

RESPUESTA DE ALGUNOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE GARBANZO (*Cicer arietinum* L.) A LA INOCULACIÓN DE *Mesorhizobium ciceri*, *Trichoderma harzianum* Y *Bacillus subtilis* EN LA REGIÓN AGRÍCOLA DE LA COSTA DE HERMOSILLO

RESPONSE OF SOME CHICKPEA (*Cicer arietinum* L.) CROP YIELD COMPONENTS TO THE INOCULATION OF *Mesorhizobium ciceri*, *Trichoderma harzianum* AND *Bacillus subtilis* IN THE AGRICULTURAL REGION COSTA DE HERMOSILLO

José Alberto Ávila Miramontes¹, Gerardo Padilla Zaldo¹, Damián Martínez Heredia¹, Francisco José Rivas Santoyo¹, Miguel Ángel Coronado Espericueta¹, Pedro Ortega Murrieta²

¹ Departamento de Agricultura y Ganadería, Universidad de Sonora;

² Centro de Investigaciones Regionales del Noroeste-Campo Experimental Costa de Hermosillo.

RESUMEN

Este trabajo se llevó a cabo en las instalaciones del Departamento de Agricultura de la Universidad de Sonora en un suelo de textura franco arenoso-arcilloso, la siembra se efectuó el día 19 de diciembre en la variedad de garbanzo Blanoro, en camas de 1.5 m de separación y a doble hilera. Los tratamientos consistieron en la inoculación de los microorganismos *Mesorhizobium ciceri* (Mc), *Trichoderma harzianum* (Th) y *Bacillus subtilis* (Bs), solos y en combinación, en contraste con la fertilización nitrogenada (90-50-00). Los tratamientos a base de *M. ciceri* tuvieron un mayor número de nódulos por planta en comparación con los tratamientos con la fertilización nitrogenada, así mismo se encontró que los tratamientos con *M. ciceri* + *B. subtilis* presentaron mayor nodulación en comparación con el resto de los tratamientos. Resultados similares se encontraron en el peso de 100 granos ya que los tratamientos con *M. ciceri* fueron significativos en comparación con la fertilización nitrogenada. En rendimiento se encontró que los tratamientos a base de *T. harzianum* solo o combinado obtuvieron los rendimientos más altos, sobresaliendo la triple inoculación (Th+Bs+Mc) con valores de 3.33 t ha⁻¹, mostrando diferencias significativas con respecto a la fertilización nitrogenada.

Palabras clave: *Trichoderma*, *Bacillus*, *Mesorhizobium*, Inoculación, Fertilización.

ABSTRACT

This work was carried out at the research station of the Agriculture Department of the University of Sonora, on a sandy-loam soil, seeding was performed on december 19 in the chickpea variety Blanoro in 1.5 m apart and double row beds. Treatments consisted of inoculation of microorganisms: *Mesorhizobium ciceri* (Mc), *Trichoderma harzianum* (Th) and *Bacillus subtilis* (Bs) alone and in combination, in contrast to nitrogen fertilizer (90-50-00). Treatments based on *M. ciceri* had a greater number of nodules per plant compared with the nitrogen fertilization treatments, the treatment with *M. ciceri* + *B. subtilis* showed higher nodulation compared to

the rest of the treatments. Similar results were found in the weight of 100 grains as *M. ciceri* treatments were significant compared to nitrogen fertilization. The treatments with *T. harzianum* alone or in combination had the highest yields, standing triple inoculation (Th + Bs + Mc) with 3.33 t ha⁻¹ showing significative differences in contrast with nitrogen fertilization.

Key words: *Trichoderma*, *Bacillus*, *Mesorhizobium*, Inoculation, Fertilization.

INTRODUCCIÓN

En la región agrícola de la costa de Hermosillo el garbanzo se ha mantenido dentro del patrón de cultivos extensivos de importancia, debido a que en los últimos años el mercado ha mantenido precios atractivos para el productor. En el ciclo agrícola 2013 se sembraron a nivel nacional un total de 123,895 ha de garbanzo para grano, siendo los estados de Sinaloa y Sonora los de mayor superficie con 80,848 y 24,811 ha respectivamente. Participando la costa de Hermosillo con una superficie de 10,110 ha (SIAP, 2014). Dentro de la problemática que enfrenta este cultivo podemos mencionar la incidencia de enfermedades, de las cuales la rabia del garbanzo es de las más importantes. La rabia del garbanzo es ocasionada por un complejo de hongos nativos del suelo como los son: *Fusarium oxysporum* f. esp *ciceris* (Foc), *Fusarium solani*, *Macrophomina phaseolina*, *Rhizoctonia solani* (Carrillo-Fasio, 2011). Uno de los aspectos importantes en la explotación de garbanzo y de varios cultivos leguminosos, es su íntima relación simbiótica con bacterias fijadoras de nitrógeno. Sin embargo se le presta poca atención al hecho de que una buena relación simbiótica, nos puede reducir la cantidad de nitrógeno inorgánico utilizado en la fertilización, reduciendo los costos de producción y su contribución en la reducción de los riesgos de contaminación al medio ambiente (contaminación de los mantos acuíferos con NO₃⁻, eutrofización, lluvia ácida y calentamiento global). Otro aspecto que podemos mencionar es que los fertilizantes sintéticos presentan una baja eficiencia (≤50%) para ser asimilados por

*Autor para correspondencia: José Alberto Ávila Miramontes
 Correo electrónico: javila@guayacan.uson.mx

Recibido: 28 de enero de 2015

Aceptado: 20 de agosto de 2015

los cultivos. Una de las alternativas que podemos utilizar para frenar esto es el uso de bio-fertilizantes, que son preparados con microorganismos y que aplicados al suelo y/o planta que pueden sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética. La respuesta de los bio-fertilizantes varía considerablemente, dependiendo de los microorganismos, tipo de suelo, especies de plantas, y condiciones ambientales. La recomendación del uso de biofertilizantes debe hacerse inicialmente como un complemento a la fertilización sintética, con visión de sustituirla a mediano o largo plazo de acuerdo a las condiciones de suelo, manejo y respuesta del cultivo (Armenta-Bojórquez, 2010).

Entre los diferentes sistemas biológicos capaces de fijar N_2 atmosférico, la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa constituye con la mayor cantidad aportada al ecosistema y a la producción de alimentos. Aunque hay diversas asociaciones que contribuyen a la fijación biológica del N_2 , en la mayoría de lugares agrícolas la fuente primaria (80%) del nitrógeno fijado biológicamente ocurre a través de dicha simbiosis. Se estima que esta puede oscilar entre 200 y 250 kg. N ha⁻¹ año⁻¹, constituyendo la asociación más elaborada y eficiente entre plantas y microorganismos (Paredes, 2013).

La inoculación con cepas de Bacterias Fijadoras de Nitrógeno Formadoras de Nódulos en Leguminosas (BFN-FNL) altamente eficientes y adaptadas a las condiciones ambientales dominantes, se utiliza en algunos países con un pequeño y selecto grupo de leguminosas con el propósito de reemplazar el uso de fertilizantes químicos de nitrógeno. En Brasil, la inoculación con cepas de *Bradyrhizobium* reemplaza completamente la aplicación de fertilizantes sintéticos para el caso de soya (Moreira, 2012). Una extensión reciente de conocimientos acerca de las bacterias formadoras de nódulos en leguminosas fue el descubrimiento que estableció que las bacterias pertenecientes a la clase β -proteobacteria (género *Burkholderia* y *Rastonia/Cupriavidus*) y otras familias de la clase de α -proteobacteria (*Methylobacterium* y *Dovosia*) también pueden formar nódulos en leguminosas (Moreira, 2012; Antoun y Prévost, 2006). En el caso de garbanzo la bacteria específica es *Mesorhizobium ciceri* (*Rhizobium leguminosarum* biovar *ciceri*). En algunos trabajos la inoculación con *M. ciceri* + la reducción (70 y 50 kg·ha⁻¹) en la fertilización nitrogenada mostraron los valores más altos en cuanto a la biomasa de garbanzo en comparación con la aportación del 100 % de nitrógeno, así como en el número de nódulos por planta, sin embargo no se obtuvieron diferencias significativas en la fertilización nitrogenada sola (100 kg·ha⁻¹) con la inoculación sola o combinada de *M. ciceri* con dosis bajas de nitrógeno (Dibut *et al.*, 2005). Aspectos importantes del cultivo del garbanzo como su fenología también son afectados por la inoculación de *Rhizobium* (*M. ciceri*), tales como: días a floración, formación de vainas y días a madurez (Namvar y Sharifi, 2011)

Para el control de la rabia del garbanzo se han utilizado diferentes métodos, siendo el desarrollo de variedades resistentes uno de los más utilizados. Sin embargo la gran complejidad de sus agentes causales y su transformación

provocan que este sea de mediano a corto plazo. El uso de fungicidas en el tratamiento a la semilla es otra forma de reducir el impacto de esta enfermedad, con el consabido deterioro del medio. Así pues el uso de agentes biocontroladores es mucho más seguro y presumiblemente menos contaminante del ambiente que los productos químicos (Merkuz y Getachew, 2012). Otro aspecto a considerar en el uso de este tipo de organismos, es el hecho de que son capaces de promover el desarrollo de los cultivos mediante la liberación de promotores de crecimiento. En los últimos años se han establecido varios trabajos mediante el uso de microorganismos antagonistas, como bacterias y hongos, para el control de la rabia (también llamada "secadera") del garbanzo, bajo condiciones experimentales y semi comerciales; se ha utilizado a *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Trichoderma spp.* y algunas especies de micorriza del género *Glomus*, considerando su diversidad de mecanismos de acción (Carrillo-Fasio, 2011; Carrillo-Fasio y Molar-García, 2012). *Bacillus subtilis* posee muchas características como un excelente agente bio-controlador, produce el antibiótico conocido como *iturin* que tiene acción efectiva contra fitopatógenos (Mendoza *et al.*, 1995; Liu *et al.*, 2006). La presencia de bio surfactantes está involucrada en la formación de una bio película gruesa y estable lo cual, junto con la liberación de moléculas proteicas antifúngicas posicionan a esta bacteria en una situación ventajosa en relación a la competencia que existe en la microbiota del suelo (Sarti y Miyazaki, 2013). La aplicación conjunta de varios de estos organismos de acuerdo a Sarti y Miyazaki (2013) se considera más efectiva que en forma independiente, en donde la co-inoculación de *B. subtilis* con *Bradyrhizobium japonicum* benefició la infectividad de esta última, aumentando el número de nódulos en las raíces de las plantas de soya. Dicho aumento favoreció el desarrollo de la parte radicular y aérea de la planta, con un aumento en el crecimiento de la planta completa 125 %, parte aérea 100 %, raíz 235 %, número de hojas 20 % y número de nódulos 88 %, con respecto al testigo. Lo mismo fue reportado por Verma, *et al.*, (2009) en donde se co-inoculó con las bacterias (PGPR) *Pseudomonas fluorescens*, *Azotobacter chroococcum* y *B. megatritium* con *M. ciceri* en garbanzo obteniéndose un incremento significativo en el número de nódulos, peso seco de los nódulos, peso de raíz y porción aérea, así como en el número de granos.

Otro de los microorganismos más utilizados como biocontrolador de fitopatógenos es el hongo *Trichoderma* Rifai, el cual muestra una amplia gama de hospedantes y dentro de ellos están los hongos fitopatógenos de importancia, tales como: *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (E.F. Smith) Snyder y Hans, *Fusarium roseum* Link, *Botrytis cinerea* Pers, *Rhizoctonia solani* Kühn, *Sclerotium rolfsii* Sacc., *Sclerotinia spp.*, *Pythium spp.*, *Phytophthora spp.*, *Alternaria spp.*, entre otros (Infante *et al.*, 2009; Ezziyani *et al.*, 2004). Los mecanismos por los que las cepas del género *Trichoderma* desplazan al fitopatógeno son fundamentalmente de tres tipos: **1.-** Competición directa por el espacio o nutrientes. **2.-** Producción de metabolitos antibióticos, ya sean de naturaleza volátil o

no volátil. **3.-** Parasitismo directo de determinadas especies de *Trichoderma* sobre hongos fitopatógenos (Ezziyyani *et al.*, 2004; Benítez *et al.*, 2004). Al igual que *B. subtilis*, *T. harzianum* produce numerosos antibióticos como son: *trichodermina*, *suzukacilina*, *alameticina*, *dermadina*, *trichotecenos* y *trichorzianina* (Martinez, 1998), además de otros antibióticos como *gliotoxina* y *viridina* (Infante, 2009), otro aspecto favorable de *Trichoderma*, es que excreta metabolitos, como: *celulasas*, *glucanasas*, *lipasas*, *proteasas*, *quitinasas*, y β -1-3-Glucanasa (Paredes-Escalante *et al.*, 2011) que participan en la lisis de la pared celular de las hifas del hospedante, facilitando la inserción de estructuras especializadas y de hifas de *Trichoderma*, que absorben nutrientes del interior del hongo fitopatógeno (Eveleigh *et al.*, 1986).

Por lo anteriormente expuesto es que se propuso establecer este trabajo para determinar el comportamiento en el desarrollo de la planta de garbanzo y el efecto de la inoculación a la semilla de los micro organismos *T. harzianum*, *B. subtilis* y *Mesorhizobium ciceri*, tanto en el desarrollo en la nodulación de sus raíces como en aspectos relativos a su producción y los beneficios que arrojaría su utilización en el medio productivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en las instalaciones del campo agrícola experimental del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, ubicado en el kilómetro 21 de la carretera a Bahía Kino con coordenadas 29° 00' 48.42" latitud Norte y 111° 08' 12.94" longitud oeste, en el ciclo agrícola otoño-invierno 2013/2014.

Los tratamientos consistieron en la inoculación de dos agentes biocontroladores de *Foc* y promotores de crecimiento (*Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis*) en combinación con la bacteria fijadora de nitrógeno (*Mesorhizobium ciceri*) en el cultivo de garbanzo, además de la fertilización nitrogenada. Quedando constituidos los tratamientos de la siguiente forma: 1).- *M. ciceri* 2).- *M. ciceri* + *Trichoderma harzianum* 3).- *M. ciceri* + *Bacillus subtilis* 4).- *M. ciceri* + *T. harzianum* + *Bacillus subtilis*, 5).- *T. harzianum* + *Bacillus subtilis* + 90-50-00, 6).- *T. harzianum* + 90-50-00, 7).- *Bacillus subtilis* + 90-50-00, 8).- Fertilización (90-50-00) y 9).- *M. ciceri* (rep)

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. La unidad experimental consistió en la siembra de tres camas con una separación de 1.5 m y a doble hilera y una longitud de 6 m. La siembra se hizo en forma manual en húmedo el día 19 de diciembre, bajo un sistema de riego por cinta. Los tratamientos se aplicaron en forma asperjada con mochila de 10 L al momento de la siembra y sobre la línea de siembra, depositando primero la semilla y después la aspersión, posteriormente se tapó junto con la semilla. Las dosis fueron de 2 L de *T. harzianum* (1.2×10^6 unidades formadoras de colonias *ufc*) por 1000 litros de solución, 2.0 L de *B. subtilis* (12×10^8 *ufc*) y 8 kg/ha de *M. ciceri* (8×10^7 *ufc*). La profundidad de siembra fue de unos 8 cm aproximadamente. El análisis estadístico se efectuó a través del análisis de varianza para el modelo $Y_{ij} = \mu + \beta_j + T_i + \epsilon_{ij}$,

utilizando el paquete estadístico JMP v.6 de SAS Institute.

Las variables que se evaluaron fueron: **1.- Numero de nódulos por planta**, para lo que se seleccionaron cinco plantas por parcela al azar antes del llenado de grano, las plantas se sacaron y se lavó la raíz, posteriormente se contabilizaron los nódulos mayores de 2 mm, **2.- Días a Madurez**, esta se determinó cuando más del 50% de las plantas en la parcela se tornaron de color amarillo y el 50% de sus vainas cambiaron de color (datos no se presentan) **3.- Numero de flores por planta**, para la toma de estos datos se seleccionaron al azar 5 plantas por parcela al inicio de floración y se efectuaron mediciones cada 7 días hasta final de floración, **4.- Numero de vainas por planta**, al final de la floración e inicio de maduración se seleccionaron 5 plantas por parcela a las cuales se les contabilizó el total de vainas por planta y se obtuvo su promedio, **5.- Peso de 100 granos**, después de cosechar cada parcela se seleccionó una muestra aleatoria de 1000 g de grano y se extrajeron y pesaron 2 muestras de 100 granos cada una para determinar su peso promedio, **6.- Rendimiento de grano**, **7.- Calibre**, para lo cual se extrajeron tres muestras al azar de 30 g cada una, se contabilizó el número de granos por cada 30 g para determinar su calibre. **7.- Porcentaje de Grano de Exportación**, la muestra de 1000 g se hizo pasar por una malla de 9 mm, pesándose el grano que pasaba y determinándose su porcentaje (datos no mostrados).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas en el número de nódulos por planta, sin embargo se observó una clara tendencia en los tratamiento a base de *M. ciceri* los cuales mostraron los valores más altos en comparación con el resto de los tratamientos. Al contrastar los tratamientos con *M. ciceri* versus Fertilización nitrogenada se encontró una alta significancia ($Pr \geq F_0 = 0.002184$), así mismo al contrastar los tratamiento *M. ciceri* + *B. subtilis* con el resto de los tratamientos también se presentó alta significancia ($Pr \geq F_0 = 0.008462$), concordando con lo encontrado por Verma, (2014), Sarti y Miyazaki, (2013); Rokhzadi, (2008) y Rokhzadi y Toashih, (2006) y en cambio al contrastar los tratamiento a base de *T. harzianum* vs sin *T. harzianum* y *B. subtilis* vs tratamientos sin *B. subtilis* no se mostraron diferencias significativas. Cabe resaltar el hecho que a pesar que en los tratamientos a los cuales no se inoculó con *M. ciceri*, se presentaron diferentes grados y tipos de nódulos, lo que posiblemente se pueda deber a que existen en el suelo bacterias nativas (especies no determinadas) capaces de nodular al garbanzo y que compitieron con los tratamientos a base de *M. ciceri*.

Numero de vainas por planta; en esta variable tampoco se encontraron diferencias significativas entre los tratamiento, pero se pudo apreciar que los tratamientos a base de *T. harzianum* solo o en combinación con *B. subtilis* y *M. ciceri* fueron los que obtuvieron el mayor número de vainas con valores de 39, 33 y 32 vainas por planta (Tabla 1) sobresaliendo la triple inoculación (*T. harzianum* + *B. subtilis* + *M. ciceri*), así como en la fertilización nitrogenada con 33

Tabla 1. Comportamiento en la nodulación, número de vainas, peso y calibre del grano, y rendimiento a la inoculación con *M. ciceri*, *T. harzianum* y *B. subtilis* y la fertilización nitrogenada en la variedad de garbanzo Blanoro en el ciclo 2013/2014.

Table 1. Behavior in nodulation, number of pods, grain weight and size, and performance inoculation with *M. ciceri*, *T. harzianum* and *B. subtilis* and nitrogen fertilization on chickpea variety Blanoro, cycle 2013 / 2014.

Tratamiento	Nódulos Planta-1	Vainas Planta-1	Peso de 100 granos	Calibre de grano	Rendimiento t·ha-1	DMS
Meso + Th +Bs	177.1	39.1	72.8	41.0	3.337	a
Th +Bs +90-50-00	71.4	33.3	69.3	43.5	3.070	a b
Th +90-50-00	32.4	32.5	70.3	43.2	3.044	a b c
90-50-00	76.1	33.0	66.7	43.7	2.974	b c d
Meso + Bs	243.6	28.3	73.0	41.7	2.856	b c d
Meso + Th	132.5	28.1	71.8	42.2	2.707	d
Meso	175.1	28.4	71.7	42.3	2.683	d
Bs + 90-50-00	58.5	25.3	71.3	42.3	2.619	d
A de V (Pr ≥ F)	0.0736	0.5120	0.0800	0.53.93	0.0048**	

vainas por planta coincidiendo a lo encontrado por Siddiqui y Akhtar, (2007).

Peso de 100 granos, en el análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo se observó una clara tendencia de los tratamientos a base de *M. ciceri*, ya que fueron los tratamientos que mostraron los pesos más altos, por lo que se procedió a efectuar una prueba de contrastes ortogonales, contrastando en primer lugar los tratamiento a base de *M. ciceri* vs fertilización nitrogenada, así como contrastes con *T. harzianum* y *B. subtilis* vs sin inocular. Dentro de los resultados obtenidos, solo se encontró alta significancia en el contraste de *M. ciceri* vs fertilización nitrogenada ($Pr \leq 0.004$), al igual a lo encontrado por González *et al.*, (2012), en cambio en los contrastes de *T. harzianum* y de *B. subtilis* vs sin inocular no se presentó significancia alguna. En el cuadro se puede apreciar que los valores en el peso de 100 granos fluctuó de 66 a 73 g, donde los tratamiento con la triple inoculación (*T. harzianum*+ *B. subtilis* + *M. ciceri*), de *B. subtilis*+ *M. ciceri*, *T. harzianum* + *M. ciceri* y *M. ciceri*, mostraron los valores más altos con 72,8; 73,0; 71,8 y 71,7 g (100 granos)⁻¹. En cuanto al calibre, no se encontraron diferencias significativas en los tratamientos, sin embargo podemos mencionar que en términos generales todos los tratamiento obtuvieron un excelente calibre, ya que estos fluctuaron entre 41 y 44 granos· (30 g)⁻¹, lo que los ubica entre los calibres 4X y 3X (Morales *et al.*, 2002). Al igual que en la variable peso de 100 granos, nuevamente los tratamientos con la triple inoculación y de *B. subtilis* + *M. ciceri*, fueron los que mostraron los valores más altos de calibre con 41 y 41,7 granos· (30 g)⁻¹, en cambio los tratamientos con la fertilización nitrogenada: Fertilización +*T. harzianum* +*B. subtilis* y Fertilización+ *T. harzianum*, obtuvieron los calibres más bajos con valores de 43,7; 43,5 y 43,2 granos·(30 g)⁻¹, respectivamente.

Floración. Las primeras flores aparecieron a partir de la primer semana de febrero, presentándose en forma uniforme el día 6 de febrero en todas las unidades experimentales,

por lo que se decidió a partir de esta fecha, a contabilizar el número de flores semanalmente, seleccionándose al azar cinco plantas en cada unidad experimental, hasta finales de floración. En lo que respecta al número de flores por hectárea en los diferentes muestreos, no se presentaron diferencias significativas entre los ocho tratamientos, sin embargo puede observarse en la Figura 1, que el tratamiento *T. harzianum* + fertilización, fue el que mostró mayor precocidad y mayor periodo de formación de flores, además fue el que mantuvo una mayor uniformidad en su emisión. En forma general se observó que el periodo de floración se mantuvo desde el 6 de febrero hasta el 14 de marzo en la mayoría de los tratamientos, presentando su pico máximo de emisión de flores en la segunda y tercera semana de floración. En cuanto al número total de flores por tratamiento, tampoco se observaron diferencias significativas, sin embargo nuevamente el tratamiento de *T. harzianum* + fertilización, mostró un mayor número de flores, reforzando el hecho de que fue el tratamiento con un periodo más largo y constante de emisión de

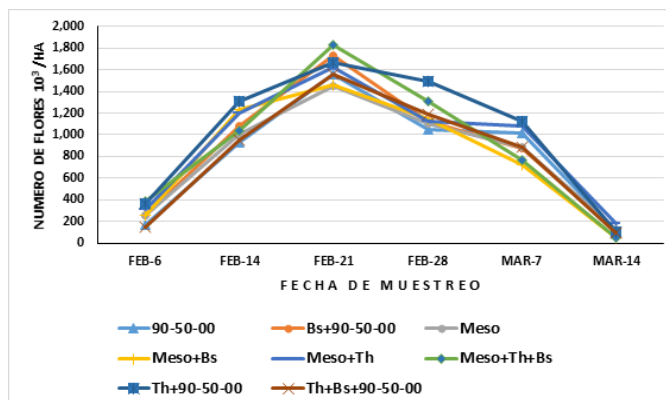


Figura 1. Comportamiento de la floración y número de flores a la inoculación con *M. ciceri*, *T. harzianum* y *B. subtilis* y la fertilización nitrogenada en la variedad de garbanzo Blanoro en el ciclo 2013/2014.

Figure 1. Behavior of flowering and number of flowers to the inoculation with *M. ciceri*, *T. harzianum* and *B. subtilis* and nitrogen fertilization on chickpea variety Blanoro, cycle 2013/2014.

fructificaciones, siguiéndole el tratamiento de *T. harzianum* + *M. ciceri*.

En el análisis de varianzas se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos para la variable rendimiento en t·ha⁻¹, por lo que se procedió a realizar una comparación de medias mediante la prueba de la Diferencia Mínima Significativa (DMS) a un nivel del 5% utilizando el paquete estadístico JMP v6, encontrando que los tratamientos a base de *T. harzianum* fueron los que obtuvieron los rendimientos más altos, a excepción de *T. harzianum* + *M. ciceri*, sobresaliendo la triple inoculación (*T. harzianum* + *B. subtilis* + *M. ciceri*), *T. harzianum* + *B. subtilis* + fertilización y *T. harzianum* + fertilización, con rendimientos de 3,3; 3,070 y 3,044 t·ha⁻¹ respectivamente, mostrando la triple inoculación diferencias con respecto a la fertilización nitrogenada, resultados similares a lo encontrado por Verma,(2014); Rokhzadi y Toashih, (2011); Borbón-García, (2010); Rokhzadi, (2008) y Arellano-Saldaña (2007).

Incidencia de Rabia.- Para analizar el efecto de rabia del garbanzo se optó por contabilizar el número de plantas enfermas encontradas en cada parcela a finales de floración, donde se pudo apreciar que todas las parcelas presentaron plantas con síntomas característicos de la enfermedad. Se aislaron e identificaron a los hongos *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* y *Macrophomina phaseolina* en plantas que mostraron síntomas de la enfermedad. No se presentaron diferencias significativas en cuanto al número de plantas enfermas entre tratamiento en base a la prueba de *Kruskal-Wallis*, obteniendo un valor de $X^2 = 4.41$ con una *Prob.* $\geq X^2$ de 0.7311. Sin embargo se pudo observar que conforme las plantas se acercaban a su madurez el número de plantas enfermas se fue incrementando y a pesar que al final del ciclo todos los tratamientos presentaron estos síntomas, la mayoría de las parcelas con tratamientos a base de *T. harzianum* solo y en combinación con *B. subtilis* retrasaron al menos una semana los síntomas de la enfermedad, lo que presumiblemente ayudó a que estos patógenos no afectaran en forma drástica los rendimientos.

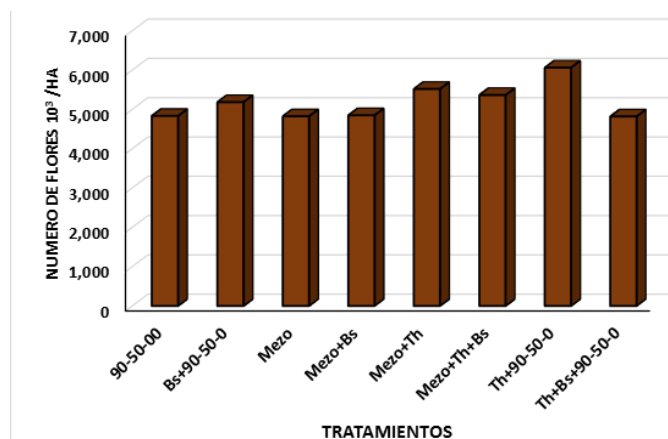


Figura 2. Efecto de la inoculación de *T. harzianum*, *B. subtilis* y *M. ciceri*, en comparación con la fertilización nitrogenada, en el número total de flores.
Figure 2. Effect of inoculation of *T. harzianum*, *B. subtilis* and *M. ciceri*, compared with the nitrogen fertilization, in the total number of flowers.

CONCLUSIONES

No se encontró una relación estrecha en cuanto a la nodulación y el rendimiento de grano ya que los tratamientos con *M. ciceri* mostraron rendimientos bajos, esto posiblemente se debió a que no todos los nódulos eran funcionales, concordando con González-Leyva *et al.*, 2012 en donde reporta que solo un 50 % de los nódulos eran funcionales.

La inoculación conjunta de *T. harzianum* + *B. subtilis* + *M. ciceri* incrementaron el rendimiento del grano de garbanzo en la variedad Blanoro en comparación con la fertilización nitrogenada y/o inoculación sola de *M. ciceri*, concordando con lo expuesto anteriormente, en que la inoculación conjunta de varios micro organismos es mejor que hacerlo en forma simple (Verna, 2004; Sidiqui y Akhar, 2007; Verna, 2009; Sarti, 2014).

Se observó que todos los tratamientos fueron afectados por la rabia del garbanzo, sin embargo los tratamientos con *T. harzianum* y *B. subtilis* en forma combinada o sola, retardaron su efecto nocivo en las plantas lo que pudo haber favorecido a un mayor rendimiento.

El uso de microorganismos como biofertilizantes y agentes biocontroladores de enfermedades fungosas en garbanzo, puede ser una herramienta efectiva en la producción de garbanzo y en el manejo integrado de enfermedades en este cultivo.

REFERENCIAS

- Antoun H. y Prévost D. 2006. Ecology of Plant Growth Promoting Rhizobacteria. En PGPR: Biocontrol and Biofertilization. Siddiqui. Z.A. (ed). Ed. Springer. Netherlands. e-book. www.springeronline.com
- Arellano-Saldaña, J. 2007. Biofertilización y Fertilización inorgánica y su efecto en la incidencia de *Fusarium* en la Producción de Garbanzo en Sinaloa. SAGARPA-INIFAP-CIRNO-CEVCU. Avances de Investigación del CEVACU. Pp. 12-18
- Armenta-Bojórquez, A.D., C. García-Gutiérrez. R. Camacho-Báez, M.A. Apodaca-Sánchez, L. Gerardo-Montoya, E. Nava-Pérez. 2010. Biofertilizantes en el Desarrollo Agrícola de México. Ra Ximhai 6(1):51-56
- Benítez, T., A.M., Rincón, M.C. y Limón, A. C. 2004. Biocontrol Mechanisms of *Trichoderma* Strains. International Microbiology 7:249-260.
- Borbón-García, A. 2010. Fertilización Orgánica en el Cultivo de Garbanzo. . En VI Jornada de Transferencia Tecnológica del cultivo del Garbanzo. Memoria de Capacitación. Fundación Produce Sinaloa-SAGARPA. Gob. Sinaloa. Pp.: 7-15.
- Carrillo J.A., Molar, R. y García E. 2012. Métodos Preventivos para el Control de la Rabia y Mildiú del Garbanzo. En VIII Jornada del Cultivo e Garbanzo. Memorias de Capacitación. Fundación Produce Sinaloa-SAGARPA-Gob. de Sinaloa. Pp: 43-49.
- Carrillo, J.A. 2011. Manejo de la rabia del Garbanzo. En VII jornada de Transferencia de Tecnología. Memorias de Capacitación. Fundación Produce Sinaloa-SAGARPA- Gob. de Sinaloa. Pp: 31-35
- Dibut B., Shagarosky, T., Martínez, M., Ortega, y Ríos, L. F. 2005. Biofertilización del Garbanzo (*Cicer arietinum* L) con

- Mesorhizobium cicerii* Cultivado sobre Suelo Ferralítico Rojo. Cuba. Cultivos Tropicales 26(1):5-9
- Eveleigh, D.E., Demain, A.L. y Solomon, N. 1986. *Trichoderma*. Biology of industrial microorganisms. Biotech Ser. (Ed). Cap.16: 489-500
- Ezziyyani, M., Perez-Sanchez, C., Sid, A., Requena, M.E. y Candela, M.E. 2004. *Trichoderma harzianum* como fungicidas para el control de *Phytophthora capsici* en plantas e pimiento (*Capsicum annuum* L.). Anales de Biología 26:35-45
<http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PHYTO-96-0145>
- González-González, D., Cota-Barreras, C., García-Velázquez, L. A., Pérez, J., Velarde-Félix, S. y Valenzuela-Herrera, V. 2012. Respuesta Productiva del Cultivo de Garbanzo (*Cicer arietinum* L.) con Biofertilizantes en Sinaloa. XV Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California: Pp. 1061-1065
- Infante, D., Martínez, B., González, N. y Reyes, Y. 2009. Mecanismos de Acción de *Trichoderma* Frente a Hongos Fitopatógenos. La Habana Cuba. Rev. Protección Veg. 24(1):
- Liu, Y.F., Chen, Z.Y., Ng, T.B., Zhang, J., Zhou, M.G., Song, F.P. y Liu, Y.Z. 2006. Bacisubin, an antifungal protein with ribonuclease and hemagglutinating activities from *Bacillus subtilis* strain B-916. Peptides 28: 553-559
- Martínez, J. T. 1998. Uso de *Trichoderma* para el Control Biológico de Organismos Patógenos de Plantas. En Memorias del Simposium sobre Agricultura Orgánica y de baja residualidad. Cuautémoc, Chihuahua. México; 2 de julio, 25-27p
- Mendoza, V. R., Romo, C. y Hernández, C. 1995. Efectividad de *Bacillus subtilis* y Fungibac Sobre *Rhizoctonia solani* Kuhn en Papa Bajo Invernadero. Agraria Revista Científica UAAAN 11(2):120-127
- Merkuz, A. y Getachew, A. 2012. Management of Chickpea Wilt (*Fusarium oxysporum f-esp ciceris*) Using *Trichoderma* spp. International Journal of Current Research 4(5):128-134.
- Morales-Gómez, J. A., Duron-Noriega, L. J., Fu-Castillo, A., Martínez-Díaz, G. y Núñez-Moreno, H. 2004. El cultivo del Garbanzo Blanco en el Estado de Sonora. SAGARPA-INIFAP-CIRNO-CECH. México. Libro Técnico # 6
- Moreira, F. 2012. Bacterias Formadoras de Nódulos. En Moreira, F., E. J. Huisin y D. E. Bignell Manual de Biología de Suelos Tropicales. Muestreo y Caracterización de la Biodiversidad Bajo Suelo. Instituto Nacional de Ecología. México. Pp177-213
- Namvar, A. y Sharifi, R. S. 2011. Phenological and Morphological Response of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) to Symbiotic and Mineral Nitrogen Fertilization. Iran. Zemdirstyesté=Agriculture 98(2):121-130
- Paredes-Escalante, J.E., Carrillo-Fasio, J. A., García-Estrada, R. S., Allende-Molar, R., Sañudo-Barajas, J. A. y Valdez-Torres, J. B. 2009. Microorganismos Antagonistas para el Control del Complejo de Hongos Causantes de la Rabia del Garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en el Estado de Sinaloa, México. Revista Mexicana de Fitopatología 27(1):27-35
- Paredes, W. 2013. Fijación simbiótica del Nitrógeno Atmosférico. <http://www.monografias.com/trabajos60/fijacion-biologica-nitrogeno/fijacion-biologica-nitrogeno.shtml>.
- Rokhzadi, A. y Vafa, T. 2011. Nutrient Uptake and Yield of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Inoculated with Plant Growth-Promoting-Rhizobacteria. Australian Jour of Crop Sci. 5(1):44-48
- Rokhzadi, A., Asgharzadeh, A., Darvish, F., Nour-Mohammadi, G. y Majidi, E. 2008. Influence of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria on Dry Matter Accumulation and Yield of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Field Conditions. American-Eurasian J. Agric. and Environ. Sci. 3(2):253-257.
- Sarti, G. C. y Miyazaki, S. S. 2013. Actividad Antifúngica de Extractos Crudos de *Bacillus subtilis* Contra Fitopatógenos de Soja (*Glycine max*) y Efecto de su Co-inoculación con *Bradyrhizobium japonicum*. Agrociencia 47:373-383.
- Siddiqui Z.A. y Akhtar, M. S. 2007. Bio Control of a Chickpea Root-Rot Disease Complex with Phosphate-Solubilizing Micro Organisms. Jour of Plant Pathology 89(1):67-77
- Verma, J. P., Yadav, J., K. N. Tiwari K. N. y Jaiswal, D. K. 2014. Evaluation of Plant Growth Promoting Activities of Microbial Strains and their Effect on Growth and Yield of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) in India. Soil Biology and Biochem. 70:33-37.
- Verma, J. P., Yadav, J. y Tiwari, K. N. 2009. Effect of *Mesorhizobium ciceri* and Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Nodulation and Yields of Chickpea. In India, Biological Forum-an International Journal 1(2):11-14.