

Análisis económico del uso de biofertilizantes comerciales en el cultivo del sorgo

Analysis economic of the use of bio-fertilizers trade in the crop of the sorghum

Análise econômica do uso comercial biofertilizantes in cultura do sorgo

José Luís Hernández Mendoza^{1*}, Jesús Di Carlo Quiroz-Velásquez¹, Jesús Gerardo García Olivares¹, Cristian Lizarazo Ortega¹, Mario Cesar Martínez Rodríguez² y Miguel Ángel Ibarra Rodríguez²

¹Laboratorio de Biotecnología Experimental, Centro de Biotecnología Genómica, Instituto Politécnico Nacional. Boulevard del Maestro s/n esq. Elías Piña, Colonia Narciso Mendoza, Ciudad Reynosa, Tamaulipas, México. CP. 88710. Correos electrónicos: jhernandezm@ipn.mx; jquiroz@ipn.mx; jggarcia@ipn.mx; clizarazu@ipn.mx. ²Fundación Produce. Tamaulipas, A.C. 19 Aldama y Mina N°. 930 Colonia Centro, Ciudad Victoria, Tamaulipas. CP. 87000. Correos electrónicos: mario.mtz.fpt@hotmail.com; migueliba22@gmail.com.

Resumen

La agricultura es una actividad preponderante en el norte de Tamaulipas, México donde se cultiva sorgo en aproximadamente 600.000 has. En esta región se evaluaron inoculantes comerciales en este cultivo siguiendo el paquete tecnológico desarrollado para la zona. Una parcela de 100 H se dividió en dos secciones, y en la mitad se empleó fertilización completa (100K/H de N32) y en la otra, solo el 75% de la misma. Los inoculantes se aplicaron a la semilla en la dosis recomendada por el fabricante y los productos evaluados fueron, Sistema Agribest, Ultraquimia y Maxifer, además del testigo. Durante el cultivo se registraron las prácticas agrícolas realizadas y al final se realizó un análisis de costo/beneficio tomando en cuenta los costos de producción, los tratamientos efectuados, la producción obtenida y la venta en el mercado libre y en el sistema de agricultura por contrato. El incremento máximo en la ganancia con respecto al testigo fue aproximadamente \$ 314,00 USD·ha⁻¹, mientras que cuando se comercializó el grano en agricultura por contrato, se obtuvo el mayor margen de ganancia y la relación costo/beneficio

Recibido el 12-05-2017 • Aceptado el 07-06-2018

*Autor de correspondencia. Correo electrónico: jhernandezm@ipn.mx.

alcanzó el 2.00 (fertilización completa/venta contrato del fertilizante Agribest contra la fertilización completa/venta libre del testigo (2,0 vs 1,0). Los resultados mostraron que el uso de inoculantes incrementó la producción de sorgo, lo cual se tradujo en una ganancia directa a los usuarios de esta tecnología.

Palabras clave: inoculantes, fertilización química, costo/beneficio, biofertilizante.

Abstract

Agriculture is a predominant activity at Northern Tamaulipas, Mexico; where sorghum is cultivated in approximately 600.000 ha. Commercial inoculants were evaluated in crops according to the northeastern region technological package of Tamaulipas, Mexico. A plot of 100 ha was divided into two sections, and half was used complete fertilization (100K / H of N32) and in the other, only 75% of it. The inoculants were applied to the seed at the recommended dose by the manufacturer and the evaluated products were, Agribest System, Ultraquimia and Maxifer in addition to the control. The agricultural practices were registered and a cost/benefit analysis was performed, based on production costs, the treatments, the production obtained and selling in the free market and in the contract farming system. The maximum gain increase regarding to the control was almost \$ 314.00·ha⁻¹, while contract farming traded system obtained the highest profit margin and cost/benefit ratio reached 2.0 (complete fertilization / sale contract of fertilizer Agribest against complete fertilization / free sale of the witness (2.0 vs 1.0). Results showed that the use of evaluated inoculants increased sorghum production, which resulted in a direct profit to this technology users.

Key words: inoculants, chemical fertilization, cost/benefit, biofertilizer.

Resumo

A agricultura é uma atividade preponderante no norte de Tamaulipas, no México, onde o sorgo é cultivado em aproximadamente 600.000 hectares. Os produtos comerciais foram avaliados em sorgo cultivado com o pacote tecnológico da região nordeste de Tamaulipas, no México. No meio da superfície, foi utilizada fertilização completa e na outra metade apenas 75% da dose de fertilização. Os inoculantes foram aplicados na dose recomendada pelo fabricante. Os produtos foram do Sistema Agribest, Ultraquimia e Maxifer. Uma análise de custo / benefício foi realizada com base nos custos de produção e preço de venda no mercado livre e no sistema de contrato agrícola. O acréscimo de ganho máximo com relação ao controle foi de aproximadamente US \$ 314,00·ha⁻¹, enquanto quando o grão foi comercializado na agricultura por contrato, a maior margem de lucro foi obtida e a relação custo / benefício alcançou 2, 00 (contrato completo de fertilização / venda do fertilizante Agribest contra fertilização completa / venda livre do controle (2,0 vs 1,0). Os resultados mostraram que o uso de inoculantes avaliados aumentou a produção de sorgo, o que se traduziu em um ganho direto aos usuários desta tecnologia.

Palavras-chave: inoculantes, adubação química, custo/benefício, biofertilizante.

Introducción

México ocupa el tercer lugar a nivel mundial en la producción de sorgo, con 6,5 millones de toneladas, lo cual equivale al 9 % de la producción mundial; destaca el estado de Tamaulipas con 600.000.ha sembradas, equivalente al 42% del total nacional (Montes-García *et al.* 2013). El sorgo se cultiva principalmente en secano y en general no es fertilizado, mientras que en riego se emplean fórmulas de fertilización de acuerdo al paquete tecnológico desarrollado para el cultivo en esta región, donde su coste llega a representar el 30% de los costos de producción (Montes-García *et al.* 2013).

Por otra parte, los productores de sorgo venden su cosecha en el mercado libre o en el sistema de agricultura por contrato, el cual ayuda a mitigar los riesgos en el precio de comercialización del grano a través de contratos legales donde se fija de acuerdo al precio internacional (dólar) del grano (Lence, 2015). Esta acción entre otras han sido utilizados en países latinoamericanos y en los Estados Unidos (Dana y Gilbert, 2009; Shields, 2015) para mitigar los riesgos de pérdida de cosecha, de producción o de comercialización (USDA, 2013).

Las condiciones climáticas de la región donde se desarrolla el cultivo tienen una temperatura y precipitación media anual de 23 °C y 635 mm respectivamente, con suelos pobres en materia orgánica, con pH alto (8 a 8.5) y altos contenidos de salinidad (Díaz-Franco *et al.*, 2014). Estas condiciones permiten

Introduction

Mexico ranks third worldwide in sorghum production, with 6.5 million tons, equivalent to 9% of world production; The most important state is Tamaulipas that stands out with 600,000 hectares of planted sorghum, equivalent to 42% of the national total production (Montes-García *et al.*, 2013). Sorghum is grown mainly in rainfed usually not fertilized, while different fertilization formulas are used in irrigated crops according to the technological package developed on the crops in this region, where their integration reach up to 30% of total production costs.

On the other hand, sorghum producers sell their harvested crop on the free market or in the contract farming system which helps to mitigate price risks of grain marketing through legal contracts where the marketer respects the international price of the grain (dollar) and the producer respects the amount of grain agreed upon (Lence, 2015). This action and others are systems that have been used in Latin American countries and in the United States (Dana and Gilbert, 2009; Shields, 2015) to mitigate risk of losses in crops, production and marketing (USDA, 2013).

Region climatic conditions where sorghum crop is cultivated, shows a temperature and a precipitation average annual of 23 °C and 635 mm, respectively, soils are poor in organic matter, with high pH (8 a 8,5) and high salinity contents (Díaz-Franco *et al.*, 2014), These conditions allows

el establecimiento de agentes como *Macrophomina phaseolina*, agente de la enfermedad conocida como pudrición carbonosa, que causa hasta un 30% de pérdidas de cosecha por caída de plantas (Williams-Alanís *et al.*, 2009).

En la región, se han realizado evaluaciones con diferentes agentes biológicos a fin de integrarlos al paquete tecnológico de producción de sorgo y mejorar su rentabilidad; entre éstos se han utilizado hongos y bacterias, promotoras de crecimiento vegetal, estimuladoras de crecimiento y protectoras del cultivo como pueden ser *Azospirillum brasilense*, *Glomus intraradices* y *Trichoderma* sp (Díaz-Franco *et al.*, 2013; Hernández-Mendoza *et al.*, 2010; García-Olivares *et al.*, 2007; Mendoza-Herrera *et al.*, 2008).

Las bacterias que habitan la rizósfera de las plantas estimulan el crecimiento de las gramíneas a través de mecanismos, como la síntesis de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal (compuestos auxínicos) y la fijación de nitrógeno (Hernández-Mendoza *et al.*, 2010; Méndez-Gómez *et al.*, 2014; Pii *et al.*, 2015). Un estudio reciente usando técnicas metagenómicas muestra que más de 100 especies de bacterias, entre ellas las diazotróficas no cultivables se encuentran presentes en los suelos cultivados. El estudio muestra también que las poblaciones se modifican antes de la siembra y el crecimiento del cultivo (Díaz-Izabal, 2012). Bacterias como *Azospirillum brasilense* ya había sido aislada de suelos de la zona (Mendoza-Herrera *et*

the establishment and development of agents such as *Macrophomina phaseolina*, responsible of the disease known as carbonaceous rot, which causes up to 30% of crop losses by the plants fall (Williams-Alanís *et al.*, 2009)

Evaluations have been carried out in the region with different biological agents, in order to integrate them to the technological package of sorghum production, to improve their profitability; in this sense, fungi and bacteria promoters of plant growth and crop protectors as *Azospirillum brasilense*, *Glomus intraradices* and *Trichoderma* sp (Díaz-Franco *et al.*, 2013; Hernández-Mendoza *et al.*, 2010; García-Olivares *et al.*, 2007; Mendoza-Herrera *et al.*, 2008).

Bacteria that inhabit plants rhizosphere stimulate growth of *Gramineae*, through mechanisms, such as the synthesis of plant growth regulatory substances (auxin compounds) and nitrogen fixation (Méndez-Gómez *et al.*, 2014, Pii *et al.*, 2015). A recent study using metagenomic techniques shows that more than 100 species of bacteria, including non-cultivable diazotrophic bacteria, are present in cultivated soils. The study also shows that populations change in pre-planting condition and afterwards (Díaz-Izabal, 2012). Bacteria such as *Azospirillum brasilense* had already been isolated from soils in the area and by HPLC, were shown to produce indoleacetic acid and anthranilic acid, furthermore, field tests increased sorghum yield 13 and 17% regarding to the non-inoculated control (García-Olivares *et*

al., 2008) y por HPLC se demostró que producen ácido indolacético y ácido antranílico, además de que en pruebas de campo incrementan el rendimiento de sorgo de 13 y 17% con respecto al testigo no inoculado (García-Olivares *et al.*, 2006; Hernández-Mendoza *et al.*, 2008; Mendoza-Herrera *et al.*, 2008).

La primera vez que fue usada la bacteria *A. brasilense* en esta región, como bioinoculante, en cultivos de sorgo, maíz y trigo fue en el ciclo agrícola otoño-invierno 1998/1999 en aproximadamente 30.000 ha. Esto como parte del Programa Nacional de Biofertilización, en una colaboración entre el INIFAP (Instituto Nacional De Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias), la SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) y la UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México). Los resultados fueron alentadores y se reportaron incrementos en rendimiento de grano, que variaron de 21 a 24% con respecto al testigo (Aguirre-Medina, 2004, Cortinas-Escobar, 2006).

Por otra parte, también se han empleado hongos para inocular sorgo y uno de ellos es *Rhizophagus (Glomus) intraradices*, cuyo mecanismo de acción, es colonizar la raíz e ingresar a las células radicales formando vesículas las cuales facilitan a la planta la obtención de agua, nutrientes y fósforo (Díaz-Franco *et al.*, 2013); el inoculante viene mezclado con arcilla en presentación de 500 g, suficiente para tratar una bolsa de semilla; es producido por el INIFAP y distribuido por una

al., 2006; Hernández-Mendoza *et al.*, 2008; Mendoza-Herrera *et al.*, 2008).

The first time that *A. brasilense* bacterium was used in this region, as a sorghum corn and wheat crops bio-inoculant, was in autumn-winter season, 1998/1999 agricultural cycle, in approximately 30,000 ha. This is a part of the National Biofertilization Program, in collaboration between INIFAP (National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock Research), SAGARPA (Secretariat of Agriculture, Livestock, Rural Development, Fisheries and Food) and the UNAM (National Autonomous University from Mexico). Results were encouraging and increases in grain yield were reported, which varied from 21 to 24% regarding to the control (Aguirre-Medina, 2004, Cortinas-Escobar, 2006).

On the other hand, fungi have been used to inoculate sorghum and other crops. One of them based on *Rhizophagus (Glomus) intraradices*, whose mechanism of action is to colonize roots and get inside radical cells forming vesicles which make easy water, nutrients and phosphorus absorption to the plant (Díaz-Franco *et al.*, 2013). The inoculant is mixed with clay in a 500 g presentation, enough to treat a seed bag; It is produced by INIFAP and distributed by a producer organization (PIFSV, 2012). The inoculation with these fungi increased the grain yield up to 30%, besides benefiting other physiological parameters such as an increase of chlorophyll content (Díaz-Moreno *et al.*, 2007; Cubillos *et al.*, 2009). In studies performed by metagenomic

organización de productores (PIFSV, 2012). La inoculación con estos hongos incrementó el rendimiento en grano hasta un 30%, además de beneficiar otros parámetros fisiológicos como aumento en el contenido de clorofila (Díaz-Moreno *et al.*, 2007; Cubillos *et al.*, 2009). En estudios realizados por métodos metagenómicos se reportaron más de 10 especies de hongos micorrízicos en suelos cultivados con maíz (González-Reyes, 2014).

La dosis de fertilización recomendada para la región por Montes *et al.*, (2010) sugieren que, en condiciones de riego, se adicionen 120-40-00 kg·ha⁻¹ de N, P y K, respectivamente. Sin embargo, debido al alto costo del fertilizante, muchos productores utilizan dosis bajas. Ante este contexto, ha resaltado la necesidad de desarrollar prácticas agronómicas que eleven la productividad de sorgo y promuevan un equilibrio en los agroecosistemas (Díaz-Franco *et al.*, 2008), tales como los biofertilizantes a base de hongos y bacterias. Bajo este contexto, el objetivo del trabajo es realizar un análisis del impacto económico del uso de biofertilizantes comerciales en el cultivo del sorgo en el norte de México.

Materiales y métodos

Los resultados aquí mostrados corresponden a una parte de una evaluación nacional de biofertilizantes comerciales, coordinada por la Fundación Produce, Tamaulipas A.C. y a nivel nacional por la UNAM y la COFUPRO (Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce, A.C.).

methods, more than 10 species of mycorrhizal fungi were reported in soils cultivated with corn (González-Reyes, 2014).

Fertilization dose recommended to the region by Montes *et al.*, (2010) suggests that, under irrigation conditions, 120-40-00 kg·ha⁻¹ of N, P and K, respectively, must be added. However, due to high fertilizer cost, many producers use lower doses. In this context, it has been highlighted the need to develop agronomic practices that increase the productivity of sorghum and promote the agroecosystems balance (Díaz-Franco *et al.*, 2008), such as biofertilizers use based on fungi and bacteria. Under this context the objective of this paper was to present an economic analysis of commercial biofertilizers used in sorghum crops at northeastern Mexico.

Materials and methods

Results showed, are from a partial national evaluation of commercial biofertilizers, coordinated by Produce Foundation, Tamaulipas A.C. and national level by UNAM and COFUPRO (National Coordinator of Produce Foundations, A.C.).

The establishment of experimental plots was carried out on a level land, calcareous origin, at 13 km from the municipal head of Valle Hermoso, Tamaulipas, (Palito Blanco vase located at 25,750806 N; 97,849155 W). The seed used for the evaluation was DKS 60.

For practical and management issues of evaluated treatments, area

El establecimiento de parcelas experimentales se realizó en un terreno nivelado, de origen calcáreo (80H¹), a 13 km de la cabecera municipal de Valle Hermoso, Tamaulipas (Palito Blanco, 25,750806 N; 97,849155 O). La semilla empleada en la evaluación fue DKS 60. Para cuestiones prácticas y de manejo de los tratamientos, el área se dividió en dos secciones. En cada una de ellas se distribuyeron parcelas de 96 surcos de 1.000 m de largo y 8,64 m de ancho. En la primer sección se aplicó el fertilizante químico en dosis recomendada (100 kg·ha⁻¹ de N32) y en la segunda, la fertilización reducida, es decir aplicando solo 75 kg·ha⁻¹. En cada sección se dejaron 3 lotes tratados con los inoculantes más el testigo. Cada tratamiento consistió en la siembra de 24 surcos que recibieron el tratamiento Agribest, los siguientes 24 surcos recibieron Ultraquimia, los siguientes 24, con Maxifer y los últimos 24 corresponden al tratamiento testigo.

En el manejo agronómicos del cultivo, en presiembra se realizó una aplicación de herbicidas para el combate de las malezas (Atrazina 1,5 L·ha⁻¹ + Amina 1 L·ha⁻¹). Durante el cultivo se efectuó la aplicación de insecticida para el combate del pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) que causó infestaciones severas en áreas circunvecinas. Se consideró, para esta investigación, que el costo de producción de sorgo·ha⁻¹, fue de 581 US\$·ha⁻¹, incluyendo desde la preparación del terreno, siembra y aplicación de agroquímicos (cuadro 1). Dadas las condiciones climáticas del ciclo agrícola, no fue necesario el riego, ya que la lluvia satisfizo las demandas del cultivo.

was divided into two sections. In each one of them, plots of 96 rows of 1,000 m long and 8.64 m wide were distributed. In the first section the chemical fertilizer was applied in recommended dose (100 Kg·ha⁻¹ of N32) and in the second, the reduced fertilization, that is, applying only 75 Kg·h⁻¹. In each section, 3 batches were treated with the inoculants more the control. Each treatment consisted in the sowing of 24 rows that received the Agribest treatment, the following 24 rows received Ultraquimia, the next 24 Maxifer and the last 24 the control.

Agronomic management consists, in pre-seeding an application of herbicides was applied before sowing to weed control (Atrazine 1.5 L·ha⁻¹ + Amina 1 L·ha⁻¹). An insecticide application was also carried out to control yellow aphid (*Melanaphis sacchari*) causing severe infestations in surrounding areas. It was considered, for this investigation, that sorghum cost production · ha⁻¹, was of 581 US \$ · ha⁻¹, including land labour, application of pre-emergent herbicide, fertilization (100 kg · ha⁻¹ of N32) and an application of insecticide to control yellow aphid and other cultural activities (table 1).

Regarding to agrochemicals application, an herbicide application was carried out in pre-seeding and another application of insecticide to control yellow aphid (*Melanaphis sacchari*). Given the climatic conditions of this agricultural cycle, irrigation in the crop was not necessary, since rain satisfied the demands of the crop.

Cuadro 1. Costos de producción del cultivo de sorgo riego en el norte de Tamaulipas (Información proporcionada por la Unidad Agrícola Regional del Norte de Tamaulipas).

Table 1. Production costs of irrigated sorghum in northern Tamaulipas (Information provided by the Regional Agricultural Unit of North Tamaulipas)

Actividad	Costo ha⁻¹ (dólares)
Preparación del terreno	191,00
Siembra	80,00
Fertilización	265,10
Labores culturales (raleo, rastreo, aporque, fertilización en el aporque)	71,30
Riegos	0
Control de plagas, malezas y enfermedades	74,20
Cosecha	79,10
Comercialización	21,00
Diversos	61,60
Costo Total·ha⁻¹	578,80

Tratamiento de la semilla

Los inoculantes utilizados fueron Agribest (*A.brasilense*), Uktraquim (*A.brasilense*) y Maxifer (*A.brasilense* y *Trichoderma harzianum*). La inoculación de la semilla (22 kg por bolsa) se realizó vaciándola en una lona limpia, después el inoculante en la dosis recomendada por el fabricante. En seguida se homogenizó y se dejó secar por 15 minutos a la sombra. Posterior a esto se realizó la siembra.

Estimación de rendimiento

La estimación se realizó empleando el método del 5 de oros (SAGARPA, 2009), recolectando de cada parcela

Seed treatment

The inoculants used were Agribest (inoculant based on *A.brasilense*), Uktraquim (inoculant based on *A.brasilense*) and Maxifer (inoculant based on *A.brasilense* and *Trichoderma harzianum*).

Seed inoculation (22 Kg/bag) was done by emptying the seed in a clean canvas with the inoculant dose recommended by the manufacturer. Then, it was mixed to homogenize and allowed to dry for 15 minutes in the shade.

Yield estimation

Five gold method (SAGARPA, 2009) was performed using, all 1

todas las plantas de 1 m lineal. Las plantas fueron cortadas al ras del suelo. Las muestras se tomaron por sextuplicado y los materiales obtenidos se llevaron al laboratorio donde se secaron y evaluaron los siguientes parámetros: número total de plantas por metro lineal (extrapolando el resultado a cantidad de plantas por hectárea), producción de biomasa, rendimiento y rentabilidad del cultivo.

Análisis económico del cultivo

Para los análisis de rentabilidad e impacto de los biofertilizantes, se usaron plantillas de Excel desarrolladas para la evaluación nacional en la Coordinación de Innovación y Desarrollo Servicios Tecnológicos, Universidad Nacional Autónoma de México. A partir de ellos se realizaron los cálculos de rentabilidad, productividad neta, balance de costos de producción, precio de venta y relación costo-beneficio. Para el cálculo de estas estimaciones se consideraron los precios de venta en el mercado libre, el precio dictado por la temporada y la venta del grano regido por el mercado internacional y pactado desde el inicio de la siembra y que es conocido como sistema de agricultura por contrato.

Análisis económico. Producción vs Venta mercado libre

En este el análisis se tomó en cuenta dos precios de venta para el grano cosechado; uno, cuando se inició el ciclo agrícola, realizado en el sistema de agricultura por contrato (el precio contratado fue de 0,2 US\$ kg⁻¹ de sorgo producido) (UARNT, comunicación personal). De

m linear plants were collected for each plot. The plants were cut at ground level. Samples were taken by sextuplicate and materials obtained were taken to the laboratory where were dried and evaluated the following parameters: total number of plants per linear meter (extrapolating the result to number of plants per hectare), biomass production, yield and profitability of the crop.

Crop economic analysis

Profitability and impact analysis of biofertilizers were performed by Excel templates developed for the national evaluation by the Technological Services Innovation and Development Coordination, National Autonomous University of Mexico. Calculations of profitability, net productivity, balance of production costs, sale price and cost-benefit ratio were made. For all this calculation it were considered the sale prices at the free market, the price dictated by the season and the sale of the grain governed by the international market and agreed upon from the beginning of sowing, known as the agricultural system by contract.

Economic analysis. Production vs Free market sale

In this analysis, two sale prices were taken into account for harvested grain; the first, when the agricultural cycle started, carried out in the contract farming system (the contract price was 0.2 US \$ kg⁻¹ of produced sorghum, UARNT, personal communication). The Second, at the time of harvest, the market price in free market, (highly fluctuating), was estimated at 0.14 US \$ kg⁻¹. The difference between these two parameters was that farmer who

otro lado el precio de comercialización en mercado libre, al momento de la cosecha (altamente fluctuante), se estimó en 0,14 US\$ kg⁻¹. La diferencia entre estos dos parámetros fue que el agricultor que comercializó su grano en mercado libre, recibió los fondos al momento de la entrega del grano, mientras que el del contrato, lo recibió cuando se comercializó el sorgo.

Resultados y discusión

El uso de insumos biológicos (inoculantes) agregados al momento de la siembra de sorgo tienen un impacto favorable en la rentabilidad del cultivo, ya que mejoran la relación costo-beneficio en favor de los productores; dicha relación alcanza un valor importante cuando se compara fertilización completa/venta contrato del fertilizante Agribest contra la fertilización completa/venta libre del lote testigo, en una relación de 2,0 a 1,0 respectivamente. Así mismo, los beneficios se observan como un incremento en la producción de biomasa (forraje), aprovechados en su caso de la alimentación de bovinos. Los rendimientos en las parcelas que recibieron biofertilizantes (toneladas-hectárea), es en todos los casos mayores comparadas con el lote testigo.

La cantidad de plantas ha⁻¹ al momento de la cosecha mostró diferencias con base al tratamiento y manejo del cultivo. En los tratamientos Ultraquimia y Maxifer, la cantidad de plantas fue mayor que en el testigo, tanto en la fertilización completa o parcial (75% de fertilizante), mientras que en el tratamiento de Agribest, fue menor (cuadro 2). En este sentido,

marketed his grain in free market, received funds of sorghum price when grain is delivered, meanwhile, the farmer that marketed by contract, received funds of sorghum price previously established in the contract.

Results and discussion

The use of biological products (inoculants) added at the time of sorghum sowing showed a favorable impact on the crop profitability, since it improves cost-benefit ratio in favour of producers; this relationship reaches an important value when comparing fertilizer Agribest complete fertilization / sale by contract against the control complete fertilization / free sale, showing a ratio of 2.0 to 1.0. Likewise, the benefits are observed in a great increase of biomass production (fodder), used for the feeding of bovines. Yields of plots that received biofertilizers (tons per hectare) are in all cases greater compared to the control group.

The amount of plants-ha⁻¹ at the time of harvest showed differences based on the treatment and management of the crop.

Number of plants of Ultraquimia and Maxifer treatments, was greater than the control, both in complete fertilization or partial (75% fertilizer), while Agribest treatment, was lower (table 2). In this sense, the difference may be due that Ultraquimia and Maxifer, are due to bacterial inoculants based on *A. brasilense*, whereas Agribest is composed of *A. brasilense* and *T. harzianum*. In this case no synergism in the plant growth

Cuadro 2. Cantidad de plantas por hectárea al momento de la cosecha, en sorgo inoculado con productos biológicos comerciales ciclo O.I-2013-2014.

Table 2. Number of plants per hectare at the time of harvest, from inoculated sorghum with commercial biological products. Autumn-winter cycle 2013-2014.

	Agribest	Ultraquim	Maxifer	Testigo
	(pl ha ⁻¹)	(pl ha ⁻¹)	(pl ha ⁻¹)	(pl ha ⁻¹)
Fertilización	258.607	287.556	285.626	274.047
Fertilización (75%)	264.397	293.346	274.046	274.047

la diferencia puede deberse a que Ultraquimia y Maxifer, son inoculantes bacterianos a base de *A. brasilense*, mientras que Agribest está compuesto de *A. brasilense* y *T. harzianum*. En este caso, entre ellos no se observó sinergismo en la estimulación de crecimiento entre estos agentes. Caso diferente y no evaluado, es la actividad antagonista de *T. harzianum* en contra de fitopatógenos, donde el cultivo no presentó sintomatología de daño.

En cuanto a la biomasa producida, se observó que el tratamiento fertilización completa más los inoculantes, produjo en promedio 1,0 t·ha⁻¹ más que el testigo (Cuadro 3). En cuanto al tratamiento de fertilización reducida mas inoculantes, la diferencia se amplió a 2,9 t·ha⁻¹ entre el testigo y Maxifer (cuadro 3). Lo anterior permite establecer que los inoculantes aportaron nutrientes

between these agents was observed. A different and not evaluated case is when *T. harzianum* is applied to control phytopathogens, but this case did not occur in this sorghum plot.

Regarding the biomass produced, it was observed that the inoculants - complete fertilization treatment produced on average 1.0 t·ha⁻¹ more than control (table 3). Reduce fertilization additional inoculants treatment showed a difference extended to 2.9 t·ha⁻¹ between control and Maxifer (Table 3). This meant that inoculants contributed with more nutrients to treated plants biomass, these results coincided with other productive responses (Rangel-Lucio *et al.*, 2014, García-Olivares *et al.*, 2006 Diaz-Franco *et al.*, 2008). According to these data, if it is desired to produce forage from sorghum, partial fertilization and the use of *A. brasilense* as an inoculant is adequate.

Cuadro 3. Estimación de la producción de biomasa seca de follaje a la cosecha de sorgo inoculado con productos biológicos comerciales ciclo O.I-2013-2014.

Table 3. Estimation of foliage production dry biomass from sorghum harvest inoculated by commercial biological products. Autumn-winter cycle 2013-2014.

	Fertilización completa(kg·ha ⁻¹)	Fertilización (75%) (kg·ha ⁻¹)
Agribest	11.203	10.691
Ultraquimia	11.261	10.624
Maxifer	11.029	10.961
Testigo	10.150	8.018

para la producción de biomasa a las plantas tratadas y estos resultados coincidieron con otras respuestas productivas en este cultivo (Rangel-Lucio *et al.*, 2014; García-Olivares *et al.*, 2006; Díaz-Franco *et al.*, 2008). De acuerdo a los datos anteriores, si se desea producir sorgo para forraje, es adecuada la fertilización parcial y el empleo de *A. brasilense* como inoculante.

También en el estado de Tamaulipas al probar biofertilizantes a base de micorrizas; se obtuvo un 15 % de incremento en producción de sorgo expresado en toneladas por ha⁻¹ (De La Torre 2009).

Por otra parte, se observó, en cuanto a la utilidad neta, que no hubo diferencia entre aplicar Agribest o Ultraquimia, sin embargo, si mostraron diferencia con respecto al testigo (cuadro 4). Esta misma tendencia fue reportada por Díaz-Franco *et al.* (2008).

Also, in the state of Tamaulipas when testing biofertilizers based on mycorrhizas, an additional 15% of sorghum production was obtained for h⁻¹ (De La Torre 2009). On the other hand, it was observed that, regarding the net profit, there was no difference between applying Agribest or Ultraquimia, however, they showed differences regarding the control (table 4). Same trend was reported by Díaz-Franco *et al.* (2008).

Free market sale modality commercialization, showed a maximum net profit with Ultraquimia biofertilizer, it was close to US \$ 314 ha⁻¹ (table 4). This value was higher than those reported of yields obtained by inoculating sorghum with *G. intraradices* (Díaz-Franco *et al.*, 2008). This information indicates that is highly profitable the sale by contract modality, since the producer also receives extra fiscal benefits (Regional Agricultural Union of North Tamaulipas, UARNT).

Cuadro 4. Análisis de venta de sorgo de grano comercializado por contrato o venta libre, producción de parcelas de sorgo inoculado con productos biológicos comerciales. Ciclo O.I-2013-2014.

Table 4. Sale analysis of sorghum grain marketed by contract or free sale, production of sorghum plots inoculated with commercial biological products. Autumn-winter Cycle 2013-2014.

Fertilización Completa/venta contrato	Costo tratamiento	Rendt. ha ⁻¹	Precio venta grano	Ingreso bruto	Costo producción	Utilidad neta
Testigo	0	6,2	0,2	1.320,5	810,3	492,1
Agribest	18,7	7,9	0,2	1.679,0	819,2	859,7
Ultraquimia	16,0	8,4	0,2	1.768,9	912,1	856,8
Maxifer	8,9	8,2	0,2	1.726,6	914,8	811,8
Fertilización completa/venta libre						
Testigo	0	6,2	0,14	905,1	899,4	5,6
Agribest	18,7	7,9	0,14	1.166,8	908,4	258,3
Ultraquimia	16,0	8,4	0,14	1.229,2	915,5	313,7
Maxifer	8,9	8,2	0,14	1.199,8	918,2	281,6
Fertilización parcial/venta contrato						
Testigo	0	7,1	0,2	1494,4	811,1	683,3
Agribest	18,7	7,2	0,2	1.514,7	820,0	694,7
Ultraquimia	16,0	7,3	0,2	1.538,2	912,8	625,3
Maxifer	8,9	7,7	0,2	1.633,1	915,5	717,5
Fertilización parcial/venta libre						
Testigo	0	7,1	0,14	1.038,5	811,1	227,4
Agribest	18,7	7,2	0,14	1.052,6	820,0	232,6
Ultraquimia	16,0	7,3	0,14	1.068,9	827,1	241,7
Maxifer	8,9	7,7	0,14	1.134,8	829,8	305,0

En el caso de la comercialización con la modalidad de venta en el mercado libre, la utilidad neta máxima se observó en los lotes tratados con el biofertilizante de Ultraquimia y fue cercana a los US\$ 314 ha⁻¹ (cuadro 4). Este valor fue superior a los reportados para rendimientos obtenidos inoculando sorgo con *G. intraradices* (Díaz-Franco *et al.*, 2008). A partir de esta onformación, se estima que rentable el realizar la venta por contrato, pues el productor además recibe beneficios fiscales extras (Unión Agrícola Regional del Norte de Tamaulipas, UARNT).

Al reducir la aplicación de fertilizantes en un 25%, la combinación en tratamiento con *A. brasilense* es donde se obtienen los mejores resultados, ya que la diferencia con el testigo fue de prácticamente 700 kg ha⁻¹. Resultados similares han sido reportados con anterioridad para esta región (Díaz-Franco *et al.*, 2008). En el caso de los otros dos tratamientos (Ultraquimia y Agribest), los rendimientos fueron similares y se separaron solo por unos 100 kg ha⁻¹ solamente (cuadro 4).

Los datos anteriores demuestran que la aplicación de inoculantes fue rentable para los usuarios, ya que en todos los casos el valor del producto cosechado fue más elevado que los costos de los insumos que se le adicionaron como inoculantes para el tratamiento de la semilla. En el Cuadro 5, se puede apreciar como lo anterior se tradujo en un máximo costo-beneficio, al comparar la fertilización completa/venta contrato del fertilizante Agribest contra la

By reducing 25% of fertilizers application, combination with treatment A. *brasilense* was the one that generated the best results, since the control difference was practically 700 kg · ha⁻¹. Similar results have been reported previously (Díaz-Franco *et al.*, 2008). When analyzing the other two treatments (Ultraquimia and Agribest), it was evidenced that yields were similar and only 100 kg · ha⁻¹ were the difference between them (Table 4).

Previous data showed that application of inoculants was profitable, since in all cases, value of harvested product was higher than inputs costs added as seed treatment inoculants. Table 5, showed how the previous application was translated into a maximum cost-benefit, when comparing the complete fertilization / sale by contract of the fertilizer agribest against the complete fertilization / free sale of the control (2.0 vs 1.0).

The technological package used to grain sorghum production at the municipality of Valle Hermoso, Tamaulipas state, Mexico was adequate, since as indicated by results described above (table 5), producers obtained a higher profit than grain production costs. It has been reported in previous studies (García-Olivares *et al.*, 2006, Díaz-Moreno *et al.*, 2007, Díaz-Franco *et al.*, 2008). Profit showed its highest level when grain marketing was made from the beginning, in the contract farming scheme. In addition, when this option was used, fiscal incentives for federal participation were obtained through

fertilización completa/venta libre del testigo (2,0 vs 1,0).

El paquete tecnológico empleado en la producción de sorgo de grano en el municipio de Valle Hermoso en el estado de Tamaulipas en México se considera adecuado, ya que como se muestra en los resultados anteriormente descritos (cuadro 5), los productores obtuvieron una ganancia superior a los costos de inversión para la producción del grano. Esto ha sido reportado en otros trabajos (García-Olivares *et al.*, 2006; Díaz-Moreno *et al.*, 2007; Díaz-Franco *et al.*, 2008).

La ganancia fue mas alta en el esquema de agricultura por contrato, que es cuando se pacta la comercialización del grano desde el principio. Además, cuando se usó de esta opción, se obtuvieron incentivos fiscales por participación federal a través del FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura) (comunicación personal,

the FIRA (Institutional Trusts in Relation to Agriculture).

The study showed benefits of sorghum grain seed inoculants use, evidenced in an increase of biomass (ton·ha⁻¹), and finally in a substantial improvement in the cost-benefit ratio, which in some cases, reached double when compare to the control plot. The study showed that profits can be obtained by commercialization or use in the increase of the biomass produced when reincorporating into the soil as a fertilizer or used as animal food.

Conclusions

Biofertilizers used in sorghum grain commercial parcels showed the benefits of their use through the increase in the number of plants·ha⁻¹ (Ultraquim reduced fertilization produced a 7.5% more compared to the control), in biomass production (Maxifer reduced fertilization

Cuadro 5. Relación costo-beneficio con diferentes inoculantes y dosis de fertilización en sorgo en Valle Hermoso, Tamaulipas México.

Table 5. Cost-benefit relationship with different inoculants and fertilization doses in sorghum at Valle Hermoso, Tamaulipas Mexico.

	fc/vc	fc/vl	fp/vc	fp/vl
Testigo	1,6	1,0	1,8	1,3
Agribest	2,0	1,3	1,8	1,3
Ultraquimia	1,9	1,3	1,7	1,3
Maxifer	1,8	1,3	1,8	1,4

(fc/vc=Fertilización completa/venta contrato. fc/vl= fertilización completa/venta libre. fp/vc= fertilización parcial/venta contrato. fp/vl= fertilización parcial/venta libre).

Unión Agrícola Regional del Norte de Tamaulipas, UARNT).

El estudio mostró también, que los beneficios del uso de inoculantes de semilla de sorgo para grano, se reflejó en un incremento en la biomasa producida ($\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$) y finalmente en una mejora sustancial en la relación costo-beneficio, que alcanzó en algunos casos el doble de lo obtenido en la parcela testigo. El estudio también mostró que se pueden obtener ganancias por comercialización o uso en del incremento de la biomasa producida al reincorporarla al suelo como abono o en alimentación de ganado.

Conclusiones

El empleo de biofertilizantes en las parcelas comerciales de sorgo de grano en las que fueron evaluadas, mostró los beneficios de su uso a través del incremento del número de plantas $\cdot\text{ha}^{-1}$ (Ultraquim en fertilización reducida produjo un 7.5 % más en comparación al testigo), en producción de biomasa (Maxifer en fertilización reducida produjo un 27 % más en kilogramos por hectárea con respecto al testigo), y en lo económico por el aumento en la rentabilidad del cultivo. Además de ello, se demuestra la conveniencia de efectuar al momento de la siembra la firma del convenio para la venta del producto en el sistema de agricultura por contrato y en la medida de lo posible evitar la venta en el mercado libre, pues no hay un precio de venta preestablecido y esto está regido por el libre comercio del grano al momento de la cosecha.

produced 27% more in kilograms per hectare compared to the control), and economically by the increase of crop profitability. In addition, it demonstrates the convenience of making, at the time of planting, a signing agreement in order to sale product in the system of agriculture by contract and as far as possible avoid the free market sale, since there is no pre-established sale price and then will be governed by the free trade of the grain at the time of harvest.

Gratefulness

Hernández Mendoza es becario EDI y COFAA IPN y SNI.

End of English version.

Agradecimientos

Hernández Mendoza es becario EDI y COFAA IPN y SNI.

Literatura citada

Aguirre-Medina, J.F. 2004. Biofertilizantes microbianos: Antecedentes del programa y resultados de validación en México. En: Memoria del Simposio de Biofertilización. Díaz- Franco A., Mayek-Pérez N, Mendoza A, Maldonado- Moreno N (eds.). INIFAP- Río Bravo, Tamaulipas, México

- Cortinas-Escobar, H.M. 2006. Memoria de la Reunión científica agropecuaria y forestal en Tamaulipas. SAGARPA, INIFAP, CIRNE. Memoria Científica No. 2. INIFAP Campo Experimental Río Bravo, Río Bravo, Tamaulipas, México. 148 p.
- Cubillos, J., N. Valero y L. Mejía. 2009. *Trichoderma harzianum* como promotor del crecimiento vegetal del maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa degener*). Agron. Colomb. 27(1):81-86.
- Dana, J. and C. Gilbert. 2009. Managing agricultural price risk in developing countries. p. 207-237. In: German H. (Ed.). Risk managements in commodity markets: From shipping to agriculturals and energy. Hoboken, New Jersey.
- De La Torre-Vargas Y. 2009. Análisis de rentabilidad para la producción de sorgo grano bajo cuatro paquetes biotecnológicos en el municipio de Méndez Tamaulipas. Tesis Licenciatura en Economía Agrícola y Agronegocios Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Disponible en: https://scholar.google.com.mx/r?st=art=10&q=+rentabilidad+sorgo+tamaulipas+&hl=es&as_sdt=0,5 Fecha de consulta: Julio 2018:
- Díaz-Izabal, A. 2012. Caracterización de poblaciones bacterianas en suelos cultivados con maíz en el Norte de Tamaulipas. Tesis Maestría en Ciencias en Biotecnología Genómica del Centro de Biotecnología Genómica del Instituto Politécnico Nacional. Disponible en: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/12296/TESIS%20ALEJANDRO%20DIAZ.pdf?sequence=3> Fecha de consulta: Julio 2017:
- Díaz-Franco, A., J. Salinas-García, F. Espinosa-Sandoval, M. Peña del Río, F. Garza-Requena y O. Grageda-Requena. 2014. Características de planta, suelo y productividad entre sorgo fertilizado e inoculado con micorriza arbuscular. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 5(3): 379-390
- Díaz-Franco, A., H. Cortinas-Escobar, M. De la Garza-Caballero, J. Valadez-Gutiérrez y M. Peña del Río. 2013. Micorriza arbuscular en sorgo bajo diferente manejo agrotecnológico y ambiental. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 4(2): 215-228
- Díaz-Franco, A., C. Jacques-Hernández, M.A. Peña del Río. 2008. Productividad de sorgo en campo asociada con micorriza arbuscular y *Azospirillum brasilense*. Universidad y Ciencia 24(3):229-237.
- Díaz-Moreno, R., A. Díaz-Franco, I. Garza-Cano y J. Ramírez de León. 2007. Brassinoesteroides e inoculación con *Glomus intraradices* en el crecimiento y la producción de sorgo en campo. Terra Latinoamericana 25:77-83
- García-Olivares, J., V. Moreno-Medina, I. Rodríguez-Luna, A. Mendoza-Herrera y N. Mayek-Pérez. 2007. Efecto de cepas de *Azospirillum brasilense* el crecimiento y rendimiento de grano del maíz. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 30 (3): 305-310
- García-Olivares, J., V. Moreno-Medina, I. Rodríguez-Luna, A. Mendoza-Herrera y N. Mayek-Pérez. 2006. Biofertilización con *Azospirillum brasilense* en sorgo, en el norte de México. Agric. Téc. Méx, México. 32(2):135-141
- Montes García N., H. Williams-Alanis, V. Pecina-Quintero, G. Arcos-Cavazos, E. Vargas-Valero, M. Espinosa-Ramírez, C. Herrera-Corredor. 2013 RB-NORTEÑO: Sorgo granífero para las áreas de temporal de Tamaulipas y Guanajuato. Disponible en http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/3957/CIRNE_010208137000049472ok.pdf?sequence=1 Fecha de consulta: abril 2018
- González-Reyes, J.A. 2014. Análisis metagenómico de hongos en suelos cultivados con maíz en el norte de Tamaulipas. Tesis de Maestría en Ciencias en Biotecnología Genómica IPN. 82 pp disponible en <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/22898/An%C3%A1lisis%20metagen%C3%B3mico%20de%20hongos%20en%20suelos%20cultivados.pdf?sequence=3&isAllowed=y> consulta abril de 2018.

- Hernández-Mendoza, J.L., J.D. Quiroz Velásquez, V. Moreno Medina y N. Mayek-Pérez. 2010. Efecto de diferentes concentraciones de ácido antranílico en el crecimiento del maíz. *Rev. Colomb. Biotecnol.* 12 (1): 57-63
- Hernández-Mendoza, J.L., J.D. Quiroz Velásquez, V. Moreno Medina y N. Mayek-Pérez. 2008. Biosíntesis de ácido antranílico y ácido indolacético a partir de triptófano en una cepa de *Azospirillum brasilense* nativa de Tamaulipas, México. *Avances en Investigación Agropecuarias*, 12(1):57-66.
- Lence, S. 2015: Modeling the market and welfare effects of Mexico's "agriculture by contract" program. *Amer. J. Agr. Econ.* 98(3): 925-945
- Méndez-Gómez M., E. Castro-Mercado y E. García Pineda. 2014. *Azospirillum* una rizobacteria con uso potencial en la agricultura. *Biológicas*, 16(1):11-18
- Mendoza-Herrera, A., A. Cruz-Hernández y C. Jacques-Hernández. 2008. Aislamiento, selección y evaluación de un inoculante basado en cepas nativas de *Azospirillum* en el norte de Tamaulipas. p. 137-152. En Díaz-Franco A.C. y Mayek-Pérez N (Eds). *La biofertilización como tecnología sostenible*. First Edition. Plaza y Valdés. Cd. de México.
- Montes, N., G. Salinas, J. González, P. Loredó y P. Díaz. 2010. Guía técnica de producción de sorgo dulce [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] en Tamaulipas. Reporte Técnico No. 49. Campo Experimental Río Bravo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Río Bravo, Tamaulipas, México, 35 pp.
- Pii, Y., T. Mimmo, N. Tomasi, R. Terzano, S. Cesco and C. Crecchio. 2015. Microbial interactions in the rhizosphere: beneficial influences of plant growth-promoting rhizobacteria on nutrient acquisition process. A review. *Biol Fertil Soils*. 51(4): 403-415.
- PIFSV (Patronato para la Investigación, Fomento y Sanidad Vegetal AC). 2012. (<http://pifsv.org.mx/>).
- Rangel-Lucio., J. R. Ramírez-Gama, F. Cervantes-Ortíz, M. Mendoza-Elos, E. García Moya y J. Rivera Reyes. 2014. Biofertilización de *Azospirillum* spp. y rendimiento de grano de maíz, sorgo y trigo. *Rev. Fac. Cienc. Agrar., Univ. Nac. Cuyo* 46(2): 231-238.
- SAGARPA, 2009. Manual Técnico de muestreo de productos agrícolas para determinación de residuos de plaguicidas. Ed SAGARPA. 16pp.
- USDA-RISK MANAGEMENT AGENCY. 2013. United States Department Agriculture. Available in: <https://www.rma.usda.gov/pubs/2013/portfolio/portfolio.pdf>. Date of consultation: July 2017.
- Shields, D.A. 2015. Federal crop insurance: Background | specialist in agricultural policy. Available in: <https://fas.org/sgp/crs/misc/R40532.pdf>. Date of consultation: August 2017
- Williams-Alanís H., V. Pecina-Quintero, N. Montes-García, O. Palacios-Velarde, G. Arcos-Cavazos y V. Vidal-Martínez. 2009. Reacción de Variedades de Sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para Grano a *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. *Rev. Mex. Fitopatol.* 27(2):148-155.