

## Evaluación de biofertilizantes y enraizador hormonal en jatropha (*Jatropha curcas* L.)\*

### Evaluation of biofertilizers and hormonal rooting in jatropha (*Jatropha curcas* L.)

Antolin Silvestre Martiñón Martínez<sup>1§</sup>, Rodolfo Figueroa Brito<sup>2</sup>, Jesús Piña Guillén<sup>1</sup>, Conrado Castro Bravo<sup>1</sup>, José Luís Leana Acevedo<sup>1</sup> y Daniel Aguilar Jiménez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería en Biotecnología Agrícola, Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros. Prolongación Reforma Núm. 168. Barrio de Santiago Mihucán, Izúcar de Matamoros, Puebla. CP. 74420. Tel. (01) 243 4363894, ext. 301. (c\_castrobravo@hotmail.com; fejepigu@hotmail.com; jl\_leana@hotmail.com; yolot777@hotmail.com).

<sup>2</sup>Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional. Carretera Yautepec-Jojutla, km 6. Calle CEPROBI Núm. 8. Col. San Isidro, Yautepec, Morelos, México. CP. 62731. Tel. (01) 735 3942020, ext. 82500. (rfigueria@ipn.mx). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: nirvanmx@yahoo.com.mx.

#### Resumen

La *J. curcas* es una planta que se cultiva a nivel mundial de forma convencional, utilizando insumos artificiales, ante esta situación, es necesario generar tecnología de producción sustentable. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de biofertilizantes comerciales y enraizador químico, en variables morfológicas y de rendimiento en jatropha. El experimento se llevó a cabo en junio-diciembre de 2013, en el campo experimental de la Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros (UTIM); los productos evaluados fueron: Azofer® (*Azospirillum*), Micorrizafer® (micorriza del género *Glomus*), Tricovel® (*Trichoderma*) y enraizador químico Rooting® (auxinas y citocininas). Se utilizó un diseño bloques completos al azar con 12 repeticiones. Resultó que el enraizador Rooting® fue el más activo, por generar el mayor número de ramas laterales, mayor número de racimos con fruto maduro, frutos maduros por planta y el peso de las semillas por planta; de los biofertilizantes, la mezcla de *Azospirillum* + *Trichoderma*, generó mayor rendimiento (número de frutos maduros por planta y peso de semilla por planta), por lo que dicha mezcla es una alternativa en la producción sustentable de jatropha.

#### Abstract

The *J. curcas* is a plant that is cultivated worldwide conventionally, using artificial inputs, in this situation, it is necessary to generate sustainable production technology. The objective of this research was to evaluate the effect of commercial biofertilizers and chemical rooting, on morphological and performance variables in jatropha. The experiment was carried out in June-December 2013, in the experimental field of the Technological University of Izúcar of Matamoros (UTIM); the products tested were: Azofer® (*Azospirillum*), Micorrizafer® (mycorrhiza *Glomus* genus), Tricovel® (*Trichoderma*) and rooting chemical Rooting® (auxins and cytokinins). We used a randomized complete block design with 12 replicates. It turned out that rooting Rooting® was the most active, to generate the highest number of lateral branches, higher number of bunches with ripe fruit, ripe fruits per plant and seed weight per plant; of biofertilizers, the mixture of *Azospirillum* + *Trichoderma*, generated higher yield (number of mature fruits per plant and seed weight per plant), so this mixture is an alternative in the sustainable production of jatropha.

\* Recibido: febrero de 2017  
Aceptado: marzo de 2017

**Palabras clave:** auxinas, hojas, micorriza.

En México, la planta de *J. curcas* se encuentra distribuida en 20 estados, incluido el estado de Puebla (Martínez, 2009). La jatropha tiene gran variedad de usos entre los que destacan: la producción de biodiesel, como cercas vivas para controlar la erosión, productos medicinales, productos cosméticos como el jabón (Oyuela *et al.*, 2012); sin embargo, solo en México existen los genotipos comestibles que destacan por su alto valor nutritivo (Makkar *et al.*, 1998); cabe señalar, que Puebla es uno de los estados con mayor potencial (principalmente en la mixteca poblana), como lo muestran estudios realizados por la organización londinense Global Exchange for Social Investment (GEXSI) (Renner *et al.*, 2008).

Existen pocas investigaciones tendientes a disminuir los fertilizantes químicos en la producción de jatropha, por lo que es importante generar tecnología sustentable para su producción. En relación a fertilizantes biológicos, Ravikumar *et al.* (2011), evaluaron la inoculación en suelo de varias especies de *Azospirillum*, posteriormente se sembraron semillas de jatropha, los resultados mostraron que *Azospirillum brasilense* aumento longitud de tallo 39.14%, 19.2% la longitud de raíz, 10.3% la biomasa de tallo, 20% el área de la hoja y 7.8% la biomasa de raíz.

Neyra *et al.* (2013), en cultivo de chile, inocularon con 5 ml de una suspensión de 108 esporas ml<sup>-1</sup> de *Trichoderma viride*, encontraron un aumento de longitud de tallo y raíz a los diez días después de la inoculación y mayor peso seco de raíz y tallo a los 20 días después de la inoculación.

En una investigación, evaluaron fertilización química (a base de nitrógeno y fósforo) y fertilización biológica a base de micorrizas del género *Glomus* y *A. brasilense* en *J. curcas*, encontraron resultados similares en ambos tipos de fertilización, al evaluar: número de ramas, número de inflorescencias y producción de semilla, por lo que sugieren la fertilización biológica (Teniente *et al.*, 2011).

Varios estudios han demostrado óptimos resultados en variables morfológicas al aplicar la combinación *Azospirillum* + *Trichoderma*: en tomate (El-Katany, 2010), en granado (Patil *et al.*, 2004), en maíz y trigo (Fadl-Allah *et al.*, 2012) y en caña de azúcar (Serna *et al.*, 2011).

**Keywords:** auxin, mycorrhiza, leaves.

In Mexico, the plant *J. curcas* is distributed in 20 states, including the state of Puebla (Martínez, 2009). The jatropha has a variety of uses among which are: the production of biodiesel, as living fences to control erosion, medicinal products, cosmetic products such as soap (Oyuela *et al.*, 2012); however, only in Mexico are edible genotypes noted for their high nutritional value (Makkar *et al.*, 1998); it should be noted that Puebla is one of the states with the greatest potential (mainly in the Mixteca Poblana), as shown by studies conducted by the London based Global Exchange for Social Investment (GEXSI) (Renner *et al.*, 2008).

There are few investigations to reduce chemical fertilizers in jatropha production, so it is important to generate sustainable technology for their production. Regarding biological fertilizers, Ravikumar *et al.* (2011), evaluated inoculating soil several species *Azospirillum* subsequently jatropha seeds were sown, the results showed that *Azospirillum brasilense* increase stem length 39.14%, 19.2% root length biomass stem 10.3%, 20% leaf area and 7.8% root biomass.

Neyra *et al.* (2013), cultivation of chili, inoculated with 5 ml of a suspension of 108 spores ml<sup>-1</sup> of *Trichoderma viride*, found an increase in length of stem and root ten days after inoculation and increased dry weight of root and stem At 20 days after inoculation.

In research, assessed chemical fertilization (based on nitrogen and phosphorus) and organic fertilization based on mycorrhizae gender *Glomus* and *A. brasilense* in *J. curcas*, they found similar results in both types of fertilization, in assessing: number of branches, number of inflorescences and seed production, which suggest biological fertilization (Teniente *et al.*, 2011).

Several studies have shown excellent results in morphological variables by applying *Azospirillum* + *Trichoderma* combination: tomato (El-Katany, 2010), pomegranate (Patil *et al.*, 2004), corn and wheat (Fadl-Allah *et al.*, 2012) and sugar cane (Serna *et al.*, 2011).

Based on the above, the objective of this research was to evaluate bio-fertilizers and chemical hormonal rooting in *Jatropha curcas* L., in the field.

En base a lo anterior el objetivo de esta investigación fue evaluar biofertilizantes y enraizador químico hormonal en *Jatropha curcas* L., en campo.

La investigación se realizó en el campo experimental de la Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros, localizado al sur del estado de Puebla y geográficamente en las coordenadas 18°36' latitud norte, y 98°28' longitud oeste, a una altitud próxima de 1 300 m (INEGI, 2009).

En la investigación se utilizaron semillas de un genotipo de jatropha colectado en Huaquechula, Puebla (en promedio con 19 mm de longitud). El experimento se llevó a cabo en junio-diciembre de 2012. Previamente las semillas se germinaron en septiembre de 2011 y se trasplantaron en bolsas negras de polietileno en un invernadero, allí permanecieron hasta finales de abril de 2012, fecha en la fueron trasplantadas en campo. Los tratamientos se aplicaron a principios de junio de 2012 (Cuadro 1). Los productos comerciales aplicados fueron: Azofer® (*Azospirillum*), Tricovel® (*Trichoderma*) y Micorrizafer® (micorrizas del género *Glomus*) y enraizador hormonal Rooting® (a base de auxinas, citocininas y fósforo). Se aplicó una fertilización química a principios de junio con 50 g árbol de triple 16® (16% N, 16%P y 16% K). La unidad experimental estuvo formada por cuatro plantas con tres repeticiones y se utilizó un diseño de bloques completos al azar.

A principios de diciembre de 2013, se evaluaron las variables: altura de planta, número de ramas laterales, número de racimos florales, número de racimos con fruto verde, número de racimos con fruto maduro, número de racimos totales (florales, fruto verde y fruto maduro), número de fruto maduro por planta y peso de semilla por planta (el peso se registró con una balanza Ohaus® de 2 610 g ± 0.1 g de capacidad).

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS) for Windows 9). Se realizó un análisis de varianza para establecer significancia de variables, además se realizaron pruebas de comparación de medias por Tukey ( $p \leq 0.05$ )

Todas las variables evaluadas mostraron diferencias estadísticas significativas. De la variable altura de planta, con la aplicación de *Azospirillum* (1 g de *Azospirillum* planta<sup>-1</sup>), se obtuvieron la mayor altura de las plantas (con 1.78 m) seguida de *Trichoderma* (1 g de *Trichoderma* planta<sup>-1</sup>) y micorriza (2 g de micorriza planta<sup>-1</sup>) al formar plantas de 1.7 m (Cuadro 2).

The research was carried out in the experimental field of the Technological University of Izúcar of Matamoros, located to the south of the state of Puebla and geographically in the coordinates 18°36' north latitude, and 98°28' west longitude, at an altitude near 1 300 m (INEGI, 2009).

In the research were used seeds of a jatropha genotype collected in Huaquechula, Puebla (on average 19 mm in length). The experiment was carried out in June-December 2012. Previously the seeds were germinated in September 2011 and transplanted in black polyethylene bags in a greenhouse, where they remained until the end of April, 2012, when they were transplanted in the field. The treatments were applied in early June 2012 (Table 1). Commercial products applied were: Azofer® (*Azospirillum*), Tricovel® (*Trichoderma*) and Micorrizafer® (mycorrhiza *Glomus* genus), and rooting hormonal Rooting® (based on auxins, cytokinins and phosphorus). A chemical fertilization was applied in early June with 50 g tree of Triple 16® (16% N, 16%P and 16% K). The experimental unit consisted of four plants with three replicates and a complete random block design was used.

**Cuadro 1. Tratamientos generados de la investigación de biofertilizantes y enraizador hormonal en *J. curcas* de campo.**

**Table 1. Treatments generated from research bio-fertilizers and hormonal rooting in *J. curcas* of field.**

Tratamientos
T1 - 2 g de micorriza planta <sup>-1</sup>
T2 - 1 g de <i>Azospirillum</i> planta <sup>-1</sup>
T3 - 1 g de <i>Trichoderma</i> planta <sup>-1</sup>
T4 - 1 g planta <sup>-1</sup> ( <i>Azospirillum</i> ), 1 g planta <sup>-1</sup> (micorriza)
T5 - 1 g planta <sup>-1</sup> ( <i>Azospirillum</i> ), 1 g planta <sup>-1</sup> ( <i>Trichoderma</i> )
T6 - 0.5 ml planta <sup>-1</sup> de Rooting®
T7 - Testigo

At the beginning of december 2013, the following variables were evaluated: plant height, number of lateral branches, number of flower clusters, number of clusters with green fruit, number of clusters with mature fruit, number of total clusters (floral, ripe fruit), number of ripe fruit per plant and seed weight per plant (the weight recorded with a Ohaus® balance of 2610 g ± 0.1 g capacity).

For the statistical analysis was used the statistical package Statistical Analysis System (SAS) for Windows 9. An analysis of variance was performed to establish significance of variables, and were performed comparison tests of means by Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

Al respecto Teniente *et al.* (2011), recomiendan inocular las plantas de jatropha con la micorriza *Glomus intraradices* y *A. brasilense*, con una dosis de un gramo de material comercial por planta en el vivero o en el trasplante.

Del número de ramas laterales, el enraizador Rooting® (0.5 planta<sup>-1</sup>) y *Trichoderma* (1 g de *Trichoderma* planta<sup>-1</sup>) promovieron el mayor número de ramas con 5.2 y 4.3 ramas por planta de jatropha, respectivamente (Cuadro 2). De igual manera Kannan y Kannan (2013), en un experimento realizado con bioinoculantes, estiércol de granja y fertilización química (NPK), encontraron que las mezclas que contenían *Azospirillum* + *Trichoderma* + Micorriza arbuscular, generaron mayor número de ramas por planta de *J. curcas* (de 27 a 36 ramas).

Respecto al número de racimos florales *Azospirillum* (1 g de *Azospirillum* planta<sup>-1</sup>) y micorriza (2 g de micorriza planta<sup>-1</sup>) formaron 8.8 y 8.3 racimos florales por planta (Cuadro 2). Estos resultados contrastan con los obtenidos por Teniente (2011), al utilizar *Azospirillum barsilense* y micorriza del género *Glomus* obteniendo 19 racimos florales por planta.

All the variables evaluated showed significant statistical differences. Variable plant height, with the application of *Azospirillum* (1 g of *Azospirillum* planta<sup>-1</sup>), the highest plant height were obtained (with 1.78 m) followed by *Trichoderma* (1 g of *Trichoderma* planta<sup>-1</sup>) and mycorrhiza (2 g of mycorrhiza planta<sup>-1</sup>) when forming plants of 1.7 m (Table 2). About Teniente *et al.* (2011), recommend inoculate jatropha plants with mycorrhiza *Glomus intraradices* and *A. brasilense*, with a dose of one gram of commercial material per plant in the nursery or transplantation.

The number of lateral branches, rooting Rooting® (0.5 planta<sup>-1</sup>) and *Trichoderma* (1 g of *Trichoderma* planta<sup>-1</sup>) promoted the highest number of branches with 5.2 and 4.3 branches per plant jatropha, respectively (Table 2). Similarly, Kannan and Kannan (2013), in an experiment with bioinoculants, farmyard manure and chemical fertilizers (NPK), found that mixtures containing *Azospirillum* + *Trichoderma* + mycorrhiza arbuscular, generated greater number of branches per plant *J. curcas* (27 to 36 branches).

**Cuadro 2. Efecto de biofertilizantes y enraizador hormonal en variables morfológicas y de rendimiento en *J. curcas*.**  
**Table 2. Effect of biofertilizers and hormonal rooting in morphological variables and performance in *J. curcas*.**

Tratamiento	ALT	NRAM	NRF	NRFV	NRFM	NRT	NFMP	PSP
T1	1.7 ab	4.1 bc	8.3 ab	5.7 ab	3.2 a	17.2 a	23.3 cd	35.1 cd
T2	1.78 a	3.8 bcd	8.8 a	6 a	1.8 b	16.7 a	21.5 cd	33.6 cd
T3	1.7 ab	4.3 b	7.5 bc	6.2 a	2 b	15.7 ab	24.2 c	36.8 cd
T4	1.66 ab	3.2 d	6.2 de	5.8 a	2.2 b	14.2 b	23 cd	38.2 c
T5	1.61 b	3.5 cd	7.0 cd	5.3 ab	2 b	14.3 b	38.7 b	53.8 b
T6	1.64 b	5.2 a	5.7 e	6.2 a	3.7 a	15.5 ab	45.8 a	68.4 a
T7	1.69 ab	3.3 d	5.3 e	4.5 b	2.3 b	12.2 c	17.3 d	24.5 d
DMS	0.12	0.69	1.24	1.23	0.74	1.96	6.44	12.68
CV	5.74	14.41	14.42	17.56	24.5	10.52	18.82	24.72

ALT= altura de planta (m); NRAM= número de ramas laterales; NRF= número de racimos florales; NRFV= número de racimos con fruto verde; NRFM= número de racimos con fruto maduro; NRT= número de racimos totales; NMP= número de frutos maduros por planta; PSP= peso de semilla por planta (g); DMS= diferencia mínima significativa, CV= coeficiente de variación en porcentaje(%). Medias en la misma columna con diferente letra son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

En el número de racimos con frutos verdes, *Trichoderma* (1 g de *Trichoderma* planta<sup>-1</sup>) como el enraizador Rooting (0.5 ml planta<sup>-1</sup>) formaron igual número de racimos (6.2) seguido de la micorriza (2 g de micorriza planta<sup>-1</sup>) 6 racimos con frutos verdes (Cuadro 2). De igual manera el enraizador hormonal Rooting® como la micorriza (2 g de micorriza planta<sup>-1</sup> = *Glomus*) formaron 3.7 y 3.2 racimos con fruto

Regarding number of flower clusters *Azospirillum* (1 g of *Azospirillum* planta<sup>-1</sup>) and mycorrhiza (2 g of mycorrhiza planta<sup>-1</sup>), 8.8 and 8.3 formed flower clusters per plant jatropha (Table 2). These results contrast with those obtained by Teniente (2011), using *Azospirillum barsilense* and mycorrhiza *Glomus* genus getting 19 flower clusters per plant.

maduro por planta (Cuadro 2). En este sentido, Ranjan *et al.* (2013), caracteriza cepas de micorrizas asociadas a la rizosfera de *J. curcas*, encuentra 15 cepas de micorrizas del género *Glomus*, lo cual indica la compatibilidad de aplicar esta cepa de micorriza en jatropha, lo que se demuestra en los racimos con fruto verdes o maduros del presente estudio.

Del número de racimos totales, las micorrizas y *Azospirillum* produjeron 17.2 y 16.7 racimos totales por planta (Cuadro 2). La aplicación de la formulación microbial multifuncional SumaGrow-F2 (14 bacterias y 7 cepas de *Trichoderma*,  $1 \times 10^{10}$  maceta<sup>-1</sup>) o mezclada con la fertilización química (NPK 20-20-20), aumentó el número de mazorcas del maíz, el número de vainas del sorgo y el número de cacahuates, así como aumenta la producción total de cada uno de estos cultivos (Janarthanam, 2013). En el presente estudio, la aplicación de micorrizas (*Glomus*) aumento el número de racimos florales, el número de racimos de frutos verdes, el número de racimos frutos maduros y el número de los racimos totales de jatropha, por lo que su aplicación resulto ser muy importante desde formación de la inflorescencia hasta la obtención de los racimos totales de esta planta.

Respecto a rendimiento de la planta, el enraizador hormonal Rooting® (0.5 ml planta<sup>-1</sup>) seguido de la mezcla *Azospirillum* + *Trichoderma* (1 g planta<sup>-1</sup> (Azos)), 1 g planta<sup>-1</sup> (*Trichoderma*) formaron 45.8 y 38.7 frutos maduros por planta y estos mismos tratamientos registraron el mayor el peso de las semillas por planta de jatropha con 68.4 y 53.8 g de semillas por planta (Cuadro 2).

El análisis de resultados, indicó que la aplicación de las micorrizas (2 g de micorriza planta<sup>-1</sup> = *Glomus*) aumento la altura de la planta y desde la formación de las inflorescencia hasta la formación de los racimos totales. Díaz *et al.* (2013) al aplicar 40 g de la micorriza *G. intraradices* sola o mezclada con 1 kg de composta de caña incrementaron el número de frutos y peso de semilla por planta de *J. curcas*. El enraizador hormonal químico Rooting® (0.5 ml planta<sup>-1</sup>) fue el más activo al aumentar del número de ramas laterales, el número de racimos de frutos verdes, el número de racimos de frutos maduros, el número de frutos maduros por planta y el peso de las semillas; mientras que la sola aplicación de *Azospirillum* (1 g de *Azospirillum* planta<sup>-1</sup>) aumentó la altura de la planta, el número de racimos florales y el número de los racimos totales, mientras que *Trichoderma* (1 g de *Trichoderma* planta<sup>-1</sup>) incrementó la altura de la planta, el número de los racimos con frutos verdes, como también el enraizador Rooting® (0.5 ml planta<sup>-1</sup>) incrementó

In the number of bunches with green fruits, *Trichoderma* (1 g of *Trichoderma* plant<sup>-1</sup>) as the rooting Rooting® (0.5 ml plant<sup>-1</sup>) formed the same number of clusters (6.2) followed by mycorrhizal (2 g of mycorrhiza plant<sup>-1</sup>) 6 clusters with green fruits (Table 2). Likewise, the rooting hormone Rooting® as mycorrhizae (2 g of mycorrhiza plant<sup>-1</sup> = *Glomus*) formed 3.7 and 3.2 with ripe fruit bunches per plant (Table 2). In this sense, Ranjan *et al.* (2013), characterized mycorrhizal strains associated rhizosphere *J. curcas*, found 15 strains of the mycorrhizae genus *Glomus*, indicating the compatibility of this strain applied mycorrhiza in jatropha, which is shown in green fruit bunches or mature of the present study.

The number of total clusters, mycorrhiza and *Azospirillum* produced 17.2 and 16.7 total bunches per plant (Table 2). The application of multifunctional microbial formulation SumaGrow-F2 (14 bacteria and 7 strains of *Trichoderma*,  $1 \times 10^{10}$  pot<sup>-1</sup>) or mixed with chemical fertilizers (NPK 20-20-20), increased the number of ears of corn, the number of sorghum pods and the number of peanuts, as well as increasing the total yield of each of these crops (Janarthanam, 2013). In the present study, the application of mycorrhizae (*Glomus*) increase the number of flower clusters, the number of bunches of green fruits, number of bunches ripe fruits and the number of total clusters of jatropha, so its application turned out to be very important from the formation of the inflorescence until obtaining the total clusters of this plant.

Regarding plant performance, the rooting hormone Rooting® (0.5 ml plant<sup>-1</sup>) followed by *Azospirillum* + *Trichoderma* (1 g plant<sup>-1</sup> (Athos)), 1 g plant<sup>-1</sup> (*Trichoderma*) mixture formed 45.8 and 38.7 ripe fruits per plant and the same treatments showed the highest seed weight per jatropha plant with 68.4 and 53.8 g seeds per plant (Table 2).

The analysis results indicated that the application of mycorrhizae (2 g of mycorrhiza plant<sup>-1</sup> = *Glomus*) increase the height of the plant and from the formation of the inflorescence to the formation of the total clusters. Diaz *et al.* (2013) by applying 40 g of mycorrhizae *G. intraradices* alone or mixed with 1 kg of compost cane increased the number of fruits and seed weight per plant of *J. curcas*. The Chemical rooting hormonal Rooting® (0.5 ml plant<sup>-1</sup>) was the most active by increasing the number of lateral branches, the number of bunches of green fruit, the number of clusters of ripe fruit, the number of ripe fruits per plant and the Seed weight; while the single application of *Azospirillum*

el número de los racimos con frutos verdes y el número de los racimos con frutos maduros. Pero al aplicar la mezcla de *Azospirillum* + *Trichoderma* (1 g planta<sup>-1</sup> (Azos)), 1 g planta<sup>-1</sup> (*Trichoderma*) al igual que el enraizador Rooting<sup>®</sup> incrementaron el mayor número de frutos maduros por planta y el mayor peso de semilla por planta de la de jatropha. Con todo esto, la fertilización biológica es una alternativa sustentable para la producción de jatropha.

## Conclusiones

El enraizador Rooting<sup>®</sup> fue el más activo por generar el mayor número de ramas laterales, número de racimos con fruto maduro por planta, número de frutos maduros por planta y el peso de las semillas por planta. La aplicación de *Azospirillum* generó mayor altura de planta y número de racimos florales.

De los biofertilizantes, la mezcla de *Azospirillum* + *Trichoderma*, generó mayor rendimiento (número de frutos maduros por planta y peso de semilla por planta).

## Literatura citada

- Díaz, H. B. G.; Aguirre, M. J. y Díaz, F. V. 2013. Rendimiento de *Jatropha curcas* L. inoculada con micorriza y aplicación de composta de caña. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 4(4):599-610.
- El-Katatny, M. H. 2010. Enzyme production and nitrogen fixation by free, immobilized and immobilized inoculants of *Trichoderma harzianum* and *Azospirillum brasilense* and their possible role in growth promotion of tomato. Food Technol. Biotechnol. 48(2):161-174.
- Fadl, A. E. M.; El-Katatny, M. H.; Moustafa, Y. M. and Idres, M. M. 2012. Single and double inoculation, with *Azospirillum brasilense* and *Trichoderma harzianum*: Effects on seedling growth and/or wheat (*Triticum aestivum*) and corn (*Zea mays*). Minia International Conference for Agriculture and Irrigation in the Nile Basin Countries, 26<sup>th</sup> -29<sup>th</sup> March 2012, El-Minia, Egypt.
- INEGI. 2009. Anuario Estadístico de Puebla. Tomo 1. 238 p.
- Kannan, R. S. and Kannan, S. G. 2013. Influence of bioinoculants on growth parameters of *Jatropha curcas*. Inter. J. Sci. Res. 2(8):5-6.
- Martínez, H. J. 2009. La *Jatropha curcas* como un nuevo cultivo en México para la producción de biodiesel. In: Jornada sobre producción de biocombustibles y sus perspectivas para Sinaloa. Memoria. Fundación Produce Sinaloa, SAGARPA y Gobierno del Estado. 7-17 pp.
- Makkar, H. P.; Becker, K. and Schmoock, B. 1998. Edible provenances of *Jatropha curcas* of Quintana Roo state of México and effect of roasting on antinutrient and toxic factors on seeds. Plant Foods for Human Nutrition. 208(52):31-36.

(1 g *Azospirillum* planta<sup>-1</sup>) increased plant height, number of flower clusters and the number of total clusters, while *Trichoderma* (1 g *Trichoderma* planta<sup>-1</sup>) increased plant height, the number of clusters with green fruits, as well as the rooting Rooting<sup>®</sup> (0.5 ml planta<sup>-1</sup>) increased the number of clusters with green fruits and the number of bunches with ripe fruits. But by applying the mixture of *Azospirillum* + *Trichoderma* (1 g planta<sup>-1</sup> (Athos)), 1 g planta<sup>-1</sup> (*Trichoderma*) like the rooting Rooting<sup>®</sup> increased the greater number of mature fruits per plant and the greater weight of seed per plant of jatropha. With all this biological fertilization it is a sustainable alternative for the production of jatropha.

## Conclusions

The rooting Rooting<sup>®</sup> was the most active by generating the highest number of lateral branches, number of bunches with ripe fruit per plant, number of ripe fruits per plant and seed weight per plant. The application of *Azospirillum* generated greater plant height and number of flower clusters.

Of the biofertilizers, the mixture of *Azospirillum* + *Trichoderma*, generated higher yield (number of mature fruits per plant and seed weight per plant).

*End of the English version*



- Neyra, V. S.; Terrones, R. L.; Toro, C. L.; Zárate, G. B. y Soriano, B. B. 2013. Efecto de la inoculación de *Rhizobium etli* y *Trichoderma viride* sobre el crecimiento aéreo y radicular de *Capsicum annum* var. longum. Revista Científica de Estudiantes. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo, Perú. 1:11- 21.
- Oyuela, S. D.; Hernández, E.; Samayoa, S.; Bueso, C. y Ponce, O. 2012. Guía técnica-ambiental, para el cultivo de la *Jatropha curcas* (piñón). Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente. Tegucigalpa Honduras. 90 p.
- Patil, A. B.; Nirmalnat, P. J. and Patil, S. R. 2004. Studies on promotion of rooting in air layers of pomegranate as influenced by microbial inoculants. J. Agric. Sci. 17(4):861-863.
- Ranjan, M. S.; Kollah, B.; Banerjee, K.; Dubey G.; Kumar G. V.; Sharma, J. and Rao, S. 2013. Rhizospheric microbes associated with bioenergy crops with special reference to *Jatropha curcas*: acritical review on the prospects and future challenges for sustainable bio-energy production. Scientific Research and Essays. 8(15):615-622.
- Ravikumar, S.; Syed, A. M.; Villiammal, N. 2011. Biofertilizer effect of halophilic *Azospirillum* on the growth of *Jatropha curcas* L. seedlings. Ann. Biol. Res. 2(2):153-157.

- Renner, A.; Zelt, T. and Gerteiser, S. 2008. Global market study on Jatropha. Project inventory: Latin America. Prepared for the world wide fund for nature (WWF). London/Berlin, May 8th. 31 p.
- Serna, C. L.; Arias, G. C. y Valencia, H. L. 2011. Biofertilización, una alternativa al uso de fertilización química de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Rev. Alim. Hoy. 20 (24):69- 82.
- Teniente, O. R.; Tapia, V. L.; Zamarripa, C. A.; González, A. A.; Bonilla, S. J.; Martínez, V. B. y Hernández, M. M. 2011. Guía técnica para la producción de piñón mexicano (*Jatropha curcas* L.) en Michoacán. Folleto técnico Núm. 2 SAGARPA. Campo Experimental Valle de Apatzingan-INIFAP. Apatzingan, Michoacán, México. 52 p.