento. (R): resistente; (S): susceptible; (T): tolerante. Valores entre corchetes reflejan los límites del intervalo de confianza al 95 %. IR = índice de resistencia (ED<sub>50</sub> R/ED<sub>50</sub> S)

**Cuadro 3.** Porcentaje de control con relación al testigo en accesiones de *S. halepense* como respuesta a diversos herbicidas, aplicados sobre plantas al estado de tres a cuatro hojas, excepto con pendimetalin, S-metolaclo e isoxaflutole

Herbicida	Dosis g·ha <sup>-1</sup> i.a.	Accesión		
		SH194 A	SH206 P	SH209 P
Nicosulfuron	30	98,98 a (S)	26,58 b (R)	18,33 b (R)
Foramsulfuron+iodosulfuron	30 + 2	100,00 a (S)	61,06 b (R)	0,00 c (R)
Piribenzozim	50	97,72 a (S)	20,61 b (R)	39,31 b (R)
Bispiribac-sodio	40	97,42 a (S)	60,10 b (R)	94,69 a (S)
Imazapir+ imazetapir	115,5 + 38,5	98,37 a (S)	23,91 b (R)	41,20 b (R)
Penoxsulam	60	23,98 a (T)	15,23 a (T)	18,50 a (T)
Profoxidim	160	98,99 a (S)	99,44 a (S)	98,99 a (S)
Glifosato	2040	98,83 a (S)	88,60 a (S)	79,88 a (S)
Pendimetalin	920	100,00 a (S)	100,00 a (S)	100,00 a (S)
S-metolaclo	1440	100,00 a (S)	100,00 a (S)	100,00 a (S)
Isoxaflutole	52,25	100,00 a (S)	100,00 a (S)	100,00 a (S)

(R): resistente; (S): susceptible; (T): tolerante. Promedios en cada fila con letras iguales no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey (P>0,05)

## CONCLUSIONES

Las accesiones de *S. halepense* SH206P y SH209P procedentes del estado Portuguesa presentan resistencia a nicosulfuron y foramsulfuron+iodosulfuron.

Tanto las accesiones de *S. halepense* resistentes como la susceptible a nicosulfuron y foramsulfuron+iodosulfuron fueron controladas eficazmente con profoxidim (inhibidor de ACCasa); glifosato (inhibidor de EPSP); pendimetalin (ensamblaje de microtúbulos); S-metolacoloro (inhibidor de ácidos grasos de cadena larga) e isoxaflutole (inhibición de la 4-hidroxifenil-piruvato-dioxigenasa, 4-HPPD) cuando las plántulas provinieron de semilla sexual.

Las accesiones SH206P y SH209P no fueron controladas con piribenzoxim (pirimidiniltiobenzoato) e imazapir+imazetapir (imidazolinona), mientras que el bispiribac-sodio sólo controló a la SH209P.

Dado que las accesiones resistentes y susceptible no fueron controladas con penoxsulam se considera que la especie *S. halepense* es tolerante a ese herbicida.

## LITERATURA CITADA

1. Celarier, R.P. 1958. Cytotaxonomic notes on the subsection Halepensis of the genus *Sorghum*. Bull. Torr. Bot. Club 85: 49-62.
2. Delgado, M., A. Ortiz y C. Zambrano. 2006. Resistencia de *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W.D. Clayton al herbicida Nicosulfuron en cultivos de maíz. *Agronomía Tropical* 56(2): 171-183
3. Delgado, M., A. Ortiz y C. Zambrano. 2008. Poblaciones de *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W.D. Clayton con resistencia cruzada al foramsulfuron + iodosulfuron. *Agronomía Tropical* 58(2): 175-180.
4. Devine, M. y C. Preston. 2000. The molecular basis of herbicide resistance. In: A. Cobb y R. Kirkwood (eds.). *Herbicides and their Mechanisms of Action*. Sheffield Academic Press. Sheffield. UK. pp. 72-104.
5. Duggleby, R. y S. Pang. 2000. Acetohydroxyacid Synthase. *Journal of Biochemistry and Molecular Biology* 33(1):1-36.
6. Fischer, A. y B. Valverde. 2010. Resistencia a herbicidas en malezas asociadas al arroz. In: V. Degiovanni, C. Martínez y F. Motta (eds.). *Producción Eco-eficiente del Arroz en América Latina*. CIAT-Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR)-Unicordoba. Cali. Colombia. pp. 447-487.
7. Gámez, A., C. Zambrano y C. Ramis. 2013. Caracterización metabólica y enzimática de la resistencia al herbicida nicosulfuron en biotipos de *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W.D. Clayton. *Bioagro* 25(1): 3-10.
8. Heap, I. 2013. International survey of herbicide resistant weeds. <http://www.weedscience.org/in.asp> (consulta del 15/12/2013).
9. Holm, L., D.L. Plunknett, J.V. Poncho y J.P. Herberger. 1977. *The World's Worst Weeds: Distribution and Biology*. Honolulu (HI): University Press of Hawaii. 609 p.
10. Johnson, W.G., L. Jianmei y J.D. Wait. 2003. Johnsongrass control, total nonstructural carbohydrates in rhizomes, and regrowth after application of herbicides used in herbicide-resistant corn (*Zea mays*). *Weed Technology* 17(1): 36-41.
11. McCourt, J., S. Pang, J. Scott, L. Guddat y R. Duggleby. 2006. Binding sites to herbicides is revealed in the structure synthase of plants acetohydroxyacid. *School of Molecular and Microbial Sciences* 103(3): 569-573.
12. Millholon, R. 1993. Premergence control of itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis*) and Johnsongrass (*Sorghum halepense*) in sugar cane (*Sacharum* spp. hybrids) with pendimethalin and proflaminate. *Weed Science* 41: 621-626.
13. Mitskas, M.B., C.E. Tsolis, I.G. Eleftherohorinos y C.A. Damalas. 2003. Interference between corn and johnsongrass (*Sorghum halepense*) from seed or rhizomes. *Weed Science* 51(4): 540-545.
14. Rodríguez, E. 2000. Protección y sanidad vegetal: combate y control de malezas. In: Fontana, H. y C. González (eds.). *El Maíz en Venezuela*. Caracas. Fundación Polar. 530 p.
15. Stephenson-IV, D. y J.A. Bond. 2012.

- Evaluation of thiencarbazone-methyl-and isoxaflutole-Based Herbicide Programs in Corn. *Weed Technology* 26(1): 37-42.
16. Streibig, J., Rudemo, M. y J. Jensen. 1993. Dose-response curves and statistical models. *In*: J.C. Streibig y P. Kudsk (eds.). *Herbicide Bioassays*. CRC, Boca Raton, FL. 29-55 p.