

Validación de Cihalofof-Butilo + Clomazone para el control de *Echinochloa colona* (L.) Link en arroz de temporal*

Validation of Cyhalofop-Butyl + clomazone to control *Echinochloa colona* (L.) Link in rainfed rice

Valentín A. Esqueda Esquivel^{1§} y Oscar Hugo Tosquy Valle¹

¹Campo Experimental Cotaxtla- INIFAP. Carretera Veracruz-Córdoba km 34, municipio Medellín de Bravo, Veracruz. (tosquy.oscar@inifap.gob.mx). [§]Autor para correspondencia: esqueda.valentin@inifap.gob.mx.

Resumen

Durante los ciclos de temporal 2011 y 2012, se establecieron cuatro parcelas en arrozales del municipio de Tres Valles, Veracruz, con objeto de validar los resultados experimentales de control del zacate pata de pichichi [*Echinochloa colona* (L.) Link] con cihalofof-butilo + clomazone, comparar su eficiencia y rentabilidad con el tratamiento regional, y transferir el conocimiento de la nueva tecnología a los productores de arroz del centro del estado de Veracruz. Se compararon dos tratamientos: 1. Cihalofof-butilo + clomazone a 315 + 480 g ha⁻¹; y 2. Propanil seguido de propanil (tratamiento regional) en dosis diferentes cada ciclo de acuerdo al tamaño de *E. colona*. En ambos ciclos se evaluó el control de *E. colona* y la toxicidad al arroz a los 25, 35 y 60 días después de la aplicación de los tratamientos. También se cuantificó el rendimiento de arroz palay y se determinó la rentabilidad de los tratamientos. Con cihalofof-butilo + clomazone el control final de *E. colona* fue 91.25%, y el rendimiento promedio de arroz palay de 5 033 kg ha⁻¹, mientras que con el tratamiento regional estos valores fueron de 49.50% y 2 883 kg ha⁻¹, respectivamente. La relación beneficio/costo con cihalofof-butilo + clomazone fue de 1.507, mucho mayor que la del tratamiento tradicional (0.802), principalmente por un mayor rendimiento de grano obtenido y un menor costo de control. La nueva tecnología se transfirió a 71 personas, entre productores de arroz y técnicos, a través de dos demostraciones de campo.

Abstract

During seasonal cycles 2011 and 2012, four plots were established in the municipality of rice Tres Valles, Veracruz, in order to validate the experimental results of control of leg scorer grass [*Echinochloa colona* (L.) Link] with cyhalofop butyl + clomazone, compare their efficiency and profitability with the regional treatment and knowledge transfer of new technology to rice farmers from the center of the state of Veracruz. Both treatments were compared: 1-butyl Cyhalofop clomazone + 315 + 480 g ha⁻¹; and 2. Propanil followed by propanil (regional treatment) in different doses each cycle according to the size of *E. colona*. Both cycles *E. colona* control and toxicity to rice at 25, 35 and 60 days after application of treatments was evaluated. Performance of paddy rice was also quantified and profitability of the treatments was determined. With cyhalofop butyl + clomazone end *E. colona* control was 91.25%, and the average yield of paddy rice in 5 033 kg ha⁻¹, while the regional treatment these values were 49.50% and 2 883 kg ha⁻¹, respectively. The benefit/cost with cyhalofop butyl clomazone + ratio was 1.507, much higher than the traditional treatment (0.802), primarily driven by higher grain yield obtained and a lower cost of control. New technology to 71 people, including rice farmers and technicians, transferred through two field demonstrations.

* Recibido: febrero de 2014
Aceptado: mayo de 2014

Palabras clave: análisis económico, herbicidas, rendimiento, rentabilidad.

Keywords: economic analysis, herbicides, performance, profitability.

Introducción

En el estado de Veracruz, el arroz de temporal se produce en regiones con precipitación pluvial y temperaturas altas, condiciones propicias para el desarrollo exuberante de malezas, que pueden presentarse en poblaciones superiores a 10 millones de plantas por hectárea (Esqueda y Tosquy, 2004). La principal maleza de este cultivo es *Echinochloa colona* (L.) Link, un zacate anual de la familia Poaceae, conocido regionalmente como “pata de pichichi”, muy competitivo y de difícil control, por lo que es común que afecte significativamente el desarrollo y la producción del arroz (Esqueda, 1999).

La gran cantidad de humedad que guardan los terrenos dedicados a cultivar arroz hacen prácticamente imposible eliminar las malezas por medios mecánicos, por lo que éstas se controlan exclusivamente mediante el empleo de herbicidas, en especial el propanil, un inhibidor de la fotosíntesis (Hoagland *et al.*, 2004), que se aplica en pos emergencia, y que actúa mejor con malezas pequeñas (Esqueda y Tosquy, 2009).

Durante el ciclo del arroz, *E. colona* tiene dos flujos importantes de emergencia (Esqueda y Acosta, 1985), por lo que para controlarlo durante el periodo crítico de competencia es necesario aplicar el propanil en dos ocasiones en este periodo, ya que este producto solamente controla malezas emergidas (Esqueda, 2000).

El propanil se ha utilizado por más de 50 años para controlar malezas en arroz, y debido a su uso continuo, se ha detectado resistencia de biotipos de *E. colona* a este herbicida en Costa Rica (1987 y 1998), Colombia (1988), Honduras (1999), Guatemala (1999), El Salvador (1999) y Venezuela (2000 y 2010) (Heap, 2013). En México, Bolaños *et al.* (2001) reportaron biotipos de *E. colona* tolerantes al propanil en los estados de Veracruz y Campeche, lo que ha complicado y encarecido su control, y obligado buscar nuevas estrategias mediante el uso de herbicidas con un modo de acción diferente.

En la búsqueda de nuevos tratamientos de control, se determinó que la aplicación única de la mezcla de bispyribac-sodio, un inhibidor de la enzima acetolactato sintasa +

Introduction

In the state of Veracruz, the rainfed rice is produced in regions with rainfall and high temperatures, conditions for luxuriant growth of weeds, which may be in excess of 10 million plants per hectare (Esqueda and Tosquy, 2004) populations. The principal of this crop is weed *Echinochloa colona* (L.) Link an annual grass of the Poaceae family, regionally known as “Paw scorer” very competitive and difficult to control, so it is common to significantly affect the development and rice production (Esqueda, 1999).

The large amount of moisture that keep the land devoted to growing rice make it virtually impossible to remove weeds mechanically, so they can be controlled exclusively by the use of herbicides, especially propanil, an inhibitor of photosynthesis (Hoagland *et al.*, 2004), which applies towards emergence, and works best with small weeds (Esqueda and Tosquy, 2009).

During the cycle of rice *E. colona* flows has two major emergency (Esqueda and Acosta, 1985), so to control during the critical period of competition is necessary to apply propanil twice in this period, as this product only controls emerged weeds (Esqueda, 2000).

The propanil has been used for over 50 years to control weeds in rice, and due to their continued use has been detected biotypes resistance to this herbicide *E. colona* in Costa Rica (1987 and 1998), Colombia (1988) Honduras (1999), Guatemala (1999), El Salvador (1999) and Venezuela (2000 and 2010) (Heap, 2013). In Mexico, Bolaños *et al.* (2001) reported *E. colona* biotypes tolerant to propanil in the states of Veracruz and Campeche settler, which complicated and expensive control and must seek new strategies using herbicides with a different mode of action.

In the search for new treatments of control, it was determined that the only application of the mixture of bispyribac-sodium, an inhibitor of the enzyme acetolactate synthase + clomazone, which inhibits an enzyme, 1-deoxy-D-xylose synthase 5'-phosphate (Mallory-Smith and Retzinger, 2003; Ferhatoglu and Barrett, 2006), is very efficient to control biotypes *E. colona* difficult to control with propanil

clomazone, que inhibe la enzima 1-desoxi-D-xilosa 5-fosfato sintasa (Mallory-Smith y Retzinger, 2003; Ferhatoglu y Barrett, 2006), es muy eficiente para controlar biotipos de *E. colona* de difícil control con el propanil (Esqueda y Tosquy, 2012), por lo que actualmente la utilizan algunos productores de arroz de temporal del centro de Veracruz. Sin embargo, si esta mezcla se utiliza en forma indiscriminada y de manera continua, la presión de selección ocasionará la aparición de biotipos resistentes, como ya ha sucedido con bispiribac-sodio en otros países (Zein *et al.*, 2010; El-Nady *et al.*, 2012); esto señala la necesidad de contar con nuevas alternativas de control químico, conformadas con herbicidas de modo de acción diferente al del propanil y bispiribac-sodio.

Cihalofop-butilo es un herbicida pos emergente, inhibidor de la acetil coenzima A carboxilasa (Jo y Piao, 2000), que en pruebas experimentales ofreció excelente control de *E. colona*, tanto solo (Esqueda y Tosquy, 2004), como en mezcla con clomazone (Esqueda y Tosquy, 2009), por lo que puede convertirse en una opción más para establecer un programa de control de malezas en el que se roten herbicidas con modos de acción diferente, y de esta manera retrasar o evitar la aparición de biotipos resistentes a esos herbicidas. Debido a que con el tratamiento de cihalofop-butilo + clomazone puede obtenerse un control eficiente de *E. colona* por todo el ciclo, esta mezcla se aplicó en arrozales comerciales, con objetivo de validar los resultados generados experimentalmente, determinar su rentabilidad y transferir esta nueva tecnología a los productores de arroz de la zona centro del estado de Veracruz.

Material y métodos

Durante los ciclos primavera-verano 2011 y 2012, bajo condiciones de temporal, se establecieron cuatro parcelas de validación en terrenos de agricultores arroceros del municipio de Tres Valles, principal productor de arroz de temporal en el estado de Veracruz. En 2011 se establecieron dos parcelas: una en Los Naranjos y otra en Loma San Juan, mientras que en 2012, una parcela se estableció en Las Macayas y la otra en Loma del Chivo. El clima en las cuatro localidades es Aw₂ (w), que corresponde a los subtipos más húmedos de los cálidos subhúmedos (García, 1987). Los suelos de los sitios experimentales son de textura migajón arcillo-arenosa con pH de 5.5 en las localidades de Los Naranjos y Las Macayas, y franco-arcillosos con pH de 5.8 en Loma San Juan y Loma del Chivo (López, 1998).

(Tosquy Esqueda, 2012), so that currently use some rice producers central Veracruz. However, if this mixture is used indiscriminately and continuously, selection pressure will cause the emergence of resistant biotypes, as has happened with Bispyribac sodium in other sites (Zein *et al.*, 2010; El-Nady *et al.*, 2012) this points to the need for new alternatives to chemical control with herbicides shaped so differently to propanil and Bispyribac sodium action.

Cyhalofop butyl post emergent herbicide is an inhibitor of acetyl coenzyme A carboxylase (Jo and Piao, 2000), that in laboratory tests provided excellent control *E. colona*, either alone (Esqueda and Tosquy, 2004), as a mixture with clomazone (Esqueda and Tosquy, 2009), so it can become another option to establish a program of weed control in which herbicides are rotated with modes of action different, and thus delay or prevent the emergence of resistant biotypes to these herbicides. Because treatment of cyhalofop butyl + clomazone can efficiently control *E. colona* obtained throughout the cycle, this mixture was applied in commercial rice fields, with the aim of validating results generated experimentally determine profitability and to transfer this new technology to rice farmers in the central part of the state of Veracruz.

Materials and methods

During the spring-summer 2011 and 2012 cycles, under rainfed conditions four test plots were established in areas of rice farmers in the town of Three Valleys, the largest producer of rice in the rainfed State of Veracruz. One in Los Naranjos and another in Loma San Juan, while in 2012, a plot was established in Las Macayas and the other at Loma del Chivo: In 2011, two plots were established. The climate in the four locations is Aw₂ (w), which corresponds to the wettest, subtypes warm subhumid (García, 1987). The soils of the experimental sites are textured sandy clay loam with pH of 5.5 in the towns of Los Naranjos and Las Macayas and clay loam with pH of 5.8 in San Juan, and Loma del Chivo (López, 1998).

The four plots were planted with seed of the variety Milagro Filipino at a density of 100 kg ha⁻¹, between 9 and 20 June, at the beginning of the rainy season. Each treatment occupied an area of 1 000 m² in 2011 and 800 m² in 2012.

1). In 2011, between 11 and 12 days after rice emergence (DDE) the following treatments were applied. An application of clomazone cyhalofop butyl + 315 + 480 g

Las cuatro parcelas se sembraron con semilla de la variedad Milagro Filipino a una densidad de 100 kg ha^{-1} , entre el 9 y 20 de junio, a inicio de la temporada de lluvias. Cada tratamiento ocupó una superficie de $1\,000 \text{ m}^2$ en 2011 y de 800 m^2 en 2012.

En 2011, entre los 11 y 12 días después de la emergencia del arroz (DDE) se aplicaron los siguientes tratamientos: 1). Una aplicación de cihalofop-butilo + clomazone a $315 + 480 \text{ g ha}^{-1}$; y 2). Una aplicación de propanil a $2\,880 \text{ g ha}^{-1}$, seguida de una segunda aplicación del mismo herbicida a $3\,600 \text{ g ha}^{-1}$ a los 15 días después de la primera aplicación (testigo regional). A su vez, en 2012, el tratamiento de cihalofop-butilo + clomazone a $315 + 480 \text{ g ha}^{-1}$ y la primera parte de propanil a $3\,600 \text{ g ha}^{-1}$ se aplicaron a los 20 y 33 DDE en Las Macayas y Loma del Chivo, respectivamente, mientras que la aplicación complementaria de propanil a $4\,320 \text{ g ha}^{-1}$ se realizó a los 12 días después de la primera aplicación en ambas localidades. En todos los casos se agregó el surfactante Inex-A en dosis de 250 mL por cada 100 L de agua.

En 2011, al momento de la aplicación, las plantas de arroz tenían tres hojas en promedio y su altura variaba de 12 a 20 cm , y la altura de las plantas de *E. colona* fluctuaba entre 7 y 14 cm . Por su parte, en 2012, en Las Macayas, las plantas de arroz tenían entre dos y cuatro hojas, y su altura variaba entre 25 y 30 cm , mientras que la altura de las plantas de *E. colona* fluctuaba entre 22 y 40 cm , y comenzaban a amacollar; a su vez, en Loma del Chivo, el arroz tenía entre dos y cuatro macollos y su altura variaba entre 50 y 65 cm , mientras que la altura de *E. colona* variaba entre 50 y 90 cm (en este último año se buscaron lotes con malezas de mayor desarrollo que en 2011, para determinar el comportamiento de la mezcla herbicida en ambas situaciones).

Los herbicidas se aplicaron con un aspersor motorizado de mochila, equipado con un aguilón y cuatro boquillas de abanico plano 8003. Las parcelas se fertilizaron con 46 kg de $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ a la siembra, 46 de N kg ha^{-1} cuando las plantas comenzaban su amacollamiento, y la otra cantidad igual de N , al inicio del desarrollo del primordio panicular, para cubrir la dosis $92\text{N}-46\text{P}-0\text{K}$, recomendada para la zona centro de Veracruz. Tanto en 2011 como en 2012, en todas las parcelas se aplicó cipermetrina en dosis de 50 g ha^{-1} , para controlar la chinche café (*Oebalus insularis*) en la etapa de llenado de grano (García, 2005).

Para estimar la densidad de población de *E. colona*, antes de aplicar los tratamientos, se lanzó al azar un cuadrante de $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ (Ntanos *et al.*, 2000) en cinco ocasiones en cada tratamiento. Las plantas de esta especie contenidas en el interior de los cuadrantes se cuantificaron, se obtuvo el promedio por 1 m^2 y se multiplicó $\times 10\,000$ para convertir los datos en plantas ha^{-1} .

ha^{-1} ; and 2). Propanil application $2\,880 \text{ g ha}^{-1}$, followed by a second application of the herbicide to $3\,600 \text{ g ha}^{-1}$ at 15 days after the first application (regional control). In turn, in 2012, the treatment of cyhalofop butyl + clomazone at $315 + 480 \text{ g ha}^{-1}$ and the first part of propanil at $3\,600 \text{ g ha}^{-1}$ were applied at 20 and 33 DDE in Las Macayas and Loma del Chivo, respectively, while the complementary application of propanil at $4\,320 \text{ g ha}^{-1}$ was performed at 12 days after the first application at both locations. In all cases Inex-A surfactant was added in a dose of 250 mL per 100 L of water.

In 2011, the time of application, the rice plants were averaged three leaves and the height ranging from 12 to 20 cm , and the height of the plants *E. colona* ranged between 7 and 14 cm . Meanwhile, in 2012, in Las Macayas, rice plants were two to four leaves, and its height varied between 25 and 30 cm , while the height of the plants *E. colona* fluctuated between 22 and 40 cm , and started amacollar; turn in Loma del Chivo, rice had two to four tillers, height varied between 50 and 65 cm , while the height of *E. colona* varied between 50 and 90 cm (in the last year lots were searched with weeds more developed in 2011 to determine the behavior of the herbicide mixture in both situations).

Herbicides were applied with a motorized knapsack sprayer equipped with a boom and four flat fan nozzles 8003. Plots were fertilized with $46 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ at sowing, 46 N kg ha^{-1} when the plants began its tillering and the other equal amount of N at the beginning of the development of panicular blank to cover the $92\text{N}-46\text{P}-0\text{K}$, the center recommended dose Veracruz area. Both in 2011 and 2012 in all plots cypermethrin was applied in doses of 50 g ha^{-1} , to control the coffee bug (*Oebalus insularis*) on the grain filling stage (García, 2005).

For estimating the population density of *E. colona* before applying treatments randomly threw a quadrant $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ (Ntanos *et al.*, 2000) five times in each treatment. Plants of the species contained within the quadrants were quantified, the average was obtained for 1 m^2 and multiplied $\times 10\,000$ for converting data into plants ha^{-1} .

The control evaluation was performed *E. colona* visually at 25, 35 and 60 days after treatments applied (DDA), in accordance with the teachings of German (2004) and Zhang *et al.* (1995). Scale of 0 to 100% was used, where 0 meant that the treatment did not cause any damage, and 100, the weed was completely destroyed. To evaluate the toxicity to rice, the scale of 0 was also used to 100%, where 0 meant

La evaluación del control de *E. colona* se efectuó en forma visual a los 25, 35 y 60 días después de aplicados los tratamientos (DDA), de acuerdo con las indicaciones de Alemán (2004) y Zhang *et al.* (1995). Se utilizó la escala de 0 a 100%, en donde 0 significó que el tratamiento no causó ningún daño, y 100, que la maleza fue completamente destruida. Para evaluar la toxicidad al arroz, también se utilizó la escala de 0 a 100%, en la que 0 significó que el arroz no fue dañado por los tratamientos herbicidas, y 100, que fue completamente eliminado (Esqueda y Rosales, 2004). Las fechas de evaluación fueron las mismas que para el control de *E. colona*. La cosecha de las parcelas se realizó cuando el arroz alcanzó su madurez; se eliminaron los granos vanos y restos de plantas, y se obtuvo el peso de arroz palay al 14% de humedad, el cual se transformó en kilogramos por hectárea.

Los valores medios de control de *E. colona* y de rendimiento de grano se analizaron en diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, considerando los valores promedio de cada localidad como una repetición. En los casos en que se detectó significancia, para la separación de promedios se aplicó la prueba de Tukey ($p \geq 0.05$). También se realizó un análisis económico de relación beneficio/costo y dominancia para determinar la rentabilidad de la nueva tecnología y compararla con la que utiliza tradicionalmente el productor de arroz (CIMMYT, 1988). Para este análisis se consideraron los costos directos de producción del arroz de temporal del año 2012, fijados por el Consejo Distrital de Desarrollo Rural Sustentable del Distrito de Desarrollo Rural 008 de Ciudad Alemán, Veracruz, y un precio de venta del kilogramo de arroz palay de \$3.90.

Para transferir el conocimiento sobre la efectividad en el control de malezas de la mezcla de cihalofof-butilo + clomazone, se realizaron dos eventos demostrativos de campo para productores y agentes de cambio: uno en Loma San Juan, el 11 de agosto de 2011, y el otro en Loma del Chivo, el 15 de agosto de 2012.

Resultados y discusión

Densidad de población de malezas

La densidad de población de *E. colona* antes de la aplicación de los tratamientos variaba de 720 000 a 4 297 000 plantas ha⁻¹ (Cuadro 1). Estas poblaciones normalmente se encuentran en los arrozales de temporal del centro de Veracruz (Esqueda

that the rice was not damaged by the herbicide treatments, and 100, which was completely eliminated (Esqueda and Rosales, 2004). The evaluation dates were the same as for the control of *E. settler*. The harvest of the plots was done when the rice reached maturity; the empty grains and plant debris were removed, and the weight of paddy rice at 14% moisture, which was transformed in kilograms per hectare was obtained.

Mean values *E. colona* control and grain yield were analyzed in experimental randomized block design with four replications, considering the average values of each locality as a repetition. In cases in which significance was detected, to the average separation of the Tukey test ($p \geq 0.05$) was applied. An economic analysis of the benefit/cost ratio and dominance was also performed to determine the profitability of the new technology and compare it with the traditionally used rice producer (CIMMYT, 1988). Considered the direct costs of rainfed rice production in 2012 for this test set by the District Council of Sustainable Rural Development Rural Development District 008 German City, Veracruz, and a selling price of a kilogram of paddy rice \$ 3.90.

For transferring knowledge about the effectiveness in controlling weeds mix cyhalofop butyl+ clomazone, two demonstration events for farmers and field agents of change were conducted: one in Loma San Juan, on August 11, 2011, and the other at Loma del Chivo, the August 15, 2012.

Results and discussion

Population density of weeds

The population density *E. colona* before application of the treatments varied 720 000–4 297 000 plants ha⁻¹ (Table 1). These stocks are usually found in a paddy field in central Veracruz temporal (Esqueda *et al.*, 2010a), so it is considered that the plots selected are representative of the problematic weed in Temporalera region of central Veracruz.

Control *E. colona*

At 25 DAA, in all plots applied with clomazone + cyhalofop butyl, *E. colona* control was at least 90%, with close to 95% average; almost total control of this species in Loma San Juan was observed. In contrast, with the sequential applications of propanil initial controls ranged from 60 to 75%, which is

et al., 2010a), por lo que se considera que las parcelas seleccionadas son representativas de la problemática de malezas en la región temporalera del centro de Veracruz.

Cuadro 1. Densidad de población de *Echinochloa colona* (plantas ha⁻¹) antes de la aplicación de los tratamientos en parcelas de validación establecidas en cuatro localidades del municipio de Tres Valles, Veracruz.

Table 1. Population density of *Echinochloa colona* (plants ha⁻¹) before the application of treatments in test plots located in four villages of the town of Tres Valles, Veracruz.

2011		2012	
Loma San Juan	Los Naranjos	Las Macayas	Loma del Chivo
4 297 000	3 250 000	720 000	2 675 000

Control de *E. colona*

A los 25 DDA, en todas las parcelas aplicadas con cihalofop-butilo + clomazone, el control de *E. colona* fue de al menos 90%, siendo el promedio cercano a 95%; se observó un control casi total de esta especie en Loma San Juan. En contraste, con las aplicaciones secuenciales de propanil los controles iniciales variaron entre 60 y 75%, lo cual es indicativo de un control de regular a deficiente. De acuerdo con la prueba de comparación de medias, el control obtenido con el nuevo tratamiento herbicida, es significativamente superior al tratamiento tradicional (Cuadro 2).

En la siguiente época de evaluación, en la parcela de Las Macayas se observó una disminución en el control obtenido con cihalofop-butilo + clomazone (de 90 a 85%), la cual fue más pronunciada con el testigo tradicional en tres de las cuatro localidades de validación, lo cual se atribuye en gran parte al mayor tamaño que la maleza tenía al momento de su aplicación en 2012. El control promedio obtenido con la nueva tecnología fue mayor a 90%; en tanto que, con el tratamiento basado en dos aplicaciones de propanil, el control promedio fue de solamente 60%, estadísticamente inferior al de la mezcla de cihalofop-butilo + clomazone (Cuadro 3).

En la evaluación final, aún cuando en las dos parcelas de validación que se establecieron en 2012, el control de *E. colona* con cihalofop-butilo + clomazone fue menor a 90%, el control promedio con esta tecnología se mantuvo

indicativo de a moderate to poor control. According to the test for comparison of means, the control obtained with the new herbicide treatment is significantly superior to traditional treatment (Table 2).

Cuadro 2. Control de *Echinochloa colona* (%) en las parcelas de validación, a los 25 días después de la aplicación (DDA).

Table 2. *E. colona* control (%) in validation plots, at 25 days after application (DAA).

Tratamiento	LSJ 11	LN 11	LM 12	LCH 12	Control promedio (%)
Cihalofop-butilo + clomazone	99	97	90	92	94.50 a
Propanil/propanil (testigo)	75	60	70	65	67.50 b

Medias con distinta letra en cada variable son estadísticamente diferentes (Tukey $p \geq 0.05$). LSJ 11= Loma San Juan 2011; LN 11= Los Naranjos 2011; LM 12= Las Macayas 2012; LCH 12= Loma del Chivo 2012.

In the next period of evaluation, the plot of The Macayas a decrease in the control obtained with cyhalofop butyl + clomazone (90 to 85%), which was more pronounced with the traditional control in three of the four sites was observed validation, which is attributed largely to weeds larger than had at the time of application in 2012 The average control obtained with the new technology was greater than 90%; whereas, with the two-treatment applications propanil, the average control was only 60%, statistically lower than the mixture of clomazone+cyhalofop-butyl (Table 3).

Cuadro 3. Control de *Echinochloa colona* (%) en las parcelas de validación, a los 35 días después de la aplicación (DDA).

Table 3. *E. colona* control (%) in validation plots at 35 days after application (DAA).

Tratamiento	LSJ 11	LN 11	LM 12	LCH 12	Control promedio (%)
Cihalofop-butilo + clomazone	99	96	85	90	92.50 a
Propanil/propanil (testigo)	75	50	60	55	60.00 b

Medias con distinta letra en cada variable son estadísticamente diferentes (Tukey $p \geq 0.05$). LSJ 11= Loma San Juan 2011; LN 11= Los Naranjos 2011; LM 12= Las Macayas 2012; LCH 12= Loma del Chivo 2012.

por arriba de este porcentaje, el cual fue significativamente superior al obtenido con el tratamiento testigo, con el que se logró un control final inferior a 50% (Cuadro 4).

Con éstos resultados se corroboran los datos obtenidos experimentalmente con la mezcla de cihalofof-butilo + clomazone (Esqueda y Tosquy, 2009; Esqueda *et al.*, 2010b), y por tanto, se considera una excelente opción para su empleo comercial, ya que mantiene un control eficiente de *E. colona* durante el período crítico de competencia de esta maleza con el arroz, que varía entre los primeros 30 y 50 días después de la emergencia del cultivo (Esqueda y Acosta, 1985).

En las zonas arroceras de temporal es relativamente común que debido a condiciones climatológicas adversas, la aplicación de herbicidas deba retrasarse por varios días, por lo cual las malezas incrementan su tamaño (Esqueda y Rosales, 2004). Una ventaja adicional de este nuevo tratamiento, es que puede ofrecer un buen control de *E. colona* que se encuentre en etapas de amacollamiento (como sucedió en las parcelas establecidas en 2012), cuando no es recomendable la aplicación de propanil, ya que el cihalofof-butilo tiene buena actividad sobre zacates amacollados (Esqueda, 2012). Los resultados obtenidos con las aplicaciones secuenciales de propanil, sugieren que las poblaciones de *E. colona* han adquirido cierto nivel de resistencia a este herbicida, ya que en esa zona arroceras, en la década de los 80's, era común obtener controles de *E. colona* superiores a 90% con la aplicación secuencial de este herbicida, incluso a dosis más bajas (Esqueda y Acosta, 1981; Esqueda y Acosta, 1985; Esqueda, 1986).

Cabe señalar que aunque con el propanil se tienen problemas para controlar *E. colona*, al mezclarlo con 2,4-D es muy eficiente en el control del pelillo (*Cyperus iria* L.), una ciperácea anual que se está volviendo un problema en la región, debido al uso creciente de herbicidas que solamente controlan gramíneas (Esqueda, 2000).

Es común que al surgir nuevas opciones de control químico de malezas los agricultores los usen continuamente, y muchas veces como el único tratamiento, por lo que su utilidad se reduce a pocos años, ya que estas condiciones son propicias para la selección de biotipos resistentes. Para evitar o retrasar lo anterior, es necesario usar algún otro herbicida que controle la misma especie, pero que tenga un modo de acción diferente.

In the final evaluation, although in the two test plots were established in 2012, with control *E. colona* cyhalofop butyl + clomazone was less than 90%, the average control technology remained above this percentage, which was significantly higher than that obtained with the control treatment, with a lower final control to 50% (Table 4) was achieved.

Cuadro 4. Control de *Echinochloa colona* (%) en las parcelas de validación, a los 60 días después de la aplicación (DDA).

Table 4. *E. colona* control (%) in validation plots at 60 days after application (DAA).

Tratamiento	LSJ 11	LN 11	LM 12	LCH 12	Control promedio (%)
Cihalofof-butilo + clomazone	99	94	84	88	91.25 a
Propanil/propanil (testigo)	68	35	45	50	49.50 b

Medias con distinta letra en cada variable son estadísticamente diferentes (Tukey $p \geq 0.05$). LSJ 11= Loma San Juan 2011; LN 11= Los Naranjos 2011; LM 12= Las Macayas 2012; LCH 12= Loma del Chivo 2012.

With these results corroborate the data obtained experimentally by mixing cyhalofop butyl + clomazone (Esqueda and Tosquy, 2009; Esqueda *et al.*, 2010b), and therefore, is considered an excellent choice for commercial use because it keeps efficient control of *E. colona* during the critical period of weed competition this with rice, ranging from the first 30 and 50 days after crop emergence (Esqueda and Acosta, 1985).

In rainfed, rice is relatively common due to adverse weather conditions, herbicide application should be delayed for several days, so weeds increase in size (Esqueda and Rosales, 2004). An additional advantage of this new treatment is that it can provide good control *E. colona* that is in tillering stages (as in the plots established in 2012), when it is not advisable to apply propanil as the cyhalofop-butyl has good activity on tussock grasses (Esqueda, 2012). The results obtained with the sequential application of propanil, suggest that populations of *E. colona* have acquired some level of resistance to this herbicide, since in that rice area in the early 80's, it was common to get controls *E. colona* higher than 90% with the sequential application of the herbicide, even at lower doses (Esqueda and Acosta, 1981; Esqueda and Acosta, 1985; Esqueda, 1986).

Toxicidad al arroz

No se observaron síntomas de toxicidad en las plantas de arroz con ninguno de los tratamientos en las cuatro parcelas, lo cual es un indicativo de la alta selectividad de ambos tratamientos herbicidas al cultivo. En relación a lo anterior, durante las pruebas experimentales en que se seleccionó el tratamiento de cihalofop-butilo + clomazone para su validación, este tratamiento ocasionó una muy ligera toxicidad al arroz (2%), mucho menor a la ocasionada por la aplicación secuencial de propanil (10.3%), aunque en ambos casos los daños desaparecieron entre los 15 y 30 DDA (Esqueda y Tosquy, 2009).

Rendimiento de grano

En las cuatro localidades de validación, con la mezcla de cihalofop-butilo + clomazone se obtuvo mayor rendimiento de arroz palay, el cual fue superior entre 29.4 y 122.3% al que se obtuvo con las aplicaciones secuenciales de propanil. El rendimiento promedio obtenido con la nueva tecnología de control fue estadísticamente superior al que se obtuvo con el tratamiento tradicional, el cual fue menor a 3 t ha⁻¹ (Cuadro 5). Lo anterior señala la importancia de realizar un control eficiente de malezas, específicamente de *E. colona* en el arroz de temporal, para evitar fugas significativas en el rendimiento de arroz palay (Esqueda y Tosquy, 2012).

Cabe señalar que en las parcelas establecidas en 2012, el mayor tamaño de las malezas al momento de la aplicación de los herbicidas incidió en un menor control de éstas con los dos tratamientos, y esto a su vez afectó negativamente los rendimientos de arroz palay. Ésta situación es un indicativo de que es preferible aplicar los herbicidas en épocas tempranas del desarrollo de las malezas, pero si por alguna circunstancia no es posible hacerlo en la época recomendada, la mezcla de cihalofop-butilo + clomazone es mejor opción que la aplicación secuencial de propanil.

Análisis económico

El costo de control de malezas con cihalofop-butilo + clomazone fue 30.4% menor que el tratamiento de dos aplicaciones secuenciales de propanil por lo que el costo directo de producción del cultivo de arroz, considerando al nuevo tratamiento se redujo 7.08%. A su vez, con la nueva tecnología, se obtuvo un beneficio bruto 74.5% mayor, que el del tratamiento tradicional y la mejor relación beneficio/costo (1.507), debido principalmente al mayor rendimiento de grano

Note that although the propanil are have trouble controlling *E. colona*, when mixed with 2,4-D is very efficient in controlling short hair (*Cyperus iria* L.), an annual sedge that is becoming a problem in the region due to increased use of herbicides only control grasses (Esqueda, 2000).

It is common to encounter new options for chemical weed control farmers use them continually, and often as the only treatment, so its usefulness is reduced to a few years, as these conditions favor the selection of resistant biotypes. To avoid or delay this, it is necessary to use another herbicide to control the same species, but has a different mode of action.

Toxicity to rice

No symptoms of toxicity were observed in rice plants with either treatment at the four plots, which were indicative of a high selectivity of herbicides to crop both treatments. In relation to the above, during the experimental tests that treatment of cyhalofop butyl + clomazone for validation is selected, this therapy resulted in a very slight toxicity to rice (2%), much less than that caused by the sequential application of propanil (10.3%), although in both cases the damage disappeared between 15 and 30 DAA (Esqueda and Tosquy, 2009).

Grain yield

In the four locations validation with the mixture of butyl + clomazone cyhalofop higher yield of paddy rice, which was higher between 29.4 and 122.3% to that obtained with sequential applications of propanil was obtained. The average yield obtained with the new control technology was statistically superior to that obtained with traditional treatment, which was less than 3 t ha⁻¹ (Table 5). This indicates the importance of an efficient weed control, specifically *E. colona* in rainfed rice to prevent significant leakage yield of paddy rice (Esqueda and Tosquy, 2012).

Note that in the plots established in 2012, the larger size of weeds at the time of application of herbicides influenced in less control of these with the two treatments, and this in turn negatively affected yields of paddy rice. This situation is indicative that it is preferable to apply herbicides at early times of weed growth, but if for some reason you cannot do it in the recommended time, mixing cyhalofop butyl + clomazone is superior to the sequential application propanil.

y menor costo de su aplicación. Con la aplicación secuencial de propanil no se lograron cubrir los costos totales de producción (relación b/c de 0.802), por lo que este tratamiento que tuvo un mayor costo variable, fue dominado por la nueva tecnología de control de malezas (Cuadro 6) (CIMMYT, 1988).

Con este estudio se demuestran las ventajas agronómicas y económicas en el control de malezas que la mezcla de cihalofof-butilo + clomazone tiene con respecto al tratamiento tradicional del productor: superioridad en el control de *E. colona*, en más de 40%, reducción 30.4%, en el costo del control, incremento de 74.5% en el rendimiento de grano y una rentabilidad mucho mayor del cultivo de arroz de temporal. Es importante recalcar que el nuevo tratamiento debe utilizarse en forma racional ya que aunque es una excelente alternativa para controlar la principal maleza del arroz de temporal, debe evitarse su uso repetitivo e indiscriminado, pues de otra manera se favorecería la selección, y eventualmente la infestación en niveles altos de biotipos de *E. colona* con resistencia a cualquiera de estos herbicidas (Fischer *et al.*, 2000; Zambrano *et al.*, 2009).

Cuadro 6. Análisis económico de los tratamientos de control de malezas en el cultivo de arroz de temporal.

Table 6. Economic analysis of treatments for weed control in rainfed rice cultivation.

Concepto	Nueva tecnología Cihalofof-butilo + clomazone	Testigo tradicional Propanil/propanil#
Costo de herbicidas (\$ ha ⁻¹)	1 969.00	2 660.00
Costo de aplicación (\$ ha ⁻¹) [†]	300.00	600.00
Costo de control de malezas (\$ ha ⁻¹)	2 269.00	3 260.00
Costo de producción (\$ ha ⁻¹) [‡]	13 019.00	14 010.00
Rendimiento de grano promedio (kg ha ⁻¹)	5 032.50	2 883.00
Beneficio bruto (\$ ha ⁻¹) [§]	19 626.75	11 243.70
Beneficio neto (\$ ha ⁻¹)	6 607.75	-2 766.30
Relación beneficio/costo	1.507	0.802
Incremento marginal en beneficio neto (\$)		-9 374.05 D
Incremento marginal en costo variable (\$)		991.00

[†]Se calculó con base en el promedio de producto aplicado en 2011 y 2012. [‡]Se requirieron cuatro jornales de \$150 00 cada uno, para la aplicación del tratamiento tradicional y dos jornales para la aplicación de la mezcla de cihalofof-butilo + clomazone. [§]Costo directo oficial del Distrito de Desarrollo Rural 008 (Cd. Alemán, Veracruz) \$13 976.00 en el ciclo primavera-verano de 2012. [§]El precio de venta del kilogramo de arroz palay fue de \$3.90. D= tratamiento dominado.

Transferencia de la nueva tecnología

Los eventos demostrativos realizados en Loma San Juan en 2011 y Loma del Chivo en 2012 contaron en conjunto con la asistencia de 56 productores de arroz de temporal, principalmente de los municipios de Tres Valles, Texistepec y Cosamaloapan, Ver.; también participaron ocho técnicos, cinco comercializadores, un académico y un estudiante. En los eventos se dieron a conocer las características y

Cuadro 5. Efecto de los tratamientos herbicidas en el rendimiento de arroz palay (kg ha⁻¹). Ciclos primavera-verano 2011 y 2012.

Table 5. Effect of herbicide treatments on the yield of paddy rice (kg ha⁻¹). Cycles spring-summer 2011 and 2012.

Tratamiento	LSJ 11	LN 11	LM 12	LCH 12	Rendimiento promedio (kg ha ⁻¹)
Cihalofof-butilo + clomazone	6438	5336	4519	3837	5 032.50 a
Propanil/propanil	4975	2745	2086	1726	2 883.00 b

Medias con distinta letra en cada variable son estadísticamente diferentes (Tukey $p \geq 0.05$). LSJ 11= Loma San Juan 2011; LN 11= Los Naranjos 2011; LM 12= Las Macayas 2012; LCH 12= Loma del Chivo 2012.

Economic analysis

The cost of weed control with cyhalofop butyl + clomazone was 30.4% lower than the treatment of two sequential applications of propanil so the production cost of rice cultivation, considering the new treatment was reduced

7.08%. In turn, with new technology, gross profit was obtained 74.5% higher than that of traditional treatment and the best cost/benefit (1 507) relationship, mainly due to higher grain yield and lower cost of implementation. With the sequential application of propanil not managed to cover the total production costs (relationship b/c of 0.802), so this treatment had a higher variable cost, was dominated by the new technology of weed control (Table 6) (CIMMYT, 1988).

ventajas del nuevo tratamiento y se recorrieron las parcelas aplicadas, para observar directamente las diferencias en el control de malezas entre la mezcla de cihalofop-butilo + clomazone y el tratamiento tradicional basado en dos aplicaciones secuenciales de propanil. Algunos miembros de la Unión de Productores de Arroz del Estado de Veracruz, A. C., C. N. C., que asistieron al evento demostrativo de 2011 utilizaron con éxito la nueva tecnología durante el ciclo de temporal 2012, por lo que se espera que en el ciclo de temporal de 2013 se incremente considerablemente la superficie arrocería aplicada con cihalofop-butilo + clomazone.

Conclusiones

Se confirmó a nivel semi-comercial la eficiencia del tratamiento herbicida cihalofop-butilo + clomazone en el control de *E. colona*, la cual fue significativamente superior a la ofrecida con el testigo tradicional consistente en dos aplicaciones de propanil.

Esta nueva tecnología es más rentable para la producción de arroz, ya que su aplicación proporciona un mayor rendimiento de grano con un menor costo de control.

Las características, eficiencia y selectividad del tratamiento de cihalofop-butilo + clomazone se transfirió a 71 asistentes, principalmente productores y agentes de cambio de las zonas centro y sur del estado de Veracruz.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Unión de Productores de Arroz del Estado de Veracruz, A. C., C. N. C., por el apoyo brindado para la realización de estos estudios.

Literatura citada

Alemán, F. 2004. Manual de investigación agronómica: con énfasis en ciencia de la maleza. Imprimatur Artes Gráficas. Managua, Nicaragua. 248 p.

Superiority in controlling *E. colona*, over 40% reduction 30.4: in this study the agronomic and economic advantages in controlling weeds mix cyhalofop butyl + clomazone has over traditional treatment producer demonstrate % on cost control, increased 74.5% in grain yield and much higher profitability of rice cultivation. Importantly, the new treatment should be used wisely and that although it is an excellent alternative to control key weeds in rainfed rice, its repetitive and indiscriminate use should be avoided, since otherwise the selection would favor, and eventually the infestation biotypes in high resistance *E. colona* with any of these herbicides (Fischer *et al.*, 2000; Zambrano *et al.*, 2009).

Transfer of new technology

Demonstration events in Loma San Juan in 2011 and Loma del Chivo in 2012 counted together with the assistance of 56 rice producers, mainly in the municipalities of Tres Valles, Texistepec and Cosamaloapán, Veracruz; eight technicians also participated five traders, an academic and a student. In the events were announced the features and benefits of the new treatment and applied plots toured to observe directly the differences in weed control between the mixture cyhalofop butyl + clomazone and traditional treatment based on two sequential applications propanil. Some members of the Rice Producers Union State of Veracruz, AC, CNC, who attended the demonstration event in 2011 successfully used the new technology during the 2012 seasonal cycle, so it is expected that the cycle time of 2013 rice area applied cyhalofop butyl + clomazone substantial increase.

Conclusions

We confirmed semi-commercially treatment efficiency cyhalofop butyl + clomazone herbicide for *E. colona* control, which was significantly higher than that offered by the traditional token consisting of two applications of propanil.

This new technology is more profitable for rice production, since its application provides a higher grain yield with a lower cost of control.

- Bolaños, E. A.; Villa, C. J. T. y Valverde, B. E. 2001. Respuesta de *Echinochloa colona* (L.) Link a propanil en áreas arroceras selectas de México. Rev. Mex. Cienc. Maleza. 1(2):21-26.
- Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. CIMMYT. Programa de Economía. México, D. F. 30 p.
- El-Nady, M. F.; Hamza, A. M. and Derbalah, A. S. 2012. *Echinochloa colonum* resistance to bispyribac-sodium in Egypt - Occurrence and identification. J. Plant Protect. Res. 52(1):139-145.
- Esqueda, E. V. A. 1986. Efecto de la dosis y época de aplicación de propanil + 2,4-Damina en el control de la maleza y rendimiento del arroz de temporal. In: Memorias del VII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia de la Maleza y VIII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Maleza. Guadalajara, Jalisco, México. 391-397 p.
- Esqueda, E. V. A. 2012. Dosis y época de aplicación de cihalofof-butilo para controlar *Leptochloa mucronata* (Michx.) Kunth en arroz de riego. In: Memoria del XXXIII Congreso Mexicano de la Ciencia de la Maleza. Villahermosa, Tabasco. 179-187 pp.
- Esqueda, E. V. A. y Acosta, N. S. 1981. Las malezas y su control en el arroz *Oryza sativa* L. de temporal en el estado de Veracruz. In: Memorias del II Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. Fuentes de P. C. (Ed.). Chapingo, Estado de México, México. 136-155 p.
- Esqueda, E. V. A. y Acosta, N. S. 1985. Daños y control de las malas hierbas en el cultivo del arroz de temporal en el centro del estado de Veracruz y norte de Oaxaca. SARH. INIA. México, D. F. Folleto de investigación Núm. 65. 60 p.
- Esqueda, E. V. A. y Rosales, R. E. 2004. Evaluación de bispyribac-sodio en el control de malezas en arroz de temporal. Agron. Mesoam. 15(1):9-15.
- Esqueda, E. V. A. y Tosquy, V. O. H. 2009. Alternativas al propanil para controlar *Echinochloa colona* (L.) Link en arroz de temporal. Agron. Mesoam. 20(1):111-119.
- Esqueda, E. V. A. y Tosquy, V. O. H. 2012. Validación de bispyribac-sodio + clomazone, nueva alternativa de control químico de malezas en arroz de temporal. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 3(6):1115-1128.
- Esqueda, E. V. A.; Tosquy, V. O. H. y Flores, M. D. S. 2010a. Control de malezas en el cultivo de arroz de temporal en Veracruz. INIFAP. CIR Golfo Centro. Campo Experimental Cotaxtla. Medellín de Bravo, Veracruz, México. Folleto técnico Núm. 53. 41 p.
- Esqueda, E. V. A.; Tosquy, V. O. H. y Flores, M. D. S. 2010b. Nuevos tratamientos herbicidas para controlar *Echinochloa colona* en arroz de temporal. In: Memoria del XXXI Congreso Mexicano de la Ciencia de la Maleza. Cancún, Q. Roo. 151-155 p.
- Esqueda, V. A. 1999. Control de malezas en arroz de temporal con clomazone, propanil y 2,4-D. Agron. Mesoam. 10(2):43-49.
- Esqueda, V. A. 2000. Control de malezas en arroz de temporal con clomazone, solo y en mezcla con propanil y 2,4-D. Agron. Mesoam. 11(1):51-56.
- Esqueda, V. A. y Tosquy, O. H. 2004. Efecto de cihalofof-butilo en el control de malezas gramíneas en arroz de temporal. Agron. Mesoam. 15(2):173-178.
- Ferhatoglu, Y. and Barrett, M. 2006. Studies of clomazone mode of action. Pest. Biochem. Physiol. 85(1):7-14.

The characteristics, efficiency and selectivity of the treatment cyhalofop butyl + clomazone to 71 attendees, mostly farmers and change agents of the central and southern areas of the state of Veracruz were transferred.

End of the English version



- Fischer, A. J.; Comfort, M. A.; Bayer, D. E. and Hill, J. E. 2000. Herbicide-resistant *Echinochloa oryzoides* and *E. phyllopogon* in California *Oryza sativa* fields. Weed Sci. 48(2):225-230.
- García, A. J. L. 2005. Tecnología para producir arroz de temporal en la región Papaloapan. SAGARPA. INIFAP. CIR Pacífico Sur. Campo Experimental Loma Bonita. Oaxaca, México. Folleto técnico Núm. 1. 63 p.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª ed. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, D. F. 130 p.
- Heap, I. 2013. International survey of herbicide resistant weeds. Herbicide resistant junglerice globally (*Echinochloa colona*). <http://www.weedscience.com/Summary/Species.aspx?WeedID=78> (consultado octubre, 2013).
- Hoagland, R. E.; Norsworthy, J. K.; Carey, F. and Talbert, R. E. 2004. Metabolically based resistance to the herbicide propanil in *Echinochloa* species. Weed Sci. 52:475-486.
- Jo, U. S. and Piao, R. Z. 2000. Selective mode of action of cyhalofop-butyl in rice and barnyardgrass species. Kor. J. Weed Sci. 20(2):149-157.
- López, C. C. J. 1998. Interpretación de resultados de los análisis químicos de suelos agrícolas. Colegio de Postgraduados. Instituto de Fitosanidad. Campus Veracruz. Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México. 45 p.
- Mallory-Smith, C. A. and Retzinger Jr., E. J. 2003. Revised classification of herbicides by site of action for weed resistance management strategies. Weed Technol. 17:605-619.
- Ntanos, D. A.; Koutroubas, S. D. and Mavrotas, C. 2000. Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control in water-seeded rice (*Oryza sativa*) with cyhalofopbutyl. Weed Technol. 14:383-388.
- Zambrano, C.; Pérez, D. y Lazo, J. V. 2009. Evaluación de la posible resistencia metabólica de poblaciones de *Echinochloa colona* (L.) Link a los herbicidas cyhalofop-butyl, clefoxidym, fenoxaprop p-etil y bispyribac sodio. In: XII Congreso da Sociedade Española de Malherbologia. XIX Congreso da Associação Latinoamericana de Malezas. Sousa E. de; Calha, I.; Moreira, I.; Monteiro, A.; Rodrigues, L.; Portugal, J. e Vasconcelos, T. (Eds.). II Congreso Ibérico de Ciencias de las Malezas. Lisboa, Portugal. 511-515 p.
- Zein, A. A.; ABD-EL-Baky, M. A.; Hassan, S. M.; Derbalah, S. and Hamza, A. M. 2010. Evolution and mechanism of rice weeds resistance to herbicides. I- Resistance of *Echinochloa colonum* to bispyribac-sodium herbicide with respect to its effect on chlorophyll content. J. Agric. Res. Kafer El-Sheikh Univ. 36(4):4890-495.
- Zhang, J.; Hamill, A. S. and Weaver, S. E. 1995. Antagonism and synergism between herbicides: trends from previous studies. Weed Technol. 9:86-90.