

COMPORTAMIENTO DE COMPONENTES TECNOLÓGICOS EN ARROZ DE TEMPORAL EN EL ESTADO DE VERACRUZ

BEHAVIOR OF TECHNOLOGICAL COMPONENTS IN RAINFED RICE IN THE STATE OF VERACRUZ

Óscar H. Tosquy Valle*, Valentín A. Esqueda Esquivel, Andrés Vásquez Hernández, Ana Bertha Vargas García e Isaac Meneses Márquez

Campo Experimental Cotaxla, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Apdo. Postal No. 429.C. P. 91700 Veracruz, Ver. Tel. 01(229) 934-8354. Correo electrónico: tosquy.oscar@inifap.gob.mx

* Autor para correspondencia

RESUMEN

En Veracruz, México, se siembra la variedad de arroz (*Oryza sativa* L.) Milagro Filipino en temporal, cuya demanda está restringida en la entidad. En su cultivo se utilizan grandes cantidades de propanil, lo cual ha ocasionado el desarrollo de zacates con resistencia a este herbicida; también se emplean grandes cantidades de fertilizantes químicos que favorecen el desarrollo de maleza y la incidencia de fitopatógenos. Para mejorar la tecnología de producción, durante el temporal 2001 se estableció un experimento en dos localidades del centro del estado de Veracruz. Se utilizó el diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones y arreglo de tratamientos en parcelas subdivididas. Las parcelas grandes correspondieron a los genotipos Milagro Filipino y la línea II6911; las medianas a las mezclas de los herbicidas: pendimetalina + propanil (1600 + 2160 g i. a. ha⁻¹) (testigo regional), clomazone + bispiribac-sodio (480 + 22 g i. a. ha⁻¹) y clomazone + propanil (600 + 1440 g i. a. ha⁻¹); y las parcelas chicas a los tratamientos de fertilización: 92N-46P-00K (testigo regional), biofertilizantes (*Azospirillum brasilense* + *Glomus intraradix*) inoculados a la semilla en dosis de 0.720 + 2.0 kg ha⁻¹, 92N-46P-00K + biofertilizantes y 46N-23P-00K + biofertilizantes. Los resultados indicaron que II6911 y Milagro Filipino tuvieron un comportamiento similar en rendimiento de grano. El mejor control de maleza se obtuvo con clomazone + propanil y pendimetalina + propanil y con la primera se redujo en 33 % la dosis de propanil. No hubo respuesta significativa en componentes y rendimiento a la aplicación única de biofertilizantes. Los mayores rendimientos de grano se obtuvieron con 92N-46P-00K + *A. brasilense* + *G. intraradix* y la fórmula 92N-46P-00K, pero la mejor relación beneficio/costo (1.59) y la mayor tasa de retorno (491 %), se obtuvieron con el primero de estos tratamientos.

Palabras clave: *Oryza sativa* L., control de maleza, fertilización química y biológica, genotipos.

SUMMARY

In Veracruz, México the rice (*Oryza sativa* L.) variety Milagro Filipino which has a limited demand in the state, is sown under rainfed conditions. The high amounts of propanil used by farmers has caused the development of herbicide resistant grass biotypes with. The high amounts of chemical fertilizers favor weeds growth and increase the incidence of plant pathogens. To improve of production technology, during the 2001 rainy season, one experiment was established in two locations of the central area of the state of Veracruz. A randomized complete block design with four replications, with treatments arranged in split-split plots, was utilized. The main plots corresponded to the genotypes Milagro Filipino and the line II6911; the subplots to three herbicide mixtures: pendimethalin + propanil (1600 + 2160 g a. i. ha⁻¹) (regional check), clomazone + bispiribac-sodium (480 + 22 g a. i. ha⁻¹) and clomazone + propanil (600 + 1440 g a. i. ha⁻¹); and the sub-subplots included four fertilization treatments: 92N-46P-00K (regional check), biofertilizers (*Azospirillum brasilense* + *Glomus intraradix*) inoculated to the seed at 0.720 + 2.0 kg ha⁻¹, 92N-46P-00K + biofertilizers and 46N-23P-00K + biofertilizers. The results indicated that both genotypes, II6911 and Milagro Filipino, had a similar behavior in grain yield. The best weed control was obtained with the herbicide mixtures clomazone + propanil and pendimethalin + propanil, although in the first one the propanil rate was reduced by 33%. There was no response in grain yield and yield components to the sole application of *A. brasilense* + *G. intraradix*. The highest grain yields were obtained with 92N-46P-00K + *A. brasilense* + *G. intraradix* or with the 92N-46P-00K formula, but the best benefit/cost ratio (1.59) and the highest return rate (491 %) were obtained with the first of these treatments.

Index words: *Oryza sativa* L., weed control, chemical and biological fertilization, genotypes

INTRODUCCIÓN

En el estado de Veracruz, en 2002, el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) de temporal o secano ocupó una superficie de 10 927 ha, en las que se obtuvo un rendimiento promedio de 3.5 t ha⁻¹ (SAGARPA, 2003). La variedad que se siembra es Milagro Filipino, cuyo grano es ancho, de longitud media y con "panza blanca" (Esqueda, 2003); este tipo de grano tiene demanda en las regiones del Altiplano y el Bajío, pero no tiene aceptación en Veracruz, donde los consumidores prefieren granos delgados y traslúcidos, que no se producen en suficiente cantidad en el país, por lo que actualmente tienen que importarse (Schwentesius y Gómez, 1999).

En las zonas arroceras de temporal de Veracruz, los principales tipos de malezas son las gramíneas y ciperáceas anuales, entre las que destacan el zacate de agua [*Echinochloa colona* (L.) Link.] y el pelillo (*Cyperus iria* L.) (Esqueda, 2000b). Para su control, los productores utilizan al herbicida propanil mezclado con 2,4-D o pendimetalina; debido a que el propanil no tiene efecto residual, deben hacerse dos o tres aplicaciones durante el ciclo, por lo que se llegan a utilizar dosis mayores a 20 L ha⁻¹ (Esqueda, 2000a). Esto ha ocasionado la aparición de biotipos de zacate de agua con tolerancia a este herbicida en arrozales de

Veracruz y Campeche (Bolaños *et al.*, 2001). De manera generalizada los productores fertilizan al arroz con dosis mayores a las recomendadas, lo cual favorece el desarrollo de maleza, una mayor incidencia de plagas y enfermedades, el incremento del riesgo de acame del cultivo y la contaminación del suelo y mantos freáticos (Calixto, 1990; Castellanos y Peña-Cabriales, 1990).

De acuerdo con la problemática del arroz de temporal, en Veracruz es necesario contar con una variedad de grano delgado y translúcido; generar recomendaciones para el control de maleza con nuevos herbicidas, solos o en mezcla con dosis de propanil menores a las que se utilizan en la actualidad; y reducir la cantidad de fertilizantes químicos, mediante el empleo de bacterias de vida libre y micorrizas, conocidas como biofertilizantes.

En trabajos preliminares de observación de genotipos de arroz realizados en el sur de Veracruz, la línea II6911, de grano delgado y translúcido, mostró buen comportamiento en rendimiento de campo y molino (Ayón, 1998), por lo que puede ser una alternativa para cubrir las necesidades de este tipo de grano en las áreas arroceras de temporal de este estado.

Para el control de maleza se requiere evaluar herbicidas con modos de acción diferentes al de propanil, para reducir o sustituir gradualmente el uso de este herbicida. Con dosis bajas de propanil en mezcla con herbicidas residuales, como el clomazone y la pendimetalina, se puede controlar la maleza durante el período crítico de competencia con una sola aplicación en post-emergencia temprana (Crawford y Jordan, 1995; Esqueda, 2000a). A su vez, el bispiribac-sodio es un herbicida postemergente que se encuentra en la etapa de pruebas finales para su registro y uso comercial en México (Esqueda y Rosales, 2004) y que en otros países ha mostrado un control eficiente de gramíneas, por lo que puede representar un sustituto para el propanil (Valverde *et al.*, 2000).

Con respecto a la fertilización, es necesario evaluar fuentes alternativas o complementarias a la fertilización química, como los biofertilizantes (Durán *et al.*, 1997; Aguirre y Kohashi, 2002). En arroz, la inoculación de la semilla con *Glomus fasciculatum* o *G. mosseae*, permitió incrementar la altura de planta, el número de macollos y de panículas y el peso del grano, lo que resultó en un aumento en el rendimiento de 59 y 35 %, respectivamente (Secilia y Bagyaraj, 1994). Con el uso de cepas de *Azospirillum* se ha estimulado el crecimiento de las plantas de arroz en las etapas tempranas de desarrollo y reducido en 33 % el uso de fertilizante nitrogenado, sin afectar la altura y el rendimiento del cultivo (Gunarto *et al.*, 1999).

Con base a lo anterior, se llevó a cabo esta investigación en el centro del estado de Veracruz con los siguientes objetivos: 1). Conocer el comportamiento agronómico de la línea de arroz II6911 en condiciones de temporal; 2). Determinar la eficiencia en el control de la maleza de las mezclas de los herbicidas clomazone + bispiribac-sodio y clomazone + propanil; y 3). Estudiar el efecto sobre el rendimiento de grano y sus componentes; así como el efecto económico de la fertilización química y la aplicación de los biofertilizantes *A. brasilense* + *G. intraradix*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el ciclo primavera-verano de 2001 se establecieron dos experimentos: uno en Los Naranjos, municipio de Tres Valles y el otro en Joya de la Pita, municipio de Tierra Blanca; ambas localidades son representativas de las áreas arroceras de temporal del estado de Veracruz. El clima en los dos sitios es Aw₂ (w), que corresponde a los subtipos más húmedos de los cálidos subhúmedos (García, 1987). El suelo en la localidad de Los Naranjos es de textura migajón arcillo-arenosa y pH de 5.1, y en Joya de la Pita el suelo es de textura franca y pH de 5.4.

Los factores estudiados fueron: a) Dos genotipos: Milagro Filipino como testigo regional y la línea experimental II6911, sembrados a 100 kg de semilla ha⁻¹; b) Tres combinaciones de herbicidas: pendimetalina + propanil (1600 + 2160 g i. a. ha⁻¹); clomazone + bispiribac-sodio (480 + 22 g i. a. ha⁻¹) y clomazone + propanil (600 + 1440 g i. a. ha⁻¹), aplicados en los primeros 20 d de la emergencia del cultivo; y c) Cuatro combinaciones de fertilizantes: 92N-46P-00K como testigo; inoculación a la semilla previa a la siembra con la mezcla de *A. brasilense* + *G. intraradix*, en dosis de 0.72 + 2.0 kg ha⁻¹, respectivamente; inoculación con la mezcla de *A. brasilense* + *G. intraradix* + 92N-46P-00K; e inoculación con la mezcla de *A. brasilense* + *G. intraradix* + 46N-23P-00K. De la combinación de los niveles de estos tres factores (2 x 3 x 4), resultaron 24 tratamientos que se establecieron de acuerdo con el diseño experimental de bloques al azar en cuatro repeticiones y arreglo en parcelas subdivididas. La parcela grande correspondió a los genotipos, la parcela mediana a los herbicidas y la parcela chica a los tratamientos de fertilización. Cada unidad experimental estuvo constituida por seis surcos de 5 m de longitud espaciados a 0.30 m; los cuatro surcos centrales conformaron la parcela útil.

Al aplicar los herbicidas, la población de maleza era de 1 770 000 y 17 890 000 plantas/ha, en Los Naranjos y Joya de la Pita, respectivamente; las especies dominantes fueron *C. iria* y *E. colona*.

Como fuente de fósforo se utilizó superfosfato de calcio triple (46 % P_2O_5), aplicado al voleo inmediatamente antes de la siembra. La fuente de nitrógeno fue urea (46 % N), que se aplicó al voleo en forma fraccionada: la mitad de la dosis al inicio del amacollamiento y el resto al inicio de la formación de la panícula, cuando el arroz aprovecha mejor este nutrimento (Osuna *et al.*, 2000).

Como variables de respuesta se consideraron: control de maleza, toxicidad causada al cultivo, número y longitud de panículas y rendimiento de grano.

El control de maleza se evaluó a los 20 y 40 d después de la aplicación de los tratamientos herbicidas (DDA), para lo cual se utilizó la escala de 0 a 100 %, en donde 0 significó que la maleza no fue afectada y 100 que fue completamente destruida (Ntanos *et al.*, 2000).

La toxicidad de los herbicidas al arroz se evaluó a los 20 y 40 DDA, con la escala de 0 a 100 %, donde 0 significó que las plantas no fueron dañadas y 100 que fueron eliminadas (Esqueda, 2000a).

El número de panículas se determinó cuando el grano llegó a la madurez fisiológica, para lo cual se cortaron y contaron las panículas existentes en un metro lineal en cada parcela útil.

La longitud de las panículas se midió en diez de aquellas que fueron cortadas para determinar su número; éstas se midieron desde la base hasta el ápice y se obtuvo el promedio.

El rendimiento del arroz se obtuvo cuando el grano alcanzó su madurez fisiológica. El grano se limpió, se pesó y se determinó su contenido de humedad, la cual se ajustó a 14 %; posteriormente el peso del grano por parcela se transformó a kilogramos por hectárea.

Se hicieron análisis de varianza individuales para todas las variables y análisis combinado para rendimiento de grano. En aquellas variables que tuvieron significancia se aplicó la prueba de Tukey (0.05). También se realizó un

análisis económico para determinar la rentabilidad de los diferentes tratamientos de fertilización mediante la tasa de retorno marginal, la cual se obtiene al dividir el incremento marginal en beneficio neto entre el incremento marginal en costo variable y se expresa en porcentaje (CIMMYT, 1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No hubo diferencias estadísticas entre genotipos, excepto en la longitud de panícula en Los Naranjos (Cuadro 1), lo que muestra que la línea II6911 se adapta a las condiciones de temporal de las zonas arroceras del centro de Veracruz, y que puede ser una buena opción para cubrir las necesidades de variedades de arroz de grano delgado y traslúcido. Se detectaron diferencias significativas entre herbicidas en el control de maleza a los 20 DDA y 40 DDA en ambas localidades y en longitud de panícula y rendimiento de grano sólo en Los Naranjos. La interacción entre estos dos factores (G x H) sólo resultó significativa en el control de maleza a los 40 DDA en Los Naranjos. Las diferencias entre las combinaciones de fertilización resultaron significantes para longitud y número de panículas y para rendimiento de grano de ambas localidades. No se detectó significancia para las interacciones genotipo x fertilización, herbicidas x fertilización, ni para la interacción entre los tres factores.

Cuadro 1. Componentes de rendimiento y rendimiento de grano de los genotipos.

Genotipo	Los Naranjos			Joya de la Pita		
	LP (cm)	NP	RG (kg ha ⁻¹)	LP (cm)	NP	RG (kg ha ⁻¹)
II6911	22.2 a	111.0 a	4624 a	21.8 a	109.5 a	4114 a
M. Filipino	21.5 b	114.4 a	4847 a	21.4 a	112.9 a	4267 a

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). LP = Longitud de panícula; NP = Número de panículas por metro lineal; RG = Rendimiento de grano.

En Los Naranjos a los 20 DDA las tres mezclas de herbicidas tuvieron un control de maleza de entre 90 y 94 % y fueron estadísticamente similares (Cuadro 2); sin embargo, a los 40 DDA se observó un menor control de maleza con clomazone + bispiribac-sodio que con los otros dos tratamientos. Este comportamiento se puede atribuir a una

Cuadro 2. Efecto de los tratamientos de herbicidas en el control de maleza, longitud de panícula y rendimiento de grano.

Herbicidas	Los Naranjos				Joya de la Pita			
	CM ₂₀ (%)	CM ₄₀ (%)	LP (cm)	RG (kg ha ⁻¹)	CM ₂₀ (%)	CM ₄₀ (%)	LP (cm)	RG (kg ha ⁻¹)
Pend + prop	94.0 a	89.4 a	21.5 b	4619 b	93.2 a	88.3 a	21.6 a	4114 a
Clom + bisp	90.2 a	83.2 b	21.5 b	4681 b	63.5 b	60.0 b	21.4 a	4154 a
Clom + prop	93.7 a	89.9 a	22.5 a	4906 a	96.8 a	92.8 a	21.8 a	4303 a

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). Pend + Prop = pendimetalina + propanil (1600 + 2160 g i. a. ha⁻¹); Clom + Bisp = clomazone + bispiribac-sodio (480 + 22 g i. a. ha⁻¹); Clom + Prop = clomazone + propanil (600 + 1440 g i. a. ha⁻¹); CM₂₀ = Control de maleza a los 20 d de la aplicación; CM₄₀ = Control de maleza a los 40 d de la aplicación; LP = Longitud de panícula; RG = Rendimiento de grano.

menor residualidad de esta mezcla debido a la menor dosis de clomazone aplicada. En las parcelas tratadas con clomazone + propanil, las plantas de arroz tuvieron la mayor longitud de la panícula, lo que se reflejó en un aumento significativo del rendimiento de grano en comparación con las otras dos mezclas, aunque en el número de panículas todos los tratamientos de herbicidas tuvieron un comportamiento semejante (datos no mostrados).

Ninguno de los genotipos de arroz presentó síntomas de toxicidad por la aplicación de las mezclas de herbicidas. En Joya de la Pita los mejores resultados tanto a los 20 como a los 40 DDA, se obtuvieron al aplicar clomazone + propanil y pendimetalina + propanil, debido a que la mezcla de clomazone + bispiribac-sodio no controla eficientemente a *C. iria* (Esqueda, 2000a), ya que estos productos se recomiendan principalmente para controlar gramíneas (Valverde *et al.*, 2000). Las diferencias de control entre los tratamientos herbicidas no afectaron la longitud de panículas ni el rendimiento de grano, posiblemente debido a que *C. iria*, aunque se presentó en poblaciones elevadas, es una maleza de porte bajo, con sistema radical superficial, lo que la hace poco competitiva con el cultivo. Tampoco en Joya de la Pita se observaron daños a los genotipos de arroz por la aplicación de los herbicidas.

Aunque la mezcla de clomazone + propanil se comportó de manera semejante a la mezcla testigo de pendimetalina + propanil, la dosis de propanil en la primera fue 33 % menor, lo que es importante para reducir el riesgo de la aparición de biotipos de maleza con resistencia a este herbicida. Por otra parte, la mezcla de clomazone + bispiribac-sodio sólo debe recomendarse para controlar malezas gramíneas, pues su efecto sobre ciperáceas es deficiente.

De acuerdo con la interacción genotipo x herbicida, en Los Naranjos la aplicación de la mezcla de clomazone + bispiribac-sodio a la línea II6911 dio menor control de maleza que con las otras dos mezclas herbicidas; en cambio, en la variedad Milagro Filipino todos los tratamientos herbicidas ejercieron un control semejante de maleza (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de la interacción genotipo por herbicidas en el control de maleza a los 40 d de la aplicación en Los Naranjos.

Genotipo	Herbicidas	CM ₄₀ (%)
II6911	Clomazone + propanil (600 + 1440 g i. a. ha ⁻¹)	73.8 a
II6911	Pendimetalina + propanil (1600 + 2160 g i. a. ha ⁻¹)	72.7 ab
Milagro Filipino	Pendimetalina + propanil (1600 + 2160 g i. a. ha ⁻¹)	69.6 abc
Milagro Filipino	Clomazone + propanil (600 + 1440 g i. a. ha ⁻¹)	69.5 abc
Milagro Filipino	Clomazone + bispiribac-sodio (480 + 22 g i. a. ha ⁻¹)	66.9 bc
II6911	Clomazone + bispiribac-sodio (480 + 22 g i. a. ha ⁻¹)	64.9 c

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

En el caso de la fertilización (Cuadro 4), en Los Naranjos los tratamientos de fertilización química sola y en combinación con *A. brasilense* + *G. intraradix*, fueron superiores en longitud y número de panículas a la aplicación única de *A. brasilense* + *G. intraradix*. Sin embargo, los rendimientos de grano más altos correspondieron a los tratamientos que contienen la dosis completa de fertilización química, pues en promedio superaron en 23 % al tratamiento 46N-23P-00K + *A. brasilense* + *G. intraradix* y en 52 % a la aplicación única de *A. brasilense* + *G. intraradix*. En Joya de la Pita, con la aplicación de 46N-23P-00K + *A. brasilense* + *G. intraradix* se obtuvo un número de panículas y un rendimiento de grano similar a los obtenidos con la dosis 92N-46P-00K y 92N-46P-00K + *A. brasilense* + *G. intraradix*. En esta localidad, las diferencias en rendimiento entre los tratamientos de *A. brasilense* + *G. intraradix* y 46N-23P-00K + *A. brasilense* + *G. intraradix* en comparación con el testigo regional, fueron menores que en Los Naranjos, ya que representaron 59 y 90 %, respectivamente, del rendimiento obtenido por el testigo, mientras que en Los Naranjos su producción representó 48 y 77 %. Según Bashan *et al.* (1996), *Azospirillum* es afectado negativamente por la acidez del suelo; es posible entonces que la actividad de *Azospirillum* se haya reducido más en Los Naranjos que en Joya de la Pita.

Cuadro 4. Efecto de la fertilización química o biológica en componentes y rendimiento de grano.

Fertilización	Los Naranjos			Joya de la Pita		
	LP (cm)	NP	RG (kg ha ⁻¹)	LP (cm)	NP	RG (kg ha ⁻¹)
92-46-00	22.5 a	118.2 a	5802 a	22.0 a	115.1 a	4720 a
<i>Azospirillum</i> + <i>Glomus</i>	20.5 b	104.4 b	2780 c	21.0 a	103.5 b	2785 b
92-46-00	22.5 a	119.2 a	5884 a	21.9 a	116.4 a	4992 a
+ <i>Azosp.</i> + <i>Glomus</i>						
46-23-00	21.7 a	109.0 a	4475 b	21.3 a	109.8 a	4265 a
+ <i>Azosp.</i> + <i>Glomus</i>						

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). *Azosp.* + *Glomus* = *A. brasilense* + *G. intraradix* (0.72 + 2 kg ha⁻¹), LP = Longitud de panícula, NP = Número de panículas por metro lineal, RG = Rendimiento de grano.

El análisis combinado detectó significancia para localidades, fertilización y la interacción de ambos factores, y para herbicidas, en el rendimiento de grano. La localidad con mayor rendimiento promedio fue Los Naranjos (4 735 kg ha⁻¹) que superó en 13 % al rendimiento promedio de Joya de la Pita. Esto se atribuye a que en Joya de la Pita hubo un periodo de sequía al inicio de la etapa de llenado de grano. En el factor herbicidas, la mezcla de clomazone + propanil tuvo un rendimiento promedio de 4604 kg ha⁻¹, que fue estadísticamente superior a los rendimientos de 4 417 kg ha⁻¹ y 4 366 kg ha⁻¹ obtenidos en los tratamientos de clomazone + bispiribac-sodio y pendimetalina + propanil, respectivamente. Por tanto, con la aplicación de la mezcla

de clomazone + propanil, además de obtener los mejores rendimientos de grano se pueden reducir las dosis de propanil que se emplean en la actualidad. Con los tratamientos de fertilización 92N-46P-00K + *A. brasilense* + *G. intraradix* y 92N-46P-00K se obtuvieron los mayores rendimientos con 5 438 y 5 260 kg ha⁻¹, respectivamente, los cuales superaron en 20 y 17 % al obtenido con 46N-23P-00K + *A. brasilense* + *G. intraradix* y en 49 y 47 % con *A. brasilense* + *G. intraradix*.

En la interacción localidad x fertilización, los tratamientos que incluyeron la dosis completa de fertilización química, tuvieron un menor rendimiento en Joya de la Pita que en Los Naranjos (Figura 1). Este comportamiento pudo deberse a que en Los Naranjos hubo mayor y mejor distribución de humedad durante el ciclo del cultivo, lo que permitió un mejor aprovechamiento de los fertilizantes químicos de la fórmula completa que la que habría en condiciones de deficiencia de humedad. Con el empleo de micorrizas se incrementa el área de exploración de humedad de las raíces debido al desarrollo de micelios, lo que además permite disminuir el estrés hídrico (Pérez-Moreno y Ferrera-Serrato, 1997). Esto explica porqué en Joya de la Pita los rendimientos no disminuyeron aún con menor humedad, cuando se aplicó la mitad de la dosis de fertilización química + *A. brasilense* + *G. intraradix*, o solo *A. brasilense* + *G. intraradix*.

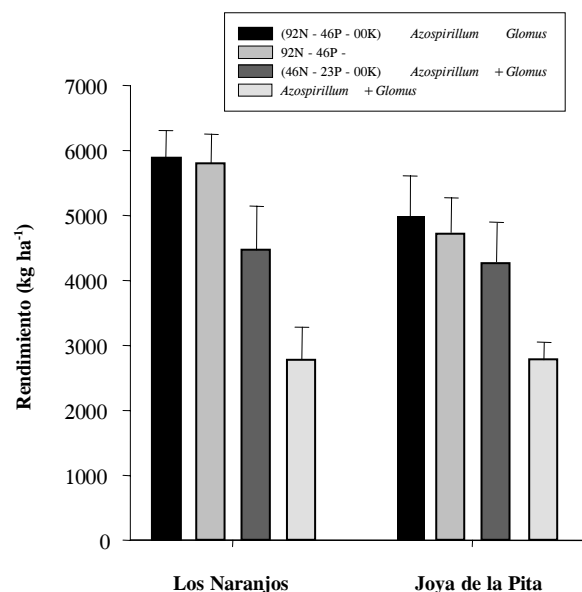


Figura 1. Efecto de tratamiento de fertilización en el rendimiento de arroz palay en dos ambientes de evaluación.

El análisis económico reveló que si bien los costos de fertilización y producción fueron más elevados en el tratamiento con la dosis completa de fertilización química + biofertilizantes, en éste se obtuvo el mayor beneficio neto y la mejor relación beneficio/costo. La utilidad neta del tratamiento 46N-23P-00K + *A. brasilense* + *G. intraradix* fue menor en 38 % que la obtenida con el testigo 92N-46P-00K y 42 % menos que la del tratamiento 92N-46P-00K + *A. brasilense* + *G. intraradix*. La aplicación única de biofertilizantes no fue suficiente para cubrir los costos de producción del cultivo.

Cuadro 5. Análisis económico de la respuesta en rendimiento promedio de tratamientos de fertilización en dos ambientes de evaluación †.

Concepto	92N-46P-00K + <i>A. brasilense</i> + <i>G. intraradix</i>	92N-46P-00K	46N-23P-00K + <i>A. brasilense</i> + <i>G. intraradix</i>	<i>A. brasilense</i> + <i>G. intraradix</i>
Costo de fertilización (\$ ha ⁻¹)	1140	1080	700	60
Costo de producción (\$ ha ⁻¹) ††	6860	6800	6420	5780
Rendimiento (kg ha ⁻¹)	5438	5261	4370	2782
Beneficio bruto (\$ ha ⁻¹)	10876	10521	8740	5265
Beneficio neto (\$ ha ⁻¹)	4016	3721	2320	- 515
Relación beneficio/costo	1.59	1.55	1.36	0.91
Incremento marginal en beneficio neto (\$)	295	1402	2835	-
Incremento marginal en costo variable (\$)	60	380	640	-
Tasa de retorno marginal (%)	491	369	443	-

† Se consideró un precio de \$ 3.00 el kilogramo de urea, \$ 2.80 el de superfosfato triple, \$ 200.00 ha⁻¹ de dos jornales para aplicación de los fertilizantes químicos, \$ 20.00 ha⁻¹ de la dosis de *A. brasilense*, \$ 40.00 ha⁻¹ de la dosis de *G. intraradix* y \$ 2.00 el kilogramo de arroz palay. †† Costo oficial DDR 008 (Cd. Alemán, Ver.).

El análisis marginal mostró que la mayor tasa de retorno (491 %) se logró con el tratamiento 92N-46P-00K + *A. brasilense* + *G. intraradix*. Esto indica que con el hecho de invertir \$ 60.00 en inocular la semilla con *A. brasilense* + *G. intraradix*, adicional a la fertilización química 92N-46P-00K, por cada peso que se invierte en aplicar esta tecnología se obtiene una ganancia de \$ 4.91. En el caso de cultivos anuales, cuando se trata de una tecnología que representa un ajuste de la práctica actual del agricultor, la tasa de retorno mínima aceptable es de 50 % (CIMMYT, 1988).

CONCLUSIONES

La línea II6911 presenta un comportamiento agronómico semejante a la variedad Milagro Filipino y por ser un material de grano delgado, es una buena opción para siembra en las áreas arroceras de temporal del estado de Veracruz.

La mezcla de los herbicidas clomazone y propanil a 600 y 1440 g i. a. ha⁻¹ respectivamente, se puede emplear para obtener un control eficiente de la maleza del arroz de temporal, con la ventaja de que se utiliza menor cantidad de propanil.

La aplicación única de *A. brasilense* + *G. intraradix* fue significativamente inferior en componentes y rendimiento de grano al resto de los tratamientos de fertilización.

Los mayores rendimientos de grano se obtuvieron con la fórmula 92N-46P-00K y con el tratamiento 92N-46P-00K + *A. brasilense* + *G. intraradix*, pero la mejor relación beneficio/costo y la mayor tasa de retorno se obtuvieron con el último tratamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre M J F, J Kohashi S (2002) Dinámica de la colonización micorrízica y su efecto sobre los componentes del rendimiento y contenido de fósforo en frijol común. *Agric. Téc. Méx.* 28(1):23-33.
- Ayón R E A (1998) Observación de cultivares de arroz de origen colombiano, venezolano y mexicano en Almagres, mpio. de Acayucan, Ver. Informe Técnico del Sistema-Producto Arroz. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz, México. 6 p.
- Bashan Y, G Holguin, R Ferrera-Cerrato (1996) Interacciones entre plantas y microorganismos benéficos. I. *Azospirillum*. *Terra* 14(2):159-194.
- Bolaños E A, J T Villa C, B E Valverde (2001) Respuesta de *Echinochloa colona* (L.) Link a propanil en áreas arroceras selectas de México. *Rev. Mex. Ciencia de la Maleza* 1(2):21-26.
- Calixto C N (1990) El Arroz; su Cultivo en México. Colección Cuadernos Universitarios. Serie Agronomía No. 21. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 147 p.
- Castellanos J Z, J J Peña-Cabriales (1990) Los nitratos provenientes de la agricultura: una fuente de contaminación de los acuíferos. *Terra* 8:113-126.
- Crawford S H, D L Jordan (1995) Comparison of single and multiple applications of propanil and residual herbicides in dry-seeded rice (*Oryza sativa*). *Weed Tech.* 9:153-157.
- CIMMYT (1988) La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Programa de Economía. CIMMYT. México, D. F. 30 p.
- Durán P A, J Espinosa M, J R Rodríguez R, J Cumpián G (1997) Inoculación de frijol con cepas de *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* en Veracruz, México. *Agric. Téc. Méx.* 23(1):49-68.
- Esqueda E V A (2000a) Control de malezas en arroz de temporal con clomazone, sólo y en mezcla con propanil y 2,4-D. *Agron. Mesoam.* 11(1):51-56.
- Esqueda E V A (2000b) Las malezas del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) en México. *Rev. Mex. Ciencia Maleza. Núm. Esp.* pp:63-81.
- Esqueda V, E Rosales (2004) Evaluación de bispiribac-sodio en el control de malezas en arroz de temporal. *Agron. Mesoam.* 15(1):9-15.
- García E (1987) Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Universidad Nacional Autónoma de México. 4a Ed. México. 130 p.
- Gunarto L, K Adachi, T Senboku (1999) Isolation and selection of indigenous *Azospirillum* spp. from a subtropical island, and effect of inoculation on growth of lowland rice under several levels of N application. *Biol. Fertil. Soils* 28(2):129-135.
- Ntanos D A, S D Koutroubas, C Mavrotas (2000) Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control in water-seeded rice (*Oryza sativa*) with cyhalofop-butyl. *Weed Tech.* 14(2):383-388.
- Osuna C F J, L Hernández A, J Salcedo A, L Tavitas F, L J Gutiérrez D (2000) Manual de producción de arroz en la región central de México. SAGAR. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Zacatepec. Libro Técnico No. 1. Zacatepec, Morelos. 78 p.
- Pérez-Moreno J, R Ferrera-Cerrato (1997) Mycorrhizal interactions with plants and soil organisms in sustainable agroecosystems. In: *Soil Ecology in Sustainable Agricultural Systems*, L Brussaard, R Ferrera-Cerrato (eds). CRC Press, Boca Raton FL. pp:91-112.
- SAGARPA (2003) Anuarios estadísticos de la producción agrícola [CD-ROM computer file]. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera.
- Schwentenius R R, M A Gómez Cruz (1999) Ajuste y Cambio Estructural en la Agricultura Mexicana. El Caso del Arroz. CIESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 53 p.
- Secilia J, D J Bagyaraj (1994) Selection of efficient vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for wetland rice; a prelim screen. *Mycorrhiza* 4(6):265-268.
- Valverde B E, C R Riches, J C Caseley (2000) Prevención y Manejo de Malezas Resistentes a Herbicidas en Arroz: Experiencias en América Central con *Echinochloa colona*. B E Valverde (trad). Cámara de Insumos Agropecuarios. San José, Costa Rica. 135 p.