

**RESISTENCIA DE *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W.D.
Clayton AL HERBICIDA NICOSULFURON
EN CULTIVOS DE MAÍZ¹**

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

RESUMEN

La paja peluda, *Rottboellia cochinchinensis*, es una de las malezas más importante en el cultivo de maíz en Venezuela y su control se basa principalmente en el uso de nicosulfuron. Los agricultores han observado un bajo control de *R. cochinchinensis* en sus campos. Aunque no se conocen las causas, posiblemente la maleza ha generado resistencia a la acción del herbicida, y ello constituyó el objetivo de esta investigación. Se realizó un muestreo de áreas maiceras del estado Portuguesa, colectándose semillas maduras de 13 poblaciones de paja peluda, además se uso una población control recolectada en el jardín botánico de Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, donde nunca se ha usado nicosulfuron. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con 4 repeticiones. Se montaron 2 ensayos, el primero preliminar y el segundo de prueba de resistencia. Ambos se desarrollaron bajo condiciones de invernadero y las plántulas provenientes de cada planta colectada (10 plantas por finca para el primer ensayo y 1 planta por finca para el segundo) se colocaron en potes contentivos de 3 kilogramos de suelo. En el primer ensayo se asperjó la dosis comercial de nicosulfuron (de i.a. 30 g ha⁻¹) cuando las plantas tuvieron de 3 a 4 hojas. Las plantas que mostraron menos de 30% de control fueron seleccionadas para el segundo ensayo, en el cual se asperjaron las plantas con nicosulfuron a razón de i.a. 0; 7,5; 15; 30; 60 y 120 g ha⁻¹. Los datos obtenidos de peso fresco fueron analizados usando el modelo de regresión log-logístico, determinando la dosis requerida para inhibir el crecimiento en un 50% (RC₅₀) de los biotipos estudiados y el umbral del índice de resistencia (ÍR). Tres de las poblaciones evaluadas fueron susceptibles y 11 mostraron resistencia al nicosulfuron, las cuales presentaron diferentes ÍR: Randal (19,7), Phaller (17,4), Esteger (30,7), Gómez (600,1), Luchi (34,4), Cedeño (8,6), Gaester (9,4), Hhaller (2,1), Giacobucci (6,6), Jiménez (39,8) y García (2,5).

Palabras Clave: *Zea Mays* L.; *Rottboellia cochinchinensis*; resistencia; biotipo.

¹ Trabajo financiado por FUNDACITE Aragua.

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

** Profesores. Agregado y Asistentes, respectivamente. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. E-mail: ortiza@agr.ucv.ve/ zambrano@agr.ucv.ve

RECIBIDO: mayo 25, 2005.

RESISTANCE OF *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W.D. Clayton TO NICOSULFURON IN MAIZE CROPS¹

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

SUMMARY

The control of Itchgrass, *Rottboellia cochinchinensis*, one of the most important weeds of maize in Venezuela is based on nicosulfuron, a postemergent herbicide. However, levels of control have been low, which may suggest resistance of the weed to the herbicide. Resistance of itchgrass, collected in different farms of Portuguesa State, to nicosulfuron was evaluated. The resistance of mature seeds of itchgrass collected from 13 farms was compared against the resistance of itchgrass collected in the botanic garden of the Department of Botany of the Faculty of Agronomy where nicosulfuron had never been used. Two experiments were carried out in a greenhouse, in a completely randomised block design with 4 replications, 1) to select resistance to the commercial recommended dose of nicosulfuron (30 i.a. g ha⁻¹), and 2) to evaluate the resistance of itchgrass to increased doses of nicosulfuron (0, 7.5, 15, 30, 60 and 120 i.a. g ha⁻¹) with selected plants from experiment 1 where there was low control of itchgrass (<30%) by nicosulfuron. In both experiments nicosulfuron was sprayed using a calibrated CO₂ constant flow sprayer set to 250l/ha, when itchgrass had 3 to 4 leaves. Seedlings were placed in pots with 3 kg of soil. The dose of nicosulfuron which inhibits growth of itchgrass in a 50% (RC50) was estimated through the threshold of resistance index (RI), using the log-logistic model of regression in accordance with Seefeld *et al.* (1995). We found that 3 of the evaluated populations were susceptible and 11 resistant to nicosulfuron. Resistance index fluctuated between 2.1 and 600.1: Randal (19.7), Phaller (17.4), Esteger (30.7), Gómez (600.1), Luchi (34.4), Cedeño (8.6), Gaester (9.4), Hhaller (2.1), Giacobucci (6.6), Jiménez (39.8) and García (2.5).

Key Words: *Zea mays*; *Rottboellia cochinchinensis*; resistance; biotype.

1 Trabajo financiado por FUNDACITE Aragua.

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

** Profesores. Agregado y Asistentes, respectivamente. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía.
E-mail: ortiza@agr.ucv.ve / zambrano@agr.ucv.ve

RECIBIDO: mayo 25, 2005.

INTRODUCCIÓN

El maíz, *Zea mays* L., de origen americano, es el cereal más extendido en Venezuela. Cultivándose en casi todas las pequeñas plantaciones de subsistencia, pero, además se siembra con técnicas modernas en virtud de que constituye la materia prima para varias industrias (harina precocida y de hojuelas de maíz tostado).

Las malezas, tanto anuales como perennes, son un problema mundial en el cultivo del maíz. El crecimiento de las malezas gramíneas puede provocar pérdidas de rendimiento del grano de maíz de hasta un 85%. *Rottboellia cochinchinensis* (paja peluda) reduce los rendimientos del maíz en un 90% debido a su gran potencial de competencia y posibles efectos alelopáticos (Fisher *et al.*, 1987).

La agresividad de la paja peluda ha permitido su rápida expansión y ocasionar daños severos a los cultivos, tanto por reducir el rendimiento como por dificultar la cosecha, incluso ha obligado a abandonar áreas de producción o cambiar el rubro de producción (Rodríguez, 2000).

La resistencia de malezas a los herbicidas fue señalada por primera vez en 1968 en el estado de Washington, USA, donde se identificó una población de la maleza *Senecio vulgaris* L., resistente a Simazina (Heap y LeBaron, 2001). En los siguientes 36 años se han presentado en el mundo 174 especies de malezas resistentes a una o más, de unas quince clases de herbicidas (Heap, 2004).

Actualmente se ofrecen más de 250 ingredientes activos a nivel mundial permitiendo el control de casi todas las malezas en cultivos principales y secundarios. La comprobada eficacia de los herbicidas modernos permite a los agricultores producir sus cultivos en forma continua y rentable en los mismos campos optimizando sus ingresos. Sin embargo, una de las desventajas del uso repetitivo de estos xenobióticos es la evolución de malezas resistentes a ellos y uno de los grupos de herbicidas más recientes que se considera propenso a la evolución de resistencia son los inhibidores de la enzima acetolactato sintetasa ALS (Valverde *et al.*, 2000).

El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar la respuesta de *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W.D. Clayton a la aplicación del herbicida nicosulfuron con la finalidad de contribuir al conocimiento

del manejo de la resistencia de la paja peluda al herbicida nicosulfuron, herramienta básica para el diseño de estrategias de control de esta maleza en el cultivo de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

1º Fase. Muestreo

En la época de lluvias del año 2003 se realizó un muestreo de áreas maiceras, con un historial de aplicación de nicosulfuron de más de 8 años (Cuadro 1) en el estado Portuguesa, colectándose semillas maduras de 13 poblaciones de paja peluda. En el jardín botánico del Departamento de Botánica de la Facultad de Agronomía UCV se colectó la población control (susceptible), área donde nunca se ha usado nicosulfuron.

Se colectaron 10 plantas por finca y se colocaron en bolsas de papel, dejándose secar durante 15 días bajo condiciones naturales.

CUADRO 1. Fincas maiceras donde se colectaron las semillas de *R. cochinchinensis* en el estado Portuguesa. Ciclo de lluvias (julio-agosto 2003).

Fincas	Zona
Elio Giacobucci	Turén
Roberto Randal	Turén Carretera V
Humberto Luchi	Turén Carretera V
Gladis Gómez	Turén Carretera V
Darwin Cedeño	Turén Carretera G
Phillips Haller	El Playón
Helmont Haller	El Playón
Gregorio García	El Playón
Alberto Esteger	Chorrerones
Roberto Gaester	Chorrerones
Michael Wacker	Chorrerones
Luis Jiménez	El Ají
Alberto Esteger	La Colonia

Ruptura de latencia de las semillas

Las semillas colectadas en el campo se escarificaron, eliminándoles manualmente el artículo, para someterse a un proceso de oxigenación por 24 horas y romper la latencia. Para esto se sumergieron en fiolas de 250 ml contentivas de agua destilada estéril y conectadas a una bomba de pecera. Luego fueron colocadas en bandejas sobre papel toalla humedecido con agua destilada estéril y se introdujeron en la cámara de germinación del Laboratorio de Semillas del Instituto de Agronomía FAGRO-UCV para obtener las plántulas requeridas en el ensayo.

2º Fase. Pruebas de resistencia

En esta prueba se utilizó la metodología aplicada por Fischer *et al.* (1993 y 2000), en sus estudios de resistencia, la cual consiste en: Cuando la plúmula y la radícula empezaron a emerger de la cubierta seminal se transplantaron a macetas plásticas (6 plántulas por maceta) con aproximadamente 3 kg de suelo esterilizado con vapor de agua.

Las plántulas se dejaron crecer en el invernadero hasta que desarrollaron 4 hojas, aproximadamente 15 días después del trasplante, para realizar las pruebas con nicosulfuron. Antes de la aplicación del herbicida se entresacaron para dejar sólo 3 plantas por maceta. Bajo esta metodología se hicieron dos experimentos:

ENSAYO 1: Prueba preliminar

En este estudio inicial se utilizó la dosis comercial (en i.a. de 30 g ha⁻¹) del herbicida nicosulfuron y el surfactante no iónico para seleccionar los individuos que tuvieran menos porcentaje de control. Las plantas se dejaron crecer en el invernadero hasta completar su fase de reproducción (3 meses). Cuando las semillas comenzaron a madurar se cubrieron las panículas con una bolsa de tela de tul para evitar pérdidas de semillas en el desgrane. Las semillas provenientes de plantas con menos de 30% de daño foliar se tomaron para realizar la prueba de respuesta a dosis.

En este ensayo se evaluó el porcentaje visual de daño a los diez días después del tratamiento con el herbicida.

ENSAYO 2: Respuesta a dosis

En este experimento se utilizaron dosis crecientes y diferentes tratamientos con nicosulfuron (Cuadro 2), las cuales se aplicaron 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.

CUADRO 2. Tratamientos de nicosulfuron aplicados sobre biotipos de *R. cochinchinensis*.

Tratamiento	De i.a en g ha ⁻¹ nicosulfuron	Producto comercial (g ha ⁻¹)
0 X (sin aplicación)	0	0
0,25 X	0,75	10
0,5 X	15	20
1X	30	40
2X	60	80
4X	120	160

X= dosis comercial

Diseño de experimento

En los dos experimentos se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con 4 repeticiones.

Variabes evaluadas

1. Porcentaje visual de daño: Las plantas se mantuvieron en el invernadero hasta que desarrollaron síntomas de toxicidad. Diez días después del tratamiento se hizo la evaluación visual de las plantas, para lo cual se usó la escala porcentual establecida por Frans y Talbert citado por Rodríguez (1981) en la que 0 representa la ausencia de daño (crecimiento y condiciones de la planta similares a las del testigo sin tratar) y 100 corresponde a la muerte de la planta.

2. Peso fresco (biomasa fresca): Las plantas se cosecharon cortándolas al ras del suelo a los 21 días después del tratamiento (21 DDT) para determinar su peso fresco aéreo.
3. RC_{50} : 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.
4. Índice de resistencia (ÍR): se compararon las respuestas de la población desconocida o de la que se sospechaba resistente con la de la población conocida como susceptible (control, UCV). El ÍR se calculó como la razón entre el valor de RC_{50} de la población de interés sobre el valor de RC_{50} de la población susceptible.
5. Cuando el valor del ÍR fue mayor de 2, la población bajo estudio se consideró como resistente.

Análisis Estadísticos

Los valores de RC_{50} se calcularon basados en la curva de respuesta a dosis, usando el modelo logístico descrito por Seefeld *et al.* (1995). Este modelo usa la siguiente ecuación para expresar biomasa fresca como porcentaje de control 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 testigo), 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 $RC_{50}(i)$.

Las curvas de respuesta a dosis se generaron por análisis de regresión múltiple usando el programa estadístico SAS versión 7,0 (Seefeld *et al.*, 1995; Ferguson *et al.*, 2001) y graficando con el programa estadístico SigmaPlot versión 8,0.

La variable porcentaje de control se analizó por prueba no paramétrica de Kruskal- Wallis usando el Programa Statistix por no cumplir con los supuestos del ANAVAR.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ENSAYO 1: Prueba preliminar

La Figura muestra que los biotipos de *R. cochinchinensis* que tuvieron mejor control fueron Esteger, Wacker y UCV (control), seguidos por los biotipos Randal, PHaller, Luchi, Cedeño, Gaester, Giacobucci, Jiménez y las poblaciones con menor porcentaje de control fueron Esteger ch, HHaller y Gómez.

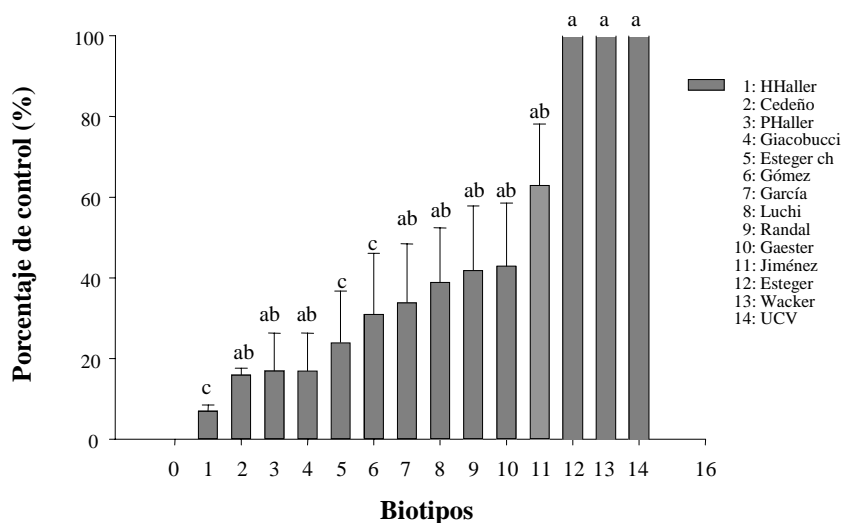


FIGURA. Porcentaje de control (%) de biotipos de *R. cochinchinensis* con la dosis comercial en i.a. (30 g ha^{-1}) del herbicida nicosulfuron. Promedios con letras iguales no difieren significativamente según la prueba de Kruskal y Wallis.

Esta prueba preliminar permitió identificar que alrededor del 85% de las poblaciones colectadas en las fincas muestreadas en Portuguesa son potencialmente resistentes al nicosulfuron (Cuadro 3) y confirma lo expuesto por Heap (1999) cuando se refiere a que la resistencia no siempre es absoluta.

CUADRO 3. Número de poblaciones y porcentaje de control ejercido por el nicosulfuron sobre *R. cochinchinensis* colectadas en fincas maiceras del estado Portuguesa.

Zona	Poblaciones Analizadas	Poblaciones Susceptibles		Poblaciones potencialmente Resistentes	
		Nº	%	Nº	%
Turén	5	0	0	5	100
El Playón	3	0	0	3	100
Chorrerones	3	1	33,33	2	66,66
Colonia	1	1	100	0	0
El Ají	1	0	0	1	100
Total	13	2	15,38	11	84,61

ENSAYO 2: Respuesta a dosis

En el Cuadro 4 se muestran los valores de RC_{50} y el $\acute{I}R$ obtenidos para los biotipos Resistentes (R) y susceptibles (S), encontrándose que se formaron 5 grupos en función del $\acute{I}R$, los cuales se categorizaron en orden de mayor a menor en: Primer grupo, conformado por el biotipo Gómez el cual se atribuyó un $\acute{I}R$ de 600,08 y un RC_{50} de i.a. de 3 654,5 g ha⁻¹, es decir, que se necesita 121,8 veces la dosis comercial de nicosulfuron para alcanzar el 50% de reducción del peso fresco aéreo de las plantas. El segundo grupo lo conformaron los biotipos Jiménez, Luchi y Esteger Ch con $\acute{I}R$ de 39,79; 34,39 y 30,68, respectivamente, además requieren de alrededor de 5,10 a 9,91 veces la dosis comercial para reducir su crecimiento en un 50%. El tercer grupo lo formaron los biotipos Randal y PHaller con $\acute{I}R$ de 19,73 y 17,36, respectivamente y

requieren de 2,75 a 3,82 veces la dosis comercial del herbicida para reducir su crecimiento en un 50%. El cuarto grupo estuvo conformado por los biotipos Gaester, Cedeño y Giacobucci con un ÍR de 9,42; 8,64 y 6,6, respectivamente; la dosis requerida para reducir el 50% del crecimiento fueron de 1,95; 1,78 y 1,72 veces la dosis comercial, respectivamente. El último grupo mostró menores ÍR pero superiores al umbral establecido para la resistencia a herbicidas (Valverde, 2000), en este caso los biotipos que se asociaron en este grupo fueron HHaller y García con un ÍR de 2,54 y 2,12, respectivamente, lo que indicó una dosis de nicosulfuron para reducir al 50% su crecimiento de 0,48 a 0,65 veces la dosis comercial del herbicida.

CUADRO 4. Dosis del herbicida nicosulfuron requeridas para inhibir el 50% del peso fresco (RC_{50}) en biotipos resistentes y susceptibles de *R. cochinchinensis* y el índice de resistencia (ÍR).

Biotipo	RC_{50} Susceptible en i.a. (g ha ⁻¹)	RC_{50} Resistente en i.a. (g ha ⁻¹)	ÍR
Gómez	6,09	3 654,5	600,08
Jiménez	7,47	297,3	39,79
Luchi	3,66	125,9	34,39
Esteger ch	4,99	153,1	30,68
Randal	4,19	82,7	19,73
PHaller	6,60	114,6	17,36
Gaester	6,22	58,64	9,42
Cedeño	6,19	53,54	8,64
Giacobucci	7,82	51,65	6,60
García	7,72	19,64	2,54
HHaller	6,75	14,35	2,12

ÍR= Razón entre el RC_{50} Resistente y RC_{50} Susceptible

CONCLUSIONES

- Las evaluaciones de los diferentes biotipos de *R. cochinchinensis* permitieron identificar 3 biotipos susceptibles (UCV, Wacker y Esteger) y 11 biotipos resistentes (Randal, PHaller, Esteger ch, Gómez, Luchi, Cedeño, Gaester, HHaller, Giacobucci, Jiménez y García) al herbicida nicosulfuron.
- La dosis requerida para inhibir el crecimiento de las plantas (peso fresco) en un 50% (RC_{50}), del biotipo susceptible osciló en i.a., entre 4,19 y 7,82 g ha⁻¹, mientras que para los biotipos resistentes estuvo entre 14,35 y 3 654,5.
- Se encontraron diferentes niveles de respuesta de los biotipos Randal, PHaller, Esteger Ch, Gómez, Luchi, Cedeño, Gaester, HHaller, Giacobucci, Jiménez y García con índices de resistencia que oscilaron entre 2,12 y 600,08.

BIBLIOGRAFÍA

FERGUSON, G., A. HAMILL and F. TARDIF. 2001. ALS inhibitor resistance in populations of powell amaranth and redroot pigweed. *Weed Science*. 49:448-453.

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.

FISCHER, A., E. GRANADOS and D. TRUJILLO. 1993. Propanil resistance in populations of Junglerice (*Echinochloa colona*) in Colombia Rice Fields. *Weed Science*. 41:201-206.

FISHER, H., R. MENÉNDEZ, L. DALEY, D. ROBB-SPENCER and G. CRABTREE. 1987. Biochemical Characterization of Itchgrass (*Rottboellia exaltata*) Biotypes. *Weed Science*. 35:333-338.

HEAP, I. 1999. Criteria for Confirmation of Herbicide-Resistant Weeds. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.weedscience.org/resgroups/Detect%20Resistance.pdf#search=%22Criteria%20for%20Confirmation%20of%20Herbicide-Resistant%22>.

HEAP, I. 2004. Internacional Survey of Herbicide Resistant Weeds. Documento en línea. Disponible: <http://www.weedscience.org/in.asp>.

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.

RODRÍGUEZ. 1981. Evaluación visual de malezas. **In:** I Jornadas de especialistas en el control de malezas. Sociedad Venezolana del Combate de Malezas (SOVECOM). Conferencias. Maracay. p. 72.

RODRÍGUEZ, E. 2000. Combate y control de malezas. En Maíz en Venezuela. Fundación Polar. Editores, H. Fontana y C. González. 530 p.

SEEFELDT, S., J. JENSEN and P. FUERST. 1995. Log-Logistic analysis of herbicide dose- response relationships. *Weed Technology*.9:218-227.

VALVERDE, B., C. RICHES and J. CASELEY. 2000. Prevención y manejo de malezas resistentes a herbicidas en arroz: experiencias en América Central con *Echinochloa colona*. Costa Rica. 156 p.