

POBLACIONES DE *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W.D. Clayton CON RESISTENCIA CRUZADA AL FORAMSULFURON + IODOSULFURON

POPULATIONS OF *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W.D. Clayton CROSS RESISTANCE TO FORAMSULFURON + IODOSULFURON

Maryory Delgado*, Aída Ortiz Domínguez y Cástor Zambrano*****

* Ingeniero Agrónomo MSc. Ministerio de Agricultura y Tierras. E-mail: marydelg@yahoo.com

** Profesora Agregado y *** Profesor Asistente. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. E-mail: ortiza@agr.ucv.ve; zambrano@agr.ucv.ve

RESUMEN

La paja peluda, *Rottboellia cochinchinensis*, es una de las malezas más perjudiciales en el cultivo de maíz en Venezuela. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de 6 dosis crecientes de foramsulfuron + iodosulfuron sobre 6 poblaciones de paja peluda resistentes a nicosulfuron provenientes de 6 fincas maíceras del estado Portuguesa y una población susceptible proveniente de Maracay-Aragua. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con 4 repeticiones. El experimento se condujo bajo condiciones de invernadero. Se asperjaron las dosis de foramsulfuron + iodosulfuron a razón de ingrediente activo 0; 18,6; 37,2; 74,4; 148,8 y 297,6 g ha⁻¹, cuando las plantas tuvieron de 3 a 4 hojas. Los datos obtenidos de biomasa fresca fueron analizados usando el modelo de regresión log-logístico, determinando la dosis requerida para inhibir el crecimiento en un 50% (RC₅₀) de las poblaciones estudiadas y el umbral del índice de resistencia (ÍR). Todas las poblaciones resistentes a nicosulfuron provenientes de fincas en Portuguesa evaluadas bajo las condiciones de este experimento mostraron también resistencia cruzada al foramsulfuron + iodosulfuron. Así mismo, se encontró una gradación de esta resistencia, siendo las poblaciones Phaller, García, Gómez, Cedeño y Esteger, las que mostraron los valores más altos del índice de resistencia, 26,91; 24,64; 23,85; 22,58 y 21,01, respectivamente; mientras que Luchi tuvo el menor ÍR con 12,6. De acuerdo con estos resultados se deben diseñar estrategias de manejo de esta maleza en el cultivo de maíz en la zona bajo estudio.

Palabras Clave: Dosis respuesta bioensayo; resistencia a herbicida; resistencia cruzada; foramsulfuron + iodosulfuron; nicosulfuron; ROTCO, ZEAMA.

SUMMARY

Itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W.D, Clayton) is one of the most noxious weed in corn crops in Venezuela. The objective of this research was to evaluate the effect of six increasing doses of foramsulfuron + iodosulfuron in six nicosulfuron resistant itchgrass accessions and susceptible population, It was establishes a trial under completed randomized block design with 4 replications. This experiment was realized in a greenhouse. When the plants had of 3 to 4 leaves, It was were sprayer foramsulfuron + iodosulfuron a rates of 0, 18.6, 37.2, 74.4, 148.8 and 297.6 g,i,a,ha⁻¹. Were analyzed the data of fresh weight of plants in a log-logistic regression model, establishing the required dose to inhibit growth in 50% (RC50) in each biotype and the threshold of resistance index (RI). All nicosulfuron resistant populations harvested in Portuguesa evaluates under this experimental conditions showed crossed resistant to foramsulfuron + iodosulfuron too. Also, We found degrees resistant indexes (RI), Phaller, García, Gómez, Cedeño and Esteger showed highest values of RI, 26.91, 24.64, 23.85, 22.58 y 21.01, respectively, whereas Luchi has smallest RI, with 12.6. In agreement with these results, we must design a management to itchgrass resistant populations in corn farms in region of this study.

Key Words: Dose-response bioassay; herbicide resistance; cross-resistance; foramsulfuron + iodosulfuron; nicosulfuron; ROTCO; ZEAMA.

INTRODUCCIÓN

En Venezuela el maíz, *Zea mays* se ubica como el primer cereal de importancia económica y forma parte de la dieta diaria de la población, principalmente a través su consumo como arepa. En el 2006 se registró una producción 2 111 693 t de granos de maíz, cosechadas en una superficie de 640 066 ha (Fedeaagro, 2007).

Rottboellia cochinchinensis es una maleza agresiva que ejerce una interferencia negativa en muchos cultivos en el país, principalmente en maíz, caraota, sorgo, caña de azúcar, soya, entre otros. El patrón de aplicación de herbicidas en el cultivo de maíz ha cambiado en los últimos 14 años, por cuanto antes se usaba herbicidas preemergentes para el control de la paja peluda y actualmente se realiza mayoritariamente con nicosulfuron de aspersión postemergente.

Así mismo, en algunas fincas donde se tomaron las muestras para este ensayo es típica la rotación de maíz-sorgo, donde no se usa graminicidas en el segundo ciclo (sorgo) que controle efectivamente a las poblaciones de paja peluda resistentes a inhibidores de ALS. Sin embargo, no es el caso en la rotación maíz-cultivo hoja ancha donde si se pudieran usar herbicidas inhibidores de la ACCasa que potencialmente pudieran controlar a las poblaciones resistente.

La resistencia de maleza a herbicida se produce cuando una población dentro de una especie que anteriormente era susceptible es capaz de soportar la dosis comercial de un herbicida, completar su ciclo de vida y producir semillas en un sistema agrícola. La resistencia cruzada ocurre cuando una maleza resiste las dosis comerciales de dos o más herbicidas que comparten el mismo mecanismo de acción (Heap y LeBaron, 2001).

La resistencia de *Senecio vulgaris* a simazina, debida a modificaciones del sitio de acción, fue la primera documentación sobre este tema que se hizo en 1968 (Heap y LeBaron, 2001), a partir de allí ha habido una evolución de resistencia en muchas especies al punto de que actualmente se han señalado 315 poblaciones resistentes a herbicida en 183 especies (Heap, 2007). América Latina no ha escapado a este desarrollo vertiginoso de la resistencia de las malezas, ya que por el momento se han descrito en la literatura 21 malezas gramíneas con resistencia a herbicidas principalmente en cuatro cultivos, arroz, soya, trigo y frutales (Valverde, 2007).

En 1997 se hizo el primer estudio de resistencia de paja peluda a fluazifop-butyl, en el cultivo de soya en

Louisiana, EEUU (Heap, 2007). En Bolivia se ha detectado resistencia cruzada de dos poblaciones de *R. cochinchinensis*, San Pedro y Yacapaní, a los herbicidas haloxyfop-R-metil y sethoxydim. Así mismo, el estudio determinó que el mecanismo de resistencia de estas dos poblaciones al sethoxydim fue debida a la insensibilidad de la enzima ACCasa por lo cual se sugiere que la resistencia cruzada observada podría ser debida a una reducción en la sensibilidad del sitio de acción de la enzima (Avila *et al.*, 2007).

La situación sobre la resistencia de malezas a herbicidas en Venezuela se ha documentado en 5 trabajos de investigación, entre ellos se citan casos en el cultivo del arroz tales como la resistencia de 19 poblaciones *Echinochloa colona* L., procedentes de Calabozo (Guárico) y Portuguesa al Propanil (Ortiz *et al.*, 1998) y a poblaciones de la misma malezas en Portuguesa han mostrado resistencia al fenoxaprop (Zambrano y Espinoza, 2004a). En otra especie llamada paja rugosa (*Ischaemum rugosum*), se detectaron poblaciones con resistencia al bispiribac sodio (Zambrano y Espinoza, 2004b). Más recientemente, se evidenció que poblaciones de *Rottboellia cochinchinensis* recolectados en campos de maíz en Portuguesa han evolucionado resistencia a nicosulfuron (Delgado *et al.*, 2007).

Los herbicidas foramsulfuron + iodosulfuron, sal sódica, son herbicidas pertenecientes a los inhibidores de enzima acetolactato sintetasa, llamada comúnmente ALS (Karam, 2005), también conocida como acetohidroxyácido sintetasa (AHAS). La ALS es la enzima necesaria para la síntesis de los aminoácidos ramificados leucina, isoleucina y valina (WSSA, 2002).

En es país la mezcla de foramsulfuron + iodosulfuron es de reciente introducción en el mercado; a su vez comparte con el nicosulfuron el posicionamiento en ventas como herbicida sistémico, postemergente para control de gramíneas en maíz. Ambos herbicidas son agrupados como sulfonilúreas, cuyo mecanismo de acción es la inhibición de la ALS.

El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar la respuesta de diferentes poblaciones de *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W.D. Clayton resistentes al nicosulfuron, a dosis creciente de la mezcla herbicida foramsulfuron + iodosulfuron, con la finalidad de contribuir al conocimiento del manejo de la resistencia de la paja peluda a los herbicidas sulfonilúreas, herramienta básica para el diseño de estrategias de control de esta maleza en el cultivo de maíz en el país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron semillas maduras de plantas de paja peluda en fincas con un historial de aplicación de nicosulfuron de más de 8 años en el estado Portuguesa. Estas poblaciones se sometieron a un experimento de dosis respuesta con nicosulfuron (Delgado *et al.*, 2007) y las poblaciones resistentes se seleccionaron para este ensayo. Así mismo, la accesión susceptible se escogió de un lugar en el jardín botánico del Departamento de Botánica de la Facultad de Agronomía UCV, donde nunca se ha aplicado herbicida. Estas semillas se multiplicaron bajo condiciones de invernadero.

Las semillas cosechadas se escarificaron, eliminándoles manualmente el artículo, sometiéndolas a un proceso de oxigenación en fiolas contentivas de 250 ml de agua destilada por 24 horas. Posteriormente, cada población fue colocado en bandejas sobre papel toalla humedecido con agua destilada estéril y se introdujeron en una cámara de germinación a temperatura constante de 30 °C.

Siguiendo la metodología de Fischer *et al.* (2000), se transplantaron 6 plántulas por pote de cada población cuando éstas mostraron la plúmula y radícula, cada maceta contuvo 3 kilogramos de suelo. El crecimiento de las plantas se realizó en un invernadero. Antes de la aspersión del xenobiótico se ralearon los potes y se dejaron 3 plantas del mismo estadio de desarrollo en cada uno. Cuando las plántulas mostraron 4 hojas (15 días después del transplante) se aplicó el herbicida.

Los tratamientos consistieron en la aplicación de dosis crecientes de foramsulfuron + iodosulfuron a las poblaciones resistentes a nicosulfuron Luchi, Gómez, Cedeño, Phaller, García y Esteger y en la susceptible (UCV), Cuadro 1. La aplicación se hizo con una asperjadora de CO₂ de espalda, que permitió la aplicación a presión constante a razón de 250 l ha⁻¹ usando boquillas In Jeet 8002 VF.

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con 4 repeticiones.

Variables

Biomasa fresca: Las plantas se cosecharon cortándolas al ras del suelo a los 21 días después de la aplicación de los tratamientos.

RC₅₀: Es la inhibición del crecimiento provocada por el herbicida. Este valor representa la dosis de herbicida que inhibe el 50 % del crecimiento (peso fresco)

de las plantas tratadas en relación con las plantas testigo (Seefeldt *et al.*, 1995).

Índice de resistencia (ÍR): se calculó como la razón entre el valor de RC₅₀ de la población de interés sobre el valor de RC₅₀ de la población susceptible (UCV). Cuando el valor del ÍR fue mayor de 2, la población bajo estudio se consideró resistente (Valverde *et al.*, 2000).

Análisis estadísticos

Los valores de RC₅₀ se calcularon basados en la curva de dosis-respuesta, usando el modelo logístico descrito por Seefeldt *et al.* (1995). Este modelo usa la siguiente ecuación para expresar la biomasa fresca y de la dosis x del herbicida:

$$U_{ij} = C_i + \frac{D - C_i}{1 + \exp[b_i (\log(z_j) - \log(RC_{50}(i)))]}$$

Donde U_{ij} denota la respuesta a la dosis j del herbicida i ; D representa la asíntota superior del crecimiento de las plantas a la concentración cero que se supone es similar para el experimento (tratamiento sin herbicida), y C_i es el límite inferior a una dosis infinita del herbicida i . RC_{50} denota la dosis requerida del herbicida i para reducir el crecimiento de la planta a la mitad del valor entre D y C , y b_i es la pendiente de la curva cerca de la $RC_{50}(i)$.

CUADRO 1. Tratamientos de foramsulfuron + iodosulfuron* aplicados sobre poblaciones de paja peluda resistentes a nicosulfuron.

Tratamiento	g ha ⁻¹ a.i. foramsulfuron + a.i. iodosulfuron	Producto comercial (g ha ⁻¹)
0 X	0	0
0,25 X	18,6	30
0,5 X	37,2	60
1 X	74,4	120
2 X	148,8	240
4 X	297,6	480

X= dosis comercial de Equip Plus WG 62@*. De la dosis comercial de Equip plus de i.a. 72 g ha⁻¹ corresponde a foramsulfuron y i.a. 2,4 g m ha⁻¹ a iodosulfuron. Se aplicó activator en mezcla con el herbicida a razón de 1,5 l ha⁻¹.

Nomenclatura: N, N-dimetil -2-[3- (4,6- dimetoxipirimidin-2-il) ureidosulfonil] -4 formilaminobenzamida (foramsulfuron), (metil 4 iodo 2 [3 (4 metoxi-6-metil-1,3,5, triazin-2- il) ureidosulfurfonil] benzoato (iodosulfuron metil sodio). 2-[[[(4,6-dimethoxy-2-pyrimidinyl)amino]carbonyl]amino]sulfonyl]-N,N-dimethyl-3-pyridinecarboxamide (nicosulfuron), *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W.D. Clayton (ROTCO), *Zea Mays* L. (ZEAMA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró un buen ajuste de la biomasa fresca expresada como porcentaje de control en respuesta a las dosis foramsulfuron + iodosulfuron en la ecuación del modelo logístico, obteniéndose valores de R^2 entre 0,76 y 0,95 ($P < 0,01$), Cuadro 2.

Todas las poblaciones resistentes a nicosulfuron evaluadas en este experimento resultaron también con resistencia cruzada al foramsulfuron + iodosulfuron. También, se encontró una gradación de la resistencia a este herbicida, siendo las poblaciones Phaller, García, Gómez, Cedeño y Esteger, las que mostraron los valores más altos del índice de resistencia, 26,91; 24,64; 23,85; 22,58 y 21,01, respectivamente; mientras que Luchi tuvo el menor ÍR con 12,64. Así mismo, se evidenció que las poblaciones con mayor índice de resistencia necesitaron entre 3 a 4 veces la dosis del herbicida para inhibir el 50% de su crecimiento, mientras que Luchi con tan solo 2 veces la dosis del mismo xenobiótico tuvo la misma respuesta (Cuadro 2).

En la Figura se puede observar que la accesión Phaller a la dosis de i.a 297,6 g ha⁻¹ de foramsulfuron + iodosulfuron (4 veces la dosis del herbicida) no mostró afectación en la biomasa aérea mientras que Luchi a la dosis de i.a.148,8 g ha⁻¹ (2 veces la dosis de herbicida) exhibió una reducción de esta variable; sin embargo, ambas poblaciones resultaron resistentes al foramsulfuron + iodosulfuron.

Estos resultados indican que los biotipos resistentes al nicosulfuron evaluados en esta investigación también son resistentes al foramsulfuron + iodosulfuron lo que sugiere que probablemente haya resistencia cruzada. Así mismo, este estudio indica que la resistencia de la paja peluda al foramsulfuron e iodosulfuron quizás pudo deberse a su exposición previa y sistemática al nicosulfuron, sin embargo, hacen falta conducir más estudios para conocer el mecanismo de resistencia.

En la literatura se cita que en algunos casos de malezas con resistencia a inhibidores de ALS se debe a mutaciones en el sitio de acción de la enzima, produciéndose una gradación y patrones de resistencia cruzada entre herbicidas inhibidores de ALS pertenecientes a diferentes clases (Wright *et al.*, 1998),

Otros autores han encontrado que la resistencia podría deberse a la degradación metabólica tal como ocurre con la tolerancia de los cultivos a sulfonilureas: hidroxilación, O-dealkilación y desterificación o quizás debido a la participación del sistema de la P-450 citocromo monooxigenasa (Devine *et al.*, 1993)

CUADRO 2. Parámetros de la ecuación log-logística usados para calcular la dosis del herbicida foramsulfuron + iodosulfuron requerida para reducir 50% de la biomasa fresca (RC_{50}) en poblaciones resistentes y susceptibles al nicosulfuron de *R. cochinchinensis*, índice de resistencia (ÍR).

Población	D	c	b	RC50 i.a. g ha ⁻¹	ÍR	R ²
Phaller	3,2395	0,0014	15,4600	327,3600	26,9113	0,7600
García	3,2389	0,0014	4,0000	297,6000	24,4648	0,9000
Gómez	3,2389	0,0014	2,7300	290,1600	23,8532	0,9500
Cedeño	4,2337	0,1215	3,0150	274,6922	22,5817	0,9300
Esteger	4,0000	0,1258	2,6551	255,6384	21,0153	0,9300
Luchi	3,2389	0,0019	4,4982	153,8071	12,6440	0,8800

RC_{50} Población Susceptible (UCV)=12,1664; ÍR= Razón entre el RC_{50} Resistente y RC_{50} Susceptible; d= asíntota superior del crecimiento de las plantas a la concentración cero; c= límite inferior a una dosis infinita del herbicida; b= pendiente de la curva cerca de la RC_{50} ; R^2 = ajuste de los valores observados y los estimados por el modelo.



FIGURA. Respuesta de los biotipos de paja peluda, UCV-susceptible (S), Phaller (R) y Luchi (R) a dosis crecientes de 0; 18,6; 37,2; 74,4; 148,8 y 297,6 g ha⁻¹ del herbicida i.a. foramsulfuron + iodosulfuron.

Es necesario integrar prácticas de manejo para reducir la evolución de resistencia en la paja peluda; el uso de pendimetalin podría ser de gran ayuda en las estrategias a desarrollar, ya que este herbicida posee otro mecanismo de acción, sin embargo, falta aún por dilucidar el tipo de mecanismo de acción de esta resistencia, lo que dará una idea más clara para su manejo dado que si el tipo de resistencia es por sitio de acción sería funcional el cambio a herbicidas con diferentes mecanismos de acción, pero, si la resistencia es metabólica quizás no pudiera funcionar tal rotación.

CONCLUSIÓN

- Las poblaciones de paja peluda resistentes a nicosulfuron recolectadas en campos de maíz en el estado Portuguesa, mostraron resistencia cruzada al foramsulfuron + iodosulfuron.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean agradecer la colaboración de ASOPORTUGUESA por el apoyo brindado durante la recolección de las semillas, especialmente a su Asesor Técnico, Ingeniero Samuel Cabrera.

BIBLIOGRAFÍA

- Ávila, W., A. Bolaños and B. Valverde. 2007. Characterization of the cross-resistance mechanism to herbicides inhibiting acetyl coenzyme-A carboxylase in itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis*) biotypes from Bolivia. *Crop Protection* (26):342–348.
- Delgado, M., A. Ortiz Domínguez y C. Zambrano. 2007. Resistencia de *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W.D. Clayton al herbicida nicosulfuron en cultivos de maíz. *Agronomía Trop.* 56(2):171-182.
- Devine, M., S. Duke and C. Fedtke. 1993. *Physiology of herbicide action*. Prentice Hall. Englewood Cliffs. NJ. 102 p.
- FEDEAGRO. 2007. Estadísticas agrícolas, Disponible: <http://www.fedeagro.org/> [Consulta: 2007, Julio 5]
- Fischer, A, D. Bayer and J. Hill. 2000. Herbicide resistant *Echinochloa oryzoides* and *E. phyllopogon* in California *Oryza sativa* fields. *Weed Science.* 48:225-230.
- Heap, I. 2007. *International Survey of Herbicide Resistant Weeds*, [Documento en línea], Disponible: <http://www.weedscience.org/in.asp> [Consulta: 2007, Enero 9].

- Heap, I and H. Lebaron. 2001. Introduction and Overview of Resistance. In: *Herbicide Resistance and World Grains*. Stephen Powles and Dale Shaner, Eds. Washington. DC. 1-22 p.
- Karam, D. 2005. Características do Herbicida *Foramsulfuron Iodosulfuron-Methyl-Sodium* na Cultura do Milho, Circular tecnica Ministerio de agricultura, pecuaria y abastecimiento, EMBRAPA Milho e Sorgo, [disponible on line: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/CircTec58.pdf>] [Consulta: 2007, julio 6]
- Ortiz, A., M. Pacheco, V. Pérez, R. Ramos y E. Seijas. 1998. Identificación de poblaciones de *Echinochloa colona* (L.) Link., potencialmente resistentes al propanil en Venezuela. *Rev. COMALFI (Colombia)* 26:21-27.
- Seefeldt, S., J. Jensen and P. Fuerst. 1995. Log-Logistic analysis of herbicide dose- response relationships. *Weed Technology* 9:218-227.
- Valverde, B. 2007. Status and Management of Grass-Weed Herbicide Resistance in Latin America, *Weed Technology* 21:310-323.
- Weed Science Society of America (WSSA), 2002, *Herbicide Handbook*, Second edition, 493 p.
- Wright, T, N. Baserub, S. Sturner, and D. Penner. 1998. Biochemical mechanism and molecular basis for ALS inhibiting herbicide resistance in sugarbeet (*Beta vulgaris*) somatic cell selections. *Weed Sci.*, 46, 13 (1998).
- Zambrano, C. y H. Espinoza. 2004(a). Evaluación de la resistencia de poblaciones de *Echinochloa colona* (L.) Link al fenoxaprop-p-etil en arroz (*Oryza sativa* L.) provenientes de diferentes localidades del estado Portuguesa, En: *Memorias XI Congreso de Malezas*, UNET, Táchira, Venezuela. 111 p.
- Zambrano, C y H. Espinoza, 2004 (b), Evaluación de la resistencia de poblaciones de *Ischaemum rugosum* al bispiribac sodio en arroz (*Oryza sativa* L.) provenientes de los estados Portuguesa y Guárico. En: *Memorias XI Congreso de Malezas*, UNET, Táchira, Venezuela. 112 p.