

CONTROL DE ARROZ MALEZA

RICE WEED CONTROL

Aída Ortiz* y Luis López**

*Profesora Asociada e **Ingeniero Agrónomo. MSc. Consultor del Proyecto Manejo Integrado de Malezas (MIMA).
Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía (FAGRO-UCV). Maracay, estado Aragua.
Correo electrónico: ortiza@agr.ucv.ve - arrozluis@gmail.com

RESUMEN

El arroz maleza / rojo (AM) causa un gran daño a la cadena de producción de arroz en la agricultura. Debido a la importancia económica de esta maleza en Venezuela, el objetivo fue evaluar el control del arroz rojo en la finca El Esfuerzo, ubicada en el municipio Ospino, estado Portuguesa. Se seleccionaron dos campos de arroz bajo riego (lote 3 = 5,3 ha y lote 5 = 3,37 ha), altamente infestadas con arroz rojo. Para llevar a cabo esta investigación se establecieron dos experimentos: (1) el control del arroz rojo con tres herbicidas de presembrado: butacloro y oxadiargil se aplicaron en lámina de agua y el glifosato se utilizó en postemergencias en seco en comparación con la preparación del suelo convencional y (2) el control del arroz rojo con glifosato, el encharcamiento del suelo y el Sistema Clearfield (variedad CF-205 + dos herbicidas imidazolinonas: imazapir + imazapic e imazapir + imazetapir). Se utilizó la metodología de grandes parcelas con muestreo en ausencia de repeticiones (Machado, 2000). Los resultados revelaron que los rendimientos del arroz en todos los tratamientos de control de AM en presembrado evaluados (batido, glifosato, butacloro y oxadiargil), fueron 40,31; 30,72; 26,48 y 14,17%, mayores que el testigo con AM, respectivamente. Asimismo, el control del AM con estos tratamientos fue superior al 90% cuando se comparó el número de panículas de AM con las halladas en el testigo. Se reporta más de 99% de control del AM en los tratamientos con 150,06 g.i.a.ha⁻¹ de imazapir+imazapic e imazapir+imazetapir; dos falsas siembras con aplicaciones de glifosato 85,35% y batido del suelo 39,38%. Los tratamientos con IMI tuvieron 55,22 y 30,77% más rendimiento que el batido y glifosato.

Palabras Clave: arroz maleza/rojo; batido del suelo/ arroz; control; herbicidas; *Oryza sativa*.

SUMMARY

The weedy/red rice (WR) causes great damage to rice agriculture chain. Due to the economic importance of this weed in Venezuela, with the objective of evaluate the control of red rice, in the El Esfuerzo farm located at municipio Ospino, Portuguesa State, were selected two irrigated rice fields (plot 3 = 5.3 ha and plot 5 = 3.37 ha), highly infested with red rice. To conduct this research, two experiments were established: (1) Red rice control using three preplant herbicides: butachlor, oxadiargyl, they both were applied in sheet of water and glyphosate was applied in post emergent in dry, compared to conventional preparation soil, and (2) Red rice control using glyphosate, soil puddling and the Clearfield System (variety CF-205 + two imidazolinone herbicides: imazapyr + imazapic and imazapyr + imazethapyr). A design of large plots without replications with sampling within each plot (Machado, 2000) was used. The results revealed that the rice yields, in all preplanting treatments sowings for the control of WR: puddling, glyphosate, butachlor and oxadiargyl were 40.31, 30.72, 26.48 and 14.17%, higher than the control with WR, respectively. Similarly, the control of WR with these treatments exceeded 90%, when comparing the content of panicles of WR with those found in the control. Our results show that over 99% control of red rice in the treatments with 150.06 g.i.a.ha⁻¹ of imazapyr + imazapic and imazapyr + imazethapyr; 85.35% with two false sowings with glyphosate and 39.38% two false sowings with puddling. Imidazolinone treatments had 55, 22 and 31% higher yields than puddling and glyphosate, respectively.

Key Words: control; herbicides; *Oryza sativa*; soil smoothie/rice; weedy-red rice; red.

INTRODUCCIÓN

El arroz maleza/rojo (AM) tiene gran importancia económica en el cultivo del arroz en Venezuela, debido a que causa cuantiosas pérdidas, por cuanto no solamente reduce el rendimiento del arroz paddy sino que también disminuye el precio del arroz, cuando llega al molino en una alta proporción, contamina la producción de semilla bien sea por mezcla física o flujo de polen, por último, las altas infestaciones de esta maleza afectan negativamente el valor de las tierras arroceras.

En el país, el arroz maleza se encuentra distribuido en todas las zonas arroceras de los estados: Guárico, Portuguesa, Barinas y Cojedes (Ortiz y Budowski, 1998). Incluso en áreas recién incorporadas a la producción de arroz, como es el caso del estado Zulia. La infestación del arroz rojo en estos campos es variable, encontrándose desde 1 a 2 000 pl m⁻² (Ortiz *et al.*, 2009; Abreu y Solórzano, 2006).

En Venezuela se conoce el arroz rojo como maleza nociva en el cultivo del arroz, no obstante, la mayoría de los agricultores no la controlan cuando se encuentra en baja incidencia, sino que esperan a que la agroindustria comience a rechazar el arroz cosechado para hacer el manejo adecuado de esta mala hierba (Castillo, 2006), además, ésto ocasiona que los campos presenten una alta infestación, por lo tanto, una gran proporción de esta maleza en el banco de semillas del suelo, hace más difícil su control (Ortiz *et al.*, 2009).

El AM se define como un arroz no deseado por los productores, por cuanto la mayoría de sus semillas no son recogidas durante la cosecha del cultivo y está específicamente adaptado al hábitat perturbado por el proceso de producción. La evolución del arroz rojo es común a la del arroz cultivado y silvestre, pero la variación está en la contribución relativa de la presión de selección humana o natural en los diferentes componentes del cultivo. El desgrane de las semillas es la única característica que diferencia al arroz rojo del arroz cultivado (Vaughan *et al.*, 2005). La forma común de denominar al arroz rojo es: *Oryza sativa* spontanea (Ellstrand, 2003; London y Schall, 2008).

El método principal usado en el país de control cultural de arroz maleza, es la implementación del batido del suelo combinado con la presencia de lámina de agua sobre un suelo bien nivelado. Esto permite mantener las condiciones anaeróbicas en las capas superiores del suelo y previene que se establezcan plantas de arroz maleza (Fischer, 1999).

En América Central, la siembra de arroz pregerminado en suelos inundados durante 20 d después del batido, suprime el arroz maleza (Armenta y Coulombe, 1993). La combinación de la siembra en lámina de agua y el uso de semillas libres de semillas de arroz rojo conllevan a la desaparición de esta maleza en los arrozales en California (Fischer, 1999). En condiciones del Delta Ebro en España, el batido del suelo combinado con herbicidas, tales como tiobencarbo y molinato, redujeron la densidad de panículas del arroz rojo y se produjo un control de más de 88% (Català, 1995).

La estrecha similitud genética del arroz cultivado y el arroz maleza hace que el control con herbicidas selectivos en postemergencia sea sumamente difícil (Delouche *et al.*, 2007) y existe poca posibilidad de encontrar agentes biocontroladores de esta mala hierba (Zimdahl, 1999). Las técnicas de manejo más exitosas se basan en la aplicación de herbicidas antes de la siembra del cultivo (Ferrero, 2004).

El control presiembra del arroz maleza a nivel mundial se realiza con herbicidas tales como: molinato (Kwon *et al.*, 1991), quizalofop-p-etil, glifosato, paraquat y glufosinato de amonio en Louisiana - EE. UU.- (Noldin *et al.*, 1999); dalapon, cicloxydim y clethodim (Ferrero *et al.*, 1999), glifosato y sulfosato en Brasil (Noldin y Cobbucci, 1999); glifosato y oxadiazón en Uruguay (Castillo *et al.*, 2004).

Con la introducción de variedades resistentes a herbicidas, el enfoque genético y biotecnológico están siendo adoptados para controlar malezas en postemergencia del arroz (Linscombe *et al.*, 1996; Wheeler *et al.*, 1997).

Esta tecnología es una herramienta poderosa para el manejo de las infestaciones de arroz rojo, pero debe ser usada de acuerdo con los protocolos y recomendaciones que acompañan a dichas tecnologías, además de estar acompañadas de otras estrategias preventivas, culturales, químicas y normativas para manejar esos arrozces, a fin de proporcionar y asegurar un manejo sostenible (Delouche *et al.*, 2007).

Dos razones fundamentales privaron para que el arroz transgénico no se desarrollara tan rápido, como en el maíz, soya y colza. En primer lugar, el arroz es un cultivo secundario para los países que aplicaron la técnica de transgénicos y la segunda razón se fundamenta en que el arroz comparte el nicho ecológico con el arroz rojo y con los silvestres, por lo tanto, podría ocurrir un flujo de genes (Delouche *et al.*, 2007; Ellstrand, 2003).

La resistencia a herbicidas de la familia química imidazolinonas (IMI) comenzó a dar sus frutos a mediados de la década de 1980 cuando se encontraron líneas de arroz resistentes. Estas fueron obtenidas por mejoramiento genético tradicional con el uso de agentes mutagénicos por selección masiva en cultivos de tejidos (Croughan *et al.*, 1984; Croughan *et al.*, 1986; Croughan, 1994). En cambio, la resistencia al glufosinato fue transferida a líneas de arroz por medio de la ingeniería genética (Linscombe *et al.*, 1994; Rathore *et al.*, 1994).

Al final de la década de 1990 se desarrollaron variedades de arroz resistentes a herbicidas de amplio espectro, como el glufosinato de amonio y glifosato (transgénicas) e IMI (mutantes). En el año 2001-2002 las variedades resistentes a IMI (también conocida como arroz CL) fueron introducidas en la zona arroceras del sur de los Estados Unidos bajo el nombre comercial de Clearfield y en el año 2005 las variedades Clearfield cubrían cerca del 27% del área arroceras de Arkansas (Delouche *et al.*, 2007).

El sistema Clearfield es la tecnología ofertada por la empresa BASF en convenio con más de 100 empresas semilleras que combina semillas de una variedad o híbrido resistente, herbicidas IMI (imazapir, imazetapir, imazapic e imazamox) y un programa de custodia (Pazos, 2007; BASF, 2011a). Estos herbicidas se pueden usar en forma preemergente o postemergente para el control eficaz del arroz maleza, esto le confiere una gran ventaja al cultivo (Villa, 2006; BASF, 2011b).

Las limitaciones ambientales y biológicas del uso de variedades resistentes a herbicidas, entre otros aspectos, están asociadas principalmente con el riesgo del flujo de los genes de resistencia, desde los cultivares resistentes al arroz rojo o silvestres del género *Oryza*, hasta el crecimiento de plantas voluntarias de arceces resistentes a la selección natural o forzada de la introgresión, entre el cultivo rojo o el silvestre (Gealy *et al.*, 2000; Shivrain *et al.*, 2004; Rajguru *et al.*, 2005; Valverde, 2007; Shivrain *et al.*, 2007).

En Vietnam se obtuvo un excelente control postemergente del arroz maleza (tres a cuatro hojas) bajo el sistema Clearfield-BASF cuando se aplicaron los herbicidas IMI: imazapic, imazapir, imazapic + imazapir e imazetapir + imazapir (Chin *et al.*, 2007). No obstante, en un experimento en Beaumont Texas, EE. UU., para alcanzar el 95% de control de arroz maleza se usaron dos aplicaciones de imazetapir (70 g i.a. ha⁻¹), una en preemergencia y otra en postemergencia, encontrándose que el mejor efecto se logró después de la aspersión del

producto establecido en un período de inundación de al menos 14 d (Ávila *et al.*, 2005).

En las condiciones de la producción de arroz en Crowley, Louisiana EE. UU., con una sola dosis de 140 g i.a. ha⁻¹ de imazetapir aplicada en postemergencia y manteniéndola por 12 d bajo inundación, en el sistema de agua clara y batido, se obtuvo un control de AM de 88 y 92%, respectivamente, mientras que éste aumentó de 90 a 95%, cuando el herbicida se fraccionó en 70 g i.a. ha⁻¹ en preemergencia y 70 g i.a. ha⁻¹ en postemergencia (León *et al.*, 2008).

Al evaluar los escapes de AM del sistema Clearfield en el cultivar Puitá- INTA en Brasil, se encontró que aplicando imazamox cuando se observó el 70% de la excreción de las panículas, a la dosis de 104 g i.a. ha⁻¹, se controló mejor el arroz rojo, resultando en un 93% de esterilidad de las panículas (Menezes *et al.*, 2008b).

En Venezuela a pesar de que los productores desean producir arroz sin agroquímicos, particularmente en el control de malezas no se tienen biocontroladores u otras estrategias no químicas que sean amigables con el ambiente para reducir las pérdidas económicas que ocasiona la presencia del AM en el arroz cultivo, por lo tanto se propuso esta investigación con el propósito de evaluar diferentes métodos de control del AM en una finca arroceras del municipio Ospino, estado Portuguesa. Con la finalidad de incrementar el conocimiento técnico en el manejo integrado del arroz rojo y que éste pueda ser transferido a los distintos actores de la cadena agroproductiva del arroz en el país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Identificados como lote tres y lote cinco se establecieron dos experimentos en la finca arroceras El Esfuerzo, ubicada en el municipio Ospino, estado Portuguesa, en el período comprendido entre el 10 de enero de 2005 y el 28 febrero 2006, donde el AM fue la principal maleza del cultivo.

El suelo está clasificado dentro de la serie Areo (Granados, 1972). El perfil fue descrito como un Typic Ustropepts (González *et al.*, 1977), con una textura franco arcillosa (26% arena, 34% limo y 40% de arcilla) y un pH de 6,40. El pH del agua utilizada para regar y aplicar los herbicidas fue de 5,87. La zona presenta un clima de bosque húmedo tropical, una altitud de 190 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 24 °C y una precipitación media anual de 2 100 mm.

Experimento sobre control de arroz rojo con herbicidas presiembra (PS), establecido en el lote tres durante el ciclo de lluvias 2005

Antes de iniciar el ensayo, el suelo inundado fue batido mediante un pase de rotocultor y rodillo. La siembra del cultivo se realizó el 15 de agosto 2005 con semilla de la variedad ZETA 15, categoría registrada libre de arroz rojo, a la dosis de 116 kg ha⁻¹. Las semillas se pregerminaron antes de sembrarlas, dejándolas 24 h en remojo, posteriormente se incubaron por otras 24 h. Después de estas 48 h los cuatro tanques del lote se sembraron al voleo, manualmente.

Por la información preliminar que arrojó el banco de semillas y los estudios fitosociológicos (datos no publicados en este trabajo), se realizaron aplicaciones en las cuatro melgas o tanques del lote tres, en preemergencia, pirazosulfuron a razón de 25 g i.a. ha⁻¹ y metsulfuron metil a 9 g i.a. ha⁻¹, para el control de *Cyperus iria*; *Fimbristylis miliaceae* y de *Ludwigia* sp., respectivamente. El control de *Leptochloa virgata* se realizó con cyhalofop butil éster a razón de 180 g i.a. ha⁻¹ aplicado en manchoneo (localizado).

En el Cuadro 1 se presentan los diversos métodos de control de AM empleados en el experimento, los herbicidas se aplicaron con una asperjadora acoplada a un tractor, equipada con boquillas TeeJet 8002 (<http://www.rittenhouse.ca/asp/Product.asp?PG=421>) y calibrada a una descarga de 210 l ha⁻¹.

La fertilización fue realizada según el análisis de suelo realizado, con los siguientes nutrimentos: 229,53; 56; 123,3; 24; 1 y 0,5 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O, S, Mg y Zn, respectivamente. El manejo del cultivo se realizó siguiendo el mismo patrón utilizado por el productor en la finca.

Se asignó un lote experimental equivalente a un tratamiento dentro de cada melga, con un tamaño aproximado de 700 m², lo cual representó 100 veces el tamaño de la unidad experimental en ensayos intensivos para el cultivo de arroz (Machado, 2000).

De esta forma, cada parcela estuvo constituida por 100 sub-parcelas de 7 m², cada una correspondió a una unidad de muestreo. El tamaño de la muestra para cada variable evaluada se calculó siguiendo la metodología propuesta por Machado (2000).

CUADRO 1. Tratamientos aplicados para el control de arroz maleza con herbicidas presiembra en el lote tres de la Finca El Esfuerzo, municipio Ospino, estado Portuguesa. Ciclo de lluvias 2005.

Tratamiento	Área (ha)	Dosis producto comercial l ha ⁻¹	Dosis ingredientes activo (g i.a. ha ⁻¹)	Características del tratamiento
Testigo	0,5	-	-	Sin aplicación de herbicidas para el control de AM
Glifosato	1,6	3,75	2 430,00	Presiembra al cultivo (PS), y postemergente al AM (1 macollo) y otras malezas. Se hicieron 3 falsas siembras*.
Batido	1,5	-	-	1 pase de rotocultor + 2 pases de rodillo. Antes de sembrar el cultivo.
Oxadiargil	1,4	1,07	428,57	Herbicida aplicado en la lámina de agua, presiembra al cultivo, y post emergente al AM y otras malezas (altura de planta, aproximadamente 10 cm).
Butacloro	1,06	7,55	4 528,30	Herbicida aplicado en la lámina de agua, presiembra al cultivo, y post emergente al AM y otras malezas (altura de planta, aproximadamente 10 cm).

*Falsa siembra: Inducir la emergencia de las malezas con el uso del riego en la modalidad de moje. Cuando las malezas obtuvieron una altura de 10 cm o tres a cinco hojas, en el caso del arroz maleza con un macollo, se aplicó el método de control respectivo.

Round Up Spectra®: 540 g l⁻¹ glifosato. Raft®: 400 g l⁻¹ oxadiargil. Cruscher®: 600 g l⁻¹ butacloro.

AM: arroz maleza/rojo

En todos los casos se utilizó una estimación de la varianza poblacional, obtenida a partir de una muestra piloto tomada previamente en cada parcela.

A los datos se les realizó un análisis de la varianza aproximado sin ajuste y la prueba de medias de Tukey al 5%, cuando cumplieron los supuestos estadísticos de homogeneidad de la varianza, aditividad en los componentes del modelo estadístico, normalidad e independencia de los errores.

Las variables evaluadas en los experimentos de control de AM son diferentes a las que usualmente se utilizan en otras malezas, esto se relaciona a que el AM comparte el mismo genoma del arroz cultivado por lo que en las fases juveniles es difícil diferenciarlos a nivel morfológico, por ello las cuantificaciones se hicieron después de la cosecha usando el rendimiento del cultivo y sus componentes de rendimiento.

VARIABLES EVALUADAS:

1. Rendimiento del arroz paddy ajustado al 12% de humedad, cosechado en un área de 7 m² cuando tuvo aproximadamente 21% de contenido de humedad.
2. Componentes de rendimiento del arroz. En cada unidad de muestreo se estimaron los atributos siguientes:
 - a. Número de panículas de arroz m⁻², contados en cada tratamiento del área cosechada.

b. Número de granos llenos por panícula. Se seleccionaron 100 panículas al azar, en cada tratamiento, y se contaron los granos a cada una, estimándose el promedio por panícula.

c. Porcentaje de fertilidad. Los granos llenos, determinados en la variable anterior, se relacionaron con el total de granos (llenos + vanos), calculándose el porcentaje de fertilidad.

d. Peso de 1 000 granos. De 100 panículas se contaron 1 000 granos con un contador electrónico, cuatro veces para cada tratamiento y se pesaron en una balanza electrónica.

Experimento sobre control de arroz maleza con glifosato, preparación del suelo batido y el sistema Clearfield con dos imidazolinonas, establecido en el lote cinco durante el ciclo norte-verano 2005-2006 (período seco)

Este experimento estuvo constituido por cuatro tratamientos: 1) sistema Clearfield (variedad de arroz CF-205) + imazetapir + imazapic en postemergencia; 2) sistema Clearfield (variedad de arroz CF-205) + imazetapir + imazapir en postemergencia; 3) preparación del suelo en modalidad barro batido y dos falsas siembras, usando la variedad de arroz ZETA 15; 4) Glifosato en presiembra (dos falsas siembras), usando la variedad de arroz ZETA 15 libre de AM (Cuadro 2).

CUADRO 2. Tratamientos para el control de arroz rojo con la falsa siembra (herbicida no selectivo en presiembra o batido) y el sistema Clearfield en la Finca El Esfuerzo, municipio Ospino, estado Portuguesa. Ciclo Norte Verano 2005-2006.

N°	Área (ha)	Tratamiento	Dosis de producto comercial	Dosis de ingrediente activo (g i.a. ha ⁻¹)	Característica del tratamiento
T1	0,14	Imazapir+imazapic ^Φ	214,37 g ha ⁻¹	37,51 + 112,54	Aplicación 28 DDS*
T2	0,14	Imazapir +imazetapir ^Ψ	214,37 g ha ⁻¹	37,51 + 112,54	Aplicación 28 DDS*
T3	0,6	Batido	-	-	Un pase de rotocultor + dos pases de rodillo, antes de sembrar el cultivo. Se hicieron dos falsas siembras.
T4	1,6	Glifosato	3,75 l ha ⁻¹	2 430,00	Presiembra al cultivo y postemergente al AM (1 macollo) y otras malezas. Se hicieron dos falsas siembras.

*DDS: Días después de la siembra.

^ΦOnduty®: 17% imazapir + 52,5% imazapic. ^ΨLightning®: 17% imazapir+ 54% imazetapir. Round Up Spectra®: 540 g l⁻¹ glifosato. A los tratamientos con herbicidas imidazolinonas se les colocó 0,5% v/v de Surfatrón.

Los herbicidas se aplicaron utilizando una asperjadora acoplada a un tractor, calibrada a un volumen de descarga de 210 l ha⁻¹ y boquillas TeeJeet 8002. El experimento se sembró el 20 de octubre de 2005.

Las semillas se pregerminaron siguiendo el mismo procedimiento descrito para el experimento sobre el control presiembra, y para ambas variedades de arroz la dosis de semilla utilizada fue de 130 kg ha⁻¹.

Según el análisis de suelo se realizó un plan de fertilización con los siguientes nutrientes 171; 48; 115,5; 12; 1 y 0,5 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O, S, Mg y Zn, respectivamente.

El control de otras malezas diferente al arroz maleza se realizó con pendimetalin, fenoxaprop + fenclorazole, bentazon + MCPA, a razón de 1200; 69 + 79; 800 + 120 g i.a. ha⁻¹, respectivamente.

Esta investigación se realizó siguiendo la planificación de experimentos en campos comerciales con un arreglo en grandes parcelas sin repeticiones, con muestreo dentro de los cuatro tratamientos (Machado, 2000).

Las variables evaluadas fueron: 1) número de macollos de AM al momento de la cosecha; 2) porcentaje de control en referencia al número de macollos de AM en cada tratamiento y el testigo; 3) rendimiento paddy del arroz cultivado ajustado al 12% de contenido de

humedad; 4) componentes de rendimiento del arroz cultivado (número panículas/m², número de granos por panícula, porcentaje de fertilidad de los granos y peso de 1 000 semillas). La metodología utilizada para medir estas variables fue descrita en el primer experimento.

Los datos de las variables evaluadas en este experimento cumplieron con los supuestos estadísticos y se les realizó un análisis de la varianza aproximado sin ajuste, además, los atributos que resultaron significativos se les aplicó la prueba de medias de Tukey al 5%. Se utilizó el programa Statistix 9 para realizar los análisis estadísticos (<http://www.statistix.com/features.html>).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento sobre control de arroz rojo con herbicidas presiembra en el lote tres

En la Figura 1, se observa que los tratamientos mostraron diferencias significativas en la productividad del arroz ($P < 0,01$). La prueba de medias indica que cuando se emplearon el batido del suelo y el glifosato, el rendimiento del cultivo fue superior en 40,31 y 30,72%, respectivamente, en comparación con el testigo.

En el caso de los herbicidas butacloro y oxadiargil, este incremento en rendimiento fue de 26,48 y 14,17%, respectivamente.

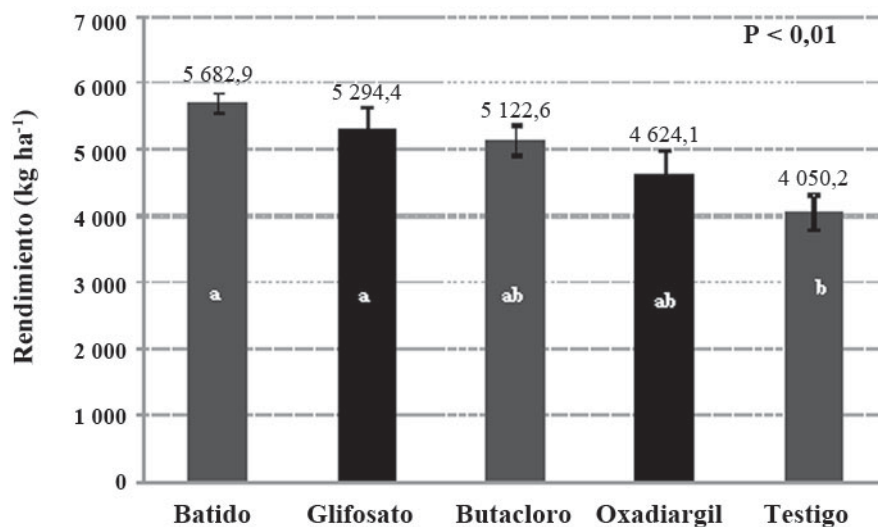


FIGURA 1. Efecto de los tratamientos de control de arroz maleza/rojo sobre el rendimiento del cultivo de arroz en la finca El Esfuerzo, municipio Ospino, estado Portuguesa. Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5%.

Los resultados indican que con los tratamientos realizados hubo control de AM y que los más efectivos fueron: el batido del suelo y el glifosato combinados con la “falsa siembra”. En los tratamientos con butacloro y oxadiargil en lámina de agua, el rendimiento del arroz fue menor, probablemente a consecuencia de que la nivelación del terreno no era homogénea y estos herbicidas pudieron quedar diluidos en el sobrenadante de agua, causando mortalidad de las plántulas de arroz, esto podría haber afectado su establecimiento en campo, de esta manera el AM fue eliminado de estas parcelas.

Aún cuando no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos, se podría decir que el número de panículas del AM en el testigo fue mayor que en los tratamientos glifosato y batido, entre 10 y 20 veces más, respectivamente.

En los tratamientos con oxadiargil y butacloro no se detectó AM (Figura 2). La poca cantidad de panículas de AM (oscilaron entre 4 a 72 panículas m⁻²) encontradas durante la cosecha en el lote donde se estableció el experimento podría indicar que se estaba iniciando la contaminación con AM.

Otros autores encontraron que el uso de la “falsa siembra” más el herbicida Dalapon, produjo un 95% de control de AM, mientras que con batido se logró un 85%, es decir, la aplicación de herbicidas antes de sembrar el cultivo simulando la siembra, fue más eficaz que el batido del suelo solamente (Ferrero, 2001).

La tendencia de los rendimientos paddy se demuestra en la Figura 1, donde se destacan los tratamientos: batido y glifosato, se explica claramente con los resultados gráficos de los componentes del rendimiento de la variedad de arroz ZETA 15 en la Figura 3. Allí se observa que con los tratamientos: batido y glifosato, el número de panículas m⁻² fue 59,93 y 45,79% mayor que en el testigo.

De la misma manera, en el tratamiento batido del suelo, esta variedad tuvo mayor número de granos por panícula, mientras que oxadiargil y el testigo los menores valores.

En los tratamientos: butacloro y oxadiargil, el número de panículas m⁻² fue similar al testigo. La fertilidad de las panículas no reveló diferencias estadísticas entre los tratamientos. No obstante, en el peso de 1 000 granos se observó que todos los tratamientos de control de AM mostraron mayores pesos que el testigo, sobresaliendo los tratamientos oxadiargil y butacloro.

Tal como se explicó anteriormente, en los tratamientos oxadiargil y butacloro en el que se aplicaron estos herbicidas en lámina de agua, se produjo una gran reducción en el número de panículas m⁻² con respecto a los tratamientos batido y glifosato, debido probablemente a la mortalidad de las plántulas disminuyendo el establecimiento de plantas. Estas pocas panículas, con menor competencia de AM pudieron producir granos más pesados, lo que explicaría el mayor peso alcanzado por el arroz en estos tratamientos comparados con el testigo.

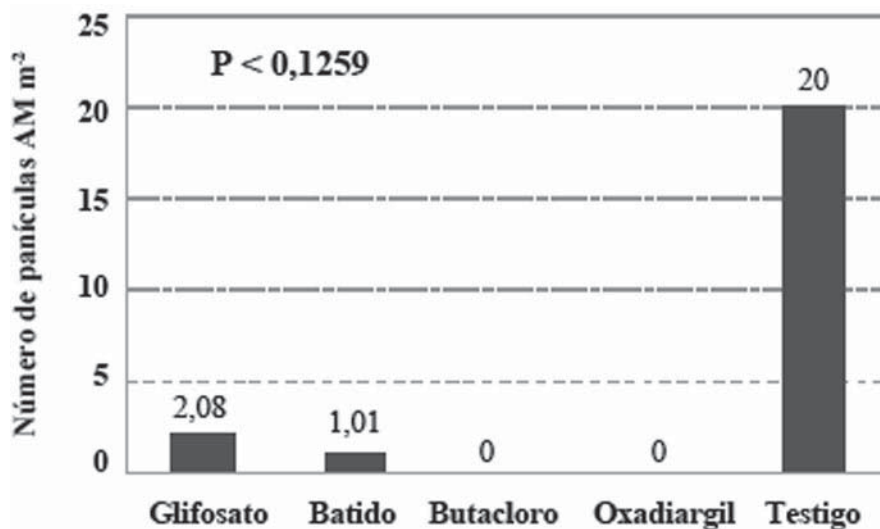


FIGURA 2. Efecto de los de los tratamientos de control de arroz rojo sobre el número de panículas m⁻² de arroz maleza/rojo, en el lote tres de la finca El Esfuerzo, municipio Ospino, estado Portuguesa. No se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos.

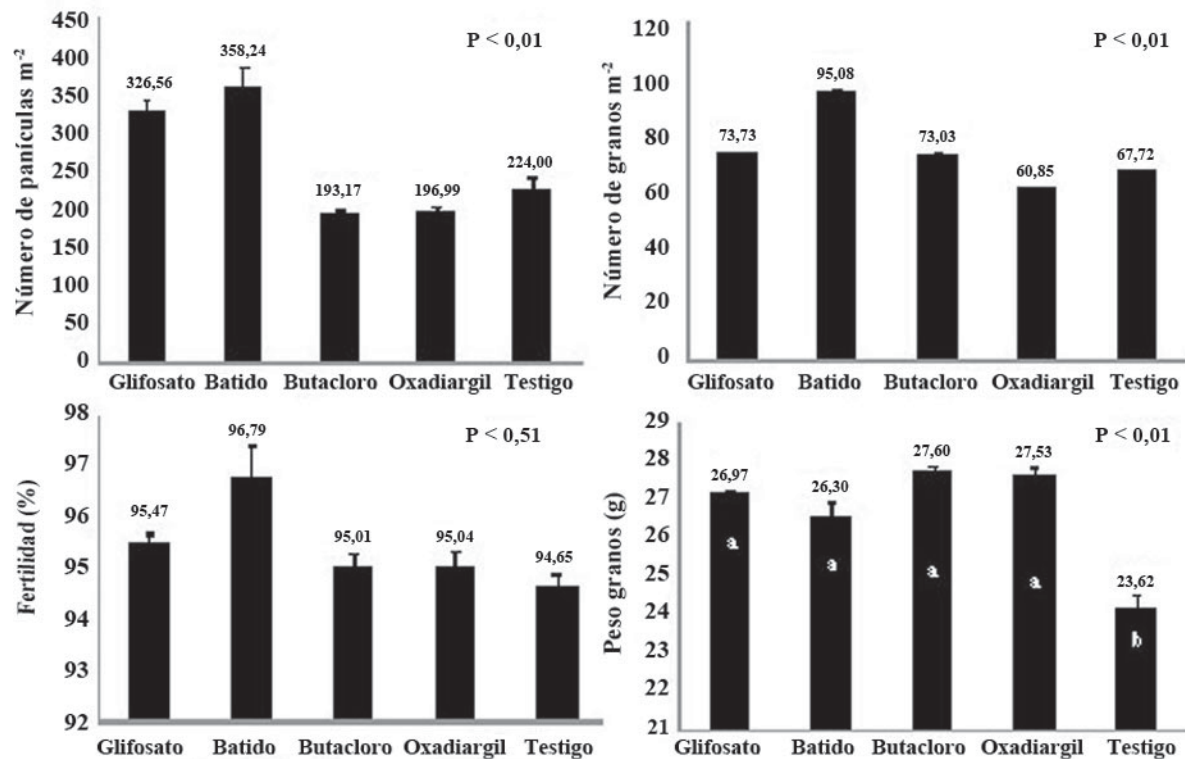


FIGURA 3. Efecto de los tratamientos de control de arroz rojo sobre el número de panículas m², número de granos por panícula, fertilidad (%) y peso de 1 000 granos del cultivo de arroz en la finca El Esfuerzo, municipio Ospino, estado Portuguesa. Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5%. En la fertilidad de las panículas no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos.

El control obtenido con la aplicación en presiembra de los herbicidas glifosato, butacloro y oxadiargil, y con el batido del suelo, se considera aceptable para reducir la incidencia de AM, además, se encuentra entre los estándares, observados y recomendados de otros estudios (Ferrero *et al.*, 1999; JIRCAS, 1995).

Estos deben estar integrados con prácticas de prevención, como son el uso de semilla certificada libre de arroz rojo, la erradicación manual cuando hay baja densidad de la maleza y el manejo adecuado de la lámina de agua, entre otros (Ortiz, 2005a).

Experimento sobre control de AM con glifosato, preparación del suelo batido y el sistema Clearfield (variedad CF-205 + dos herbicidas imidazolinonas)

En la Figura 4 se muestra que con los tratamientos: imazapir + imazapic e imazapir + imazetapir, no se encontraron macollos de AM, lo que confirma claramente que en este caso, los herbicidas del grupo de las IMI, a la

dosis de 150,06 g i.a. ha⁻¹ que equivalen a 37,51 imazapir + 112,54 imazapic o imazetapir g.i.a.ha⁻¹, aplicados en postemergencia, son efectivos para el control de AM. Por otro lado, el número de macollos de arroz fue superior estadísticamente en los tratamientos imazapir + imazapic, imazapir + imazetapir y glifosato, que en el batido.

Cabe recordar, que los tratamientos batidos y glifosato se sembraron con la variedad ZETA 15, mientras que en los tratamientos con IMI se utilizó el cultivar mutante CF-205 con resistencia al herbicida, ambas variedades con alta capacidad de macollamiento. El número menor de macollos de arroz observado en el batido, es consecuencia de la competencia ejercida por la alta incidencia de AM.

Los tratamientos con 150,06 g i.a. ha⁻¹ de: imazapir + imazapic e imazapir + imazetapir, fueron eficaces en más de un 99% en el control de AM bajo las condiciones de este ensayo (Figura 5). El herbicida glifosato mostró un control de 85,35 %, obteniendo solo con el batido un 39,38%.

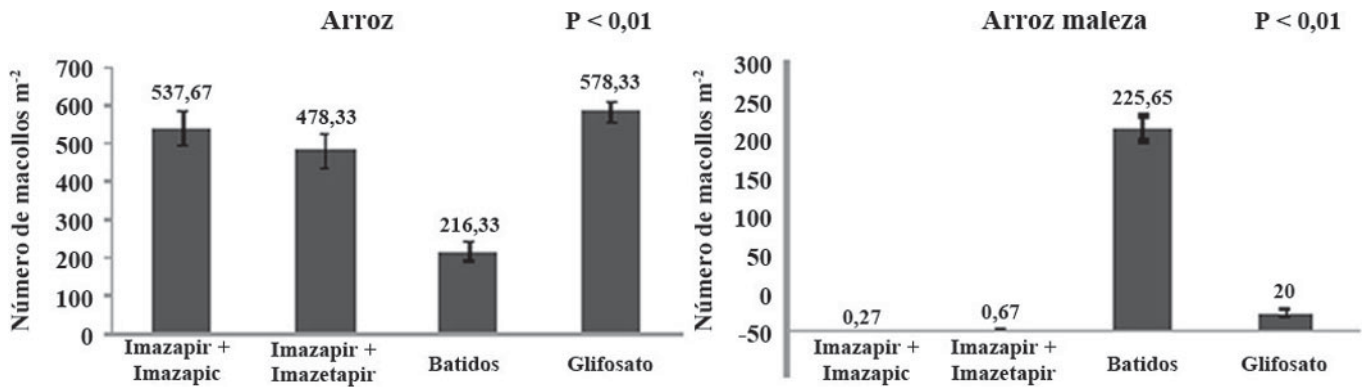


FIGURA 4. Efecto de cuatro tratamientos para el control de arroz maleza/rojo sobre el número de macollos del cultivo de arroz y el mismo en el lote cinco de la finca El Esfuerzo, municipio Ospino, estado Portuguesa. Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5%. Onduty®: imazapir+imazapic. Lightning®: imazapir+imazetapir. Los tratamientos fueron aplicados cuando el arroz maleza tuvo hasta un macollo y en los casos de glifosato y batido se hicieron dos falsas siembras.

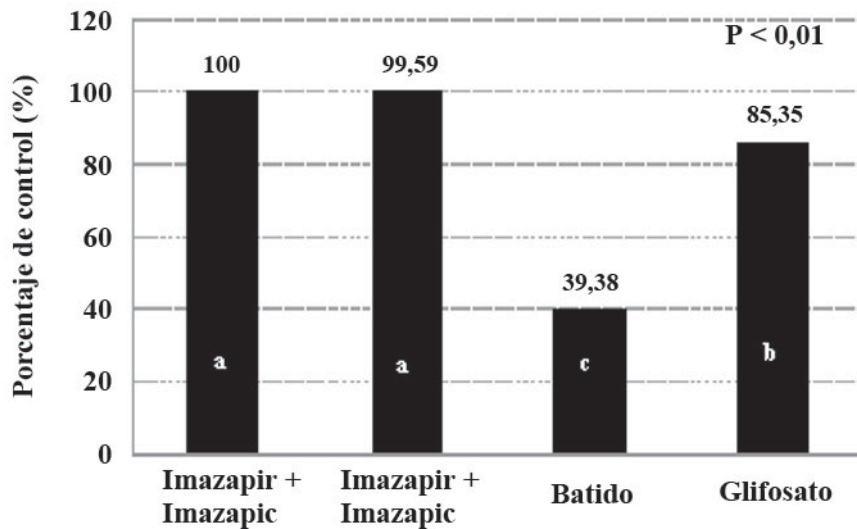


FIGURA 5. Efecto de cuatro tratamientos sobre el porcentaje de control en el lote cinco de la finca El Esfuerzo, municipio Ospino, estado Portuguesa. Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5%. Onduty®: imazapir+imazapic. Lightning®: imazapir+imazetapir. Los tratamientos fueron aplicados cuando el arroz maleza tuvo hasta un macollo y en los casos de glifosato y batido se hicieron dos falsas siembras.

Estos resultados demuestran la efectividad del sistema Clearfield como herramienta para el manejo integrado del AM en campos con alta incidencia. Asimismo, coinciden con lo encontrado por otros autores, quienes afirman haber conseguido más de 90% de control de AM con la aplicación de herbicidas IMI (White and Hackworth, 1999; Webster y Masson, 2001; Steele *et al.*, 2002; Ottis *et al.*, 2003; Levy, 2004; Pellerin y Webster 2004; León, 2005; Chin *et al.*, 2007).

La dosis de 150,06 g i.a. ha⁻¹ de Onduty® o Lightning® fueron las adecuadas para el control eficiente del AM, bajo las condiciones del lote cinco de la finca El Esfuerzo. Conviene mencionar que en otros países los herbicidas IMI se aplican en dos fracciones, tal como reportan Ávila *et al.*, 2005 en un experimento realizado en Texas-EE. UU., para evaluar el efecto del tiempo de inundación en el control de AM.

Utilizando imazetapir en la variedad mutante CL-161 se encontró más de 90% de control de AM en el tratamiento, en el cual se asperjaron 70 g i.a. ha⁻¹ de imazetapir en preemergencia, seguido de otra aplicación a la misma dosis de 70 g i.a. ha⁻¹, cuando el cultivar mutante tuvo de tres a cuatro hojas y la inundación se hizo antes de los 14 d después de la aplicación del herbicida.

Resultados similares fueron encontrados por León, 2005, en Louisiana EE. UU. Por su parte, Chin *et al.*, 2007 en Vietnam, indicaron que la inundación después de la aplicación de IMI en arroz es necesaria para el eficaz control de arroz rojo y otras malezas.

Los efectos del control de AM sobre el rendimiento en paddy, producto de los distintos tratamientos en los lotes tratadas con los herbicidas imazapir + imazetapic e imazapir + imazetapir mostraron 55,22 y 30,77%, se observó más rendimiento en aquellas con el batido y con glifosato, respectivamente (Figura 6). Obviamente, estos resultados están relacionados con el número de macollos de AM encontrados en cada tratamiento. Las parcelas sin esta maleza produjeron los mejores rendimientos y resultaron peores las que tenían mayor densidad.

Se puede decir entonces que 222,65 macollos m⁻² de AM reducen drásticamente el rendimiento de la variedad ZETA 15, mientras que en el otro experimento se encontró

que 20 macollos m⁻² lo hacen de una manera intermedia. En consecuencia, estos datos confirman que la dosis de 150,06 g i.a. ha⁻¹ de imazapir + imazapic e imazapir + imazetapir es la correcta para obtener un eficaz control del AM bajo las condiciones del lote cinco de la finca El Esfuerzo.

En el país se realizaron varios experimentos para estimar el impacto del AM en el rendimiento del arroz cultivado. Así se tiene que, en un estudio en la variedad ZETA 15 redujeron el rendimiento en 105 plantas de AM (lema y palea de color negro aristado) en 71% (Ortiz, 2005b), municipio Anzoátegui, estado Cojedes, otro experimento en 50 y 20 plantas de AM (negro sin arista) en 62 y 48,32% (Ortiz y Torres, 2004), ubicado en Maracay, estado Aragua. Estos resultados dan una idea general de cómo en la medida que aumenta la contaminación de AM en las siembras, baja el rendimiento del arroz cultivado.

Otro aspecto importante derivado de este estudio, es que el sistema Clearfield podría ser una opción en el manejo integrado del AM para reducir la densidad de semillas en el banco de malezas del suelo, siempre y cuando se cumplan los criterios de su manejo (programa de custodia) para evitar el flujo de genes entre la variedad mutante y los AM, de llegar a ocurrir, el sistema perdería las bondades sobre el control.

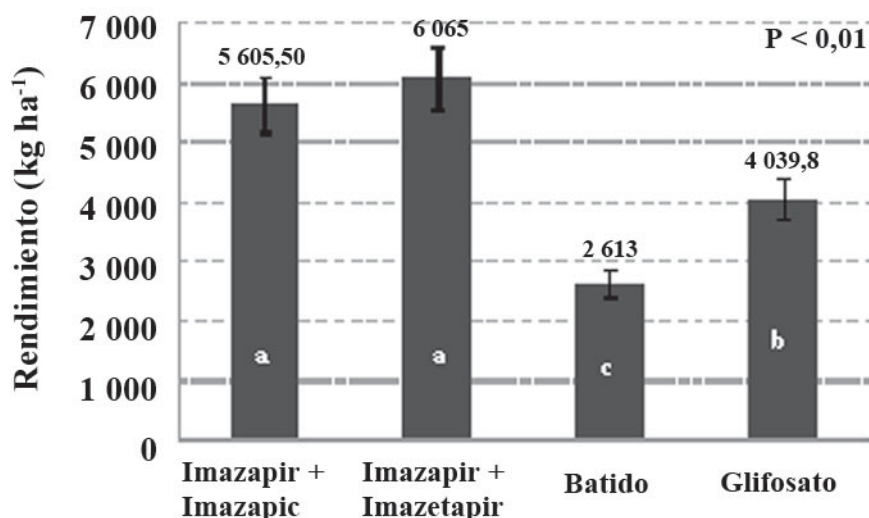


FIGURA 6. Efecto de cuatro tratamientos para el control de AM sobre el rendimiento paddy del arroz cultivado, en el lote cinco de la finca El Esfuerzo, municipio Ospino, estado Portuguesa. Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5%. Onduty®: imazapir+imazapic. Lightning®: imazapir+imazetapir. Los tratamientos fueron aplicados cuando el arroz maleza tuvo hasta un macollo y en los casos de glifosato y batido se hicieron dos falsas siembras.

Se debe hacer las prácticas técnicas recomendadas como: usar la variedad mutante solamente dos ciclos, aplicar la dosis correcta de los herbicidas IMI, evitar que haya floración del AM cuando la variedad mutante está en ese mismo estadio fisiológico, no guardar semilla de un ciclo a otro, utilizar semilla de la variedad mutante certificada, y en los ciclos siguientes al sistema Clearfield emplear semilla certificada libre de arroz rojo.

El resguardo de la variedad de arroz resistente a IMI corresponde a que ésta se cruza con el AM y el gen que le confiere dicha resistencia puede pasar a la maleza, por lo tanto, se hace resistente a estos herbicidas, encontrando diferencia varietal en la tasa de flujo de genes. En Arkansas EE. UU. se halló un mayor porcentaje de flujo de genes para la variedad de arroz CL161 (0,008%) que con CL121 (0,003%).

La mayoría de los híbridos se localizaron a 1 m de distancia de la variedad cultivada, sin embargo, otros híbridos fueron hallados hasta 6 m desde el cultivo, que fue la distancia límite de detección de este experimento (Shivrain *et al.*, 2007). En otro estudio, Song *et al.* (2004) demostraron que el polen del arroz puede recorrer hasta 38,4 m de distancia cuando la velocidad del viento fue de $2,52 \text{ m s}^{-1}$, donde se detectó que el polen se encuentra en mayor proporción entre 1 a $1 \frac{1}{2}$ m que a 2 m de altura.

Otra situación de cuidado ocurre por el desgrane de las variedades con resistencia a herbicidas, lo cual sucede al momento de la cosecha por el golpeteo del molinete y la mesa de corte de la combinada. Este arroz desgranado al ser incorporado al suelo por las labores de labranza, puede emerger como arroz voluntario en los siguientes ciclos de siembra y cruzarse, tanto con las variedades tradicionales como con los AM, contribuyendo de esta manera a que continúe el flujo de polen.

Además, estas semillas pueden diseminarse a grandes distancias a través de los camiones o maquinarias contaminadas después de las cosechas, llevando las semillas con el gen de resistencia a otros campos (Valverde, 2007).

En Costa Rica se han encontrado híbridos entre el arroz rojo (tipo Indica) y la variedad mutante CFX-18 (tipo Japónica) con resistencia a IMI después de dos ciclos de siembra y en el tercer ciclo una rotación con una variedad tradicional, todo ello de acuerdo con las recomendaciones del programa de custodia del arroz IMI. Afortunadamente, estos híbridos mostraron alta esterilidad (Valverde, 2007).

Por otra parte, en campos arroceros de Arkansas EE. UU. se confirmó la presencia de híbridos entre el AM y variedades de arroz con resistencia a IMI debido al flujo de genes, los cuales eran menos aptos que el AM o las variedades (padres). Entonces se cree que esta barrera reproductiva de la primera generación puede ser la razón por la cual no se ven muchos de estos híbridos en campos de agricultores que usan variedades IMI (Rajguru *et al.*, 2005).

Igualmente en Brasil, Menezes *et al.*, 2008a demostraron que 55,7% de los AM que escaparon al control con IMI, asimismo, resisten a la dosis de $70 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ imazetapir + $25 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ de imazapic.

Adicionalmente, diferencias genéticas entre el arroz cultivado y el AM se espera en otros loci de la enzima acetolactato sintasa (ALS), principalmente en regiones no codificante, lo que demuestra la plasticidad fenotípica de esta maleza. Esto indica que podrían ocurrir mutaciones naturales de los nucleótidos en el gen de la ALS del arroz rojo, que pueden originar individuos resistentes a IMI obtenidos naturalmente sin que ocurra flujo de genes (Shivrain *et al.*, 2004).

Estos AM con resistencia natural podrían encontrarse por presión de selección, ocasionada por el uso repetido de IMI. Por esta razón, una de las recomendaciones en el uso de la tecnología Clearfield, es la rotación de herbicidas después de dos ciclos de siembra con variedades IMI con otros herbicidas que tengan diferentes mecanismos de acción.

En las parcelas tratadas con los herbicidas imazapir + imazapic e imazapir + imazetapir tuvieron 60,40 y 17,60% más número de panículas/ m^{-2} (Figura 7) que aquellas con el batido y con el glifosato, respectivamente, coinciden con el análisis de correlación que indicó la presencia de una asociación positiva entre el rendimiento y el número de panículas/ m^{-2} ($r=0,84$, $P<0,0001$).

De forma semejante se aprecia que en la figura el número de granos por panículas no contribuye a explicar el rendimiento, por cuanto en las parcelas con el tratamiento glifosato se obtuvo el mayor valor.

Pudiendo argumentar que ese tratamiento tuvo la variedad ZETA 15, con panículas más grandes que la variedad CF-205 utilizada en los tratamientos con IMI, por lo tanto con más granos por panícula. En el caso de la variedad ZETA 15 se observa claramente como la mayor densidad de arroz rojo disminuyó el número de granos en tratamiento con el batido.

De igual modo, con granos más grandes en la variedad ZETA 15, se observaron pesos mayores de 1 000 granos en los tratamientos con el batido y el glifosato, que en los tratamientos con IMI con la variedad CF-205 de granos más pequeños. También, se aprecia que la significativa superioridad en peso de los granos del tratamiento con el batido, que a su vez fue significativamente menor en número de panículas m⁻². Esto obedece a que con menos panículas por planta, los pocos granos adquieren mayor peso (Figura 6).

Por lo tanto, ni el peso de 1 000 granos ni el número de granos por panícula pueden explicar los rendimientos obtenidos, sino el número de panículas m⁻², porque la característica común en ambas variedades es su alta capacidad de macollamiento. La fertilidad no mostró diferencias estadísticas entre los tratamientos ni entre las variedades, considerándose normal, pues, los valores se encontraron entre 92 y 93,33%.

En la variedad ZETA 15 se encontró que el número de panículas m⁻² y número de granos por panícula, fueron los componentes más afectados por la interferencia con AM

y correlacionados negativamente con el rendimiento. No obstante, ZETA 15 mostró menor reducción del número de granos por panícula y peso de 1 000 granos que la otra variedad (FONAIAP 2000) bajo estudio (Ortiz, 2005b), comportamiento similar ocurrió entre ZETA 15 y CF-205 en este estudio, pero en este caso, el mayor rendimiento se localiza en el cultivar mutante donde se aplicó los herbicidas IMI en postemergencia para el control de AM.

Resultados similares a este experimento son hallados por Chin *et al.*, 2007, quienes determinaron que los tratamientos con diferentes dosis de imazapir + imazapic (100, 110 y 120 g i.a. ha⁻¹ e imazapic a 120 g i.a. ha⁻¹) mostraron más panículas m⁻² y rendimiento que el tratamiento control sin IMI cuando se utilizó la variedad Clearfield mutante de Vietnam.

En la fertilidad de las panículas no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos. Onduty®: imazapir+imazapic. Lightning®: imazapir+imazetapir. Los tratamientos fueron aplicados cuando el arroz maleza tuvo hasta un macollo, en los casos de glifosato y batido se hicieron dos falsas siembras.

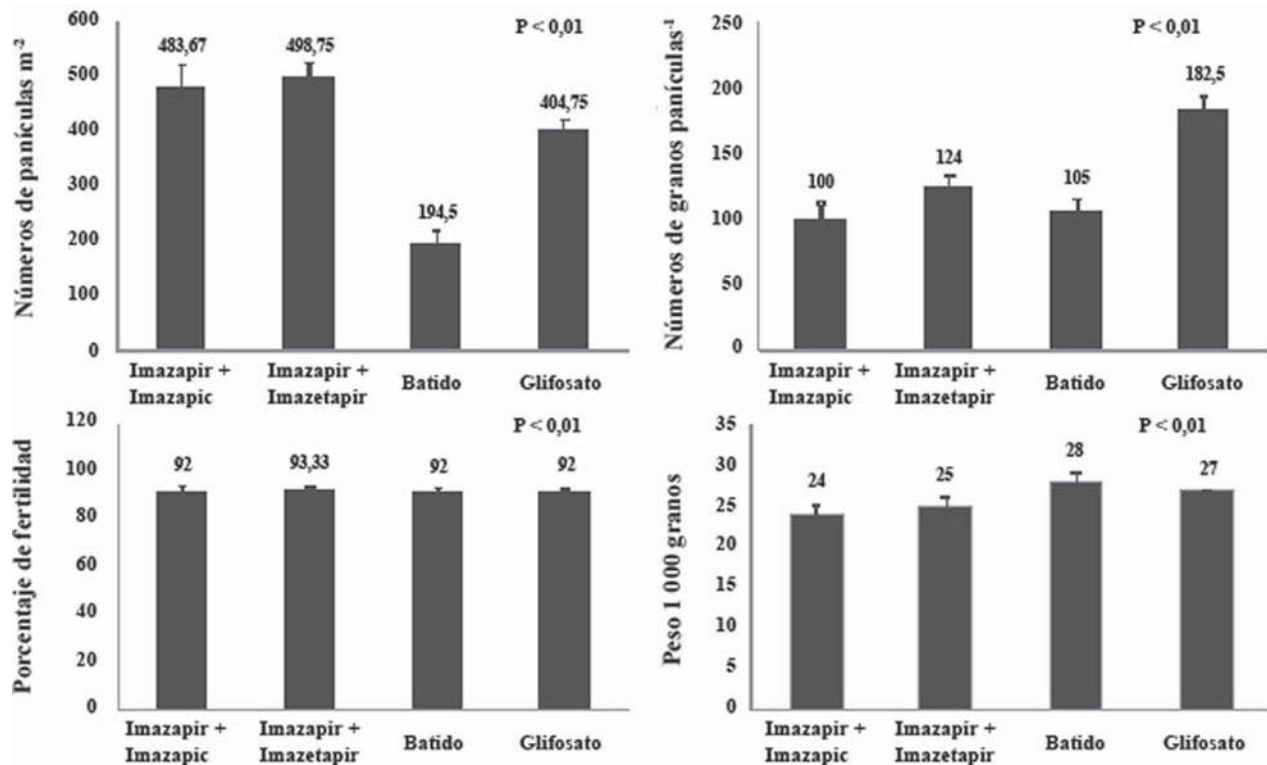


FIGURA 7. Efecto de cuatro tratamientos para el control de arroz maleza/rojo, sobre los componentes de rendimiento del arroz cultivado, en el lote cinco de la finca El Esfuerzo, municipio Ospino, estado Portuguesa. Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5%.

CONCLUSIONES

De acuerdo con las condiciones de estos experimentos se puede concluir que:

- Los rendimientos observados en la variedad ZETA 15, en la situación del primer experimento con una infestación media de AM, fueron mayores en los tratamientos con falsa siembra (bien sea mediante batido del suelo o la quema química con glifosato) y oxadiargil/ butacloro (aplicados en lámina de agua) que en el testigo sin control.
- Sin embargo, en estos últimos tratamientos se produjo una gran reducción en el número de panículas m⁻² con respecto de los tratamientos batido y glifosato, quizás debido a la toxicidad generada en algunas zonas de las melgas donde quedaron charcos de agua con herbicida después que se hizo el drenaje de los tanques, previamente antes de la siembra del arroz pregerminado.
- Cuando la incidencia de arroz rojo fue alta, las aplicaciones postemergentes con los herbicidas IMI (imazapir+imazapic e imazapir+imazetepir), a la dosis de 150 g i.a. ha⁻¹ en la variedad mutante CF-205 con resistencia a estos herbicidas, mostraron mayores rendimiento y control del AM que los tratamientos con aplicación de herbicidas presiembra en falsa siembra tanto con batido como con glifosato.

Cuando las densidades de AM fueron intermedias el manejo de AM con la falsa siembra con batido/glifosato y los herbicidas en lámina butacloro/oxadiargil resultaron eficaces, sin embargo con una alta incidencia de AM fue mejor la aplicación en postemergencia de imazapir+imazapic e imazapir+imazetepir en la variedad mutante CF-205.
- El sistema Clearfield podría ser una opción en el manejo integrado del AM en el país para reducir la densidad de semillas en el banco de malezas del suelo, siempre y cuando se cumplan los criterios de su custodia.

AGRADECIMIENTO

Esta investigación fue posible por la valiosa ayuda de la técnica Estilita Alvarado, jefa de campo de la Finca El Esfuerzo. Asimismo, al aporte del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, particularmente bajo la excelente gerencia del Doctor Bernardo Méndez. También, la empresa BASF Venezuela por el suministro de

la semilla Clearfiel y los herbicidas IMI y principalmente a su técnico Ingeniero Artides Leal por la colaboración prestada para la realización de los experimentos.

BIBLIOGRAFÍA

- Abreu, A y E. Solórzano. 2006. Estudio del banco de semilla de arroz rojo (maleza) del suelo en la finca “Soledad de Armo” ubicada en el estado Portuguesa. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela 120 p.
- Armenta, J. and J. Coulombe. 1993. Highlights of the Caribbean Rice Improvement Network Activities (1986-1992), Bonao, República Dominicana: CRIN/CIAT/IRRI/IICA/SEA: 53-65 pp.
- Ávila, L., S. Senseman, G. Mccauley, J. Handler and J. O’Barr. 2005. Effect of Flood Timing on Red Rice (*Oryza spp.*) Control with imazethapyr applied at different dry-seeded rice growth stages. *Weed Technology* 19:476–480.
- BASF. 2011(a). Kifix. Disponible en: <http://www.agro.basf.com.ar/clearfield/clearfield.htm>. [Consultado: agosto 26, 2011].
- BASF. 2011(b). Kifix. Disponible en: <http://www.agro.basf.com.ar/images/folletos/kifix.pdf>. [Consultado: agosto 26, 2011].
- Castillo, J. 2006. Evaluación de la contaminación con arroz rojo en la producción de semillas y granos de arroz en el estado Portuguesa. Trabajo de Grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía 90 p.
- Castillo, J., D Gauna y N. Saldain. 2004. II. Estudios para el control de arroz rojo: selectividad del ronstar en Inia Tacuarí y El Paso 144 y su efecto en el control del arroz rojo. INIA TREINTA Y TRES - Estación Experimental del Este Arroz - Resultados Experimentales 2003-04. Uruguay 144-159 pp.
- Català, M. 1995. Chemical and cultural practices for red rice control in rice fields in Ebro Delta (Spain). *Crop Protection* 14(5):405-408.
- Chin, D., T. Thien, H. Bi1 and N. Nhiem. 2007. Study on weed and weedy rice control by imidazolinone

- herbicides in Clearfield™ paddy grown by IMI-tolerance indica rice variety. *Omonrice* 15:63-67.
- Croughan, T. 1994. Herbicide resistant rice. 25th Rice Technical Working Group Meeting 44 p.
- Croughan, T. H Utomo, D. Sander and M. Braverman. 1996. Herbicide resistant rice offers potential solution to red rice problem. *Louisiana Agriculture* 39:10-13.
- Croughan, T., J. Baker, R. Dunand and M. Pizzolatto. 1984. Production of commercial rice varieties resistant to herbicides effective over red rice. *Ann. Prog. Rept., Rice Exp. Sta., Louisiana Agricultural Experimental Station. Bulletin Nº 76.* 67-68 pp.
- Croughan, T., M. Pizzolatto and D. Trump. 1986. Tissue culture production of commercial rice varieties resistant to herbicides effective on red rice. *Ann. Rept., Rice Exp. Sta., Louisiana Agricultural Experimental Station Bulletin Nº 78.* 35 p.
- Delouche, J., N. Burgos, D. Gealy, G. Zorrilla y R. Labrada. 2007. Arroces maleza-origen, biología y control. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma 157 p.
- Ellstrand, N. 2003. *Dangerous Liasons: When Cultivated Plants Mate with Their Wild Relatives.* The Johns Hopkins University Press. Baltimore, MD. 205 p.
- Ferrero, A. 2001. Last results realting to red Rice control. Interregional Cooperative Research Network on Rice in the Mediterranean Climate areas (MedNetRice). *Medoryzae* 9:2-9
- Ferrero, A. 2004. Arroz-maleza, características biológicas y control. **In:** Manejo de malezas para países en desarrollo Addendum I. Ed. Ricardo Labrada. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) 34 p.
- Ferrero, A., F. Vidotto, P. Balsari and G. Airoidi. 1999. Mechanical and chemical control of red rice (*Oryza sativa* L. var. *sylvatica*) in rice (*Oryza sativa* L.) pre-planting. *Crop Protection* 18:245-251.
- Fischer, A. 1999. Problems and opportunities for managing red rice in Latin America. **In:** Report of the global workshop on red rice control. 30 August-3 September, Varadero, Cuba 77-85 pp.
- Gealy, D. R., N. E. Saldain and R. E. Talbert. 2000. Emergence of red rice (*Oryza sativa*) ecotypes under dry-seeded rice (*Oryza sativa*) culture. *Weed Tech.* 14:406-412.
- Japan International Research Center for Agricultural Science (JIRCAS). 1995. TOPIC 1: Ecology of weedy rice (*Oryza sativa* L.) and its control strategy in direct seeded rice fields in Malaysia. Diponible en: <http://www.jircas.affrc.go.jp/kankoubutsu/annual/1995/overview/cpphdiv2.html>. [Consulta 15 agosto, 2009]
- Kwon, S, R., Smith, and R., Talbert. 1991. Red Rice (*Oryza sativa*) control and suppression in rice. *Weed Science* 5:811-816.
- Levy, R. 2004. Imidazolinone-tolerant rice: weed control, crop response, and environmental impact. Ph. D. dissertation. Louisiana State University, Baton Rouge, LA. 66 p.
- Linscombe, S., F. Jodary, P. Christou, M. Braverman, J. Oard and D. Sanders. 1996. Potential for the use of transgenic rice for the control of *Oryza sativa* and other rice weeds. *Proc. 2nd Int. Weed Control Congress, Copenhagen* 435-439 pp.
- Linscombe, S., P. Christou, M. Braverman, F. Jodari and P. Bollich. 1994. Evaluation of transgenic glufosinate-resistant rice lines. 25th Rice Technical Working Group Meeting 54 p.
- London, J. and B., Schaal. 2008. Origins and Population Genetics of Weedy Red Rice in the United States. *Molecular Ecology* 16(21):4 523-4 535.
- León, C. 2005. Red rice competition and control in cultivated rice. Thesis of Doctor of Philosophy. Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College 101 p.
- León, C., E. Webster, S. Bottoms and D. Blouin. 2008. Water management and chemical control of red rice (*Oryza punctata*) in water-seeded imidazolinone-resistant rice. *Weed Technology* 22(1):132-135.
- Machado, W. 2000. Planificación y análisis de experimentos de campos en grandes parcelas sin repetición. Alcance. *Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Venezuela* 59:24-65.

- Menezes, V., C. Mariot e A. Kalsing. 2008b. Controle de escapes de arroz-vermelho no sistema de produção Clearfield em arroz irrigado. XXVI Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas y XVIII congreso de la asociación latinoamericana de malezas - Ouro Preto, MG – Brasil CD-Room.
- Noldin, J., J. Chandler, M. Ketchersid and G. McCauley. 1999. Red rice (*Oryza sativa*) Biology. II. Ecotype sensitivity to herbicides. *Weed Technology* 13:19-24.
- Noldin, J y T. Cobucci. 1999. Manejo de plantas de danhinas na cultura do arroz em varzeas e terras altas. **In:** VI Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF. 84-100 p.
- Ortiz, A. 2005a. Manual de evaluación del banco de semillas de arroz rojo (arroz maleza) en el suelo. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Desplegable 12 p.
- Ortiz, A. 2005b. Efecto de períodos de interferencia del arroz rojo sobre el rendimiento y sus componentes en las variedades de arroz ZETA 15 y FONAIAP 2000. *Agronomía Trop.* 55(1):7-34.
- Ortiz, A., L. López, M. Cásares y H. Moratinos. 2009. Evaluación del banco de semilla de arroz maleza y voluntario en el suelo. *Agronomía Trop.* 59(4):123-140.
- Ortiz, A. y S. Torres. 2004. La densidad de arroz rojo sobre el rendimiento y sus componentes de la variedad de arroz ZETA 15. *Agronomía Trop.* 54(3):321-333.
- Ortiz, A. y T. Budowski. 1998. Estudio preliminar de la incidencia de arroz rojo y otras malezas en el arrozal venezolano. *Investigaciones Agrícolas – DANAC* (3):1-8.
- Ottis, B. V., J. M. Chandler, and G. N. McCauley. 2003. Imazethapyr application methods and sequences for imidazolinone-tolerant rice (*Oryza sativa*). *Weed Technol.* 17:526-533.
- Pazos F. 2007. Cultivos no-transgénicos resistentes a herbicidas Una nueva “solución” de la Industria: la tecnología Clearfield. Disponible en: <http://www.rapaluruaguay.org/Clearfield.pdf> [Consulta: agosto 26, 2011].
- Pellerin, K. J. and E. P. Webster. 2004. Imazethapyr at different rates and timings in drill-+- and water-seeded imidazolinone-tolerant rice. *Weed Technol.* 18:223-227.
- Rajguru, S., N. Burgos, V. Shivrain and J. Stewart. 2005. Mutations in the red rice ALS gene associated with resistance to imazethapyr. *Weed Sci.* 53:567-577.
- Rathore, K., K. Rao and T. Hodges. 1994. Production of herbicide resistant rice plants from protoplasts. 25th Rice Technical Working Group Meeting. 145-146 pp.
- Shivrain, V., N. Burgos, S. Rajguru, O. Sparks and M. Anders. 2004. Potential for gene flow between imidazolinone-resistant rice and red rice. *Proc. Weed Sci. Soc. Am.* 44:65.
- Shivrain, V., N. Burgos, M. Anders, S. Rajguru, J. Moore and M. Sales. 2007. Gene flow between Clearfield™ rice and red rice. *Crop Protection* 26:349-356.
- Song, Z., B. R. Lu and J. Chen. 2004. Pollen flow of cultivated rice measured under experimental conditions. *Biodiversity and Conservation* 13:579-590.
- Steele, G., J. Chandler and G. McCauley. 2002. Control of red rice (*Oryza sativa*) in imidazolinone-tolerant rice (*O. sativa*). *Weed Technol.* 16:627-630.
- Valverde, B. 2007. Flujo de genes de cultivos resistentes a herbicidas a malezas emparentadas: *Experiencias con el arroz (Oryza spp.)*. **In:** Seminario- Taller Iberoamericano. Resistencia a herbicidas y cultivos transgénicos. INIA- Uruguay. Disponible on line en: http://www.inia.org.uy/estaciones/la_estanzuela/webseminariomalezas/articulos/valverdebernal.pdf. [Consulta 23 agosto, 2009].
- Vaughan, D, P. Sanchez, J. Uskini, A. Kaga and N. Tomooka. 2005. Asian Rice and Weddy Rice- Evolutionary Perspectives. **In:** J. Gressel (ed.), *Crop Feralilty and Volunteerism: A Threat to Food Security in the Transgenic*. CRC Press, Boca Ratón, Florida. EE. UU. 257-277 p.
- Villa, S. C. 2006. Arroz Tolerante a imidazolinonas: control do arroz-vermelho, persistência de herbicidas e fluxo gênico. Trabajo de Grado de Maestría Posgrado en Producción Vegetal. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS). Rio Grande do Sul. Brasil. 54 p.

Webster, E. and J. Masson. 2001. Acetolactate synthase inhibiting herbicides on imidazolinone-tolerant rice. *Weed Science* 49:652-657.

Wheeler, C., F. Baldwin, D. Gealy and K. Gravois. 1997. Weed control in Liberty-tolerant rice. Research Series Arkansas Agricultural Experiment Station. 64-66 p.

White, R. and H. Hackworth. 1999. Weed control with imidazolinone tolerant rice. *Proc. South. Weed Sci. Soc.* 52:185.

Zimdahl, R. C. 1999. *Fundamentals of weed science*. Second edition. Academic Press, San Diego, USA. 666 p.