

***Rhizobium leguminosarum* bv. *Phaseolii* EN LA PRODUCCIÓN DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) EN LA COSTA DE HERMOSILLO, SONORA**

López Elias Jesús; **Martínez López José Romualdo**; Guerrero Ruiz José Cosme; Alvarado Pacheco David; Barrera Silva Miguel Ángel; Ramírez Reyes Francisco
Departamento de Agricultura y Ganadería, Universidad de Sonora (DAG-UNISON). Carr. Bahía Kino, Km. 21
Apartado postal 305. Hermosillo, Sonora. romualdo.martinez@guayacan.uson.mx

Resumen

De febrero a junio de 2013 se realizó el presente estudio en el Ejido Guayparín, Hermosillo, Sonora. La finalidad de este trabajo fue ver la posibilidad de mantener la producción de grano y reducir el nivel de fertilización, incorporando inoculantes fijadores de N₂ atmosférico. La variedad de frijol sembrada fue Pinto Bill-Z americano. Las variables de interés fueron la producción de soca verde, producción de soca seca y producción de grano por hectárea, bajo los seis tratamientos generados. El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar bajo un arreglo factorial 3x2: tres niveles de fertilización química y dos de inoculación con *Rhizobium leguminosarum* bv. *Phaseolii*. Las variables soca verde y soca seca no presentaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) en los factores principales, ni en la interacción; sin embargo, la producción de grano de frijol tuvo diferencias estadísticas para los factores principales ($P < 0.05$), sin diferencias para la interacción, procediendo a analizar los seis tratamientos en forma independiente. Este último análisis estadístico mostró que la inoculación con *R. leguminosarum* bv. *Phaseolii*, sin fertilización química, presenta resultados similares al nivel intermedio de fertilización. A su vez, el nivel intermedio de fertilización, aunado al efecto de *R. leguminosarum* bv. *Phaseolii*, es estadísticamente similar al nivel alto de fertilización química.

Palabras clave: *Frijol Pinto Bill-Z Americano, Tazol de frijol, Bioinoculantes*

Abstract

This study was conducted during 2013 in “Guayparin” Farm, located in La Costa de Hermosillo, Mexico. The main objective of this work was to show that a good bean production is possible using Nitrogen fixing inoculants, comparing with chemical fertilization. We used american “Bill-Z” pinto bean variety. Variables of interest were: grain yield and also green and dry straw production; all of them per hectare. A random block design was used under 3X2 factorial arrangement: three levels of chemical fertilizer and two of inoculant with *Rhizobium leguminosarum* bv. *Phaseolii*. According to our results, green and dry straw production did not show statistical differences ($P < 0.05$) considering the main factors and their interaction. Grain yield results had statistical differences ($P < 0.05$) only for main factors. Grain production interaction was nearly significant ($P = 0.054$), therefore we analyzed the 6 treatments independently. Inoculation with *R. leguminosarum* bv. *Phaseolii*, without chemical fertilization showed similar results comparing with intermediate fertilization. Also we found that intermediate level of fertilization plus inoculation is statistically similar to the highest level of fertilization used in this study.

Key words: *Frijol Pinto Bill-Z Americano, Bean straw, Bioinoculators*

Introducción

El cultivo del frijol presenta características propias y definidas en el marco de la soberanía alimentaria de México, en virtud de que representa el alimento principal para la población rural y urbana, ocupando el segundo lugar en importancia, sólo después del maíz (Sangerman-Jarquín *et al.*, 2010). Es una leguminosa que constituye una importante fuente de proteínas y carbohidratos; además, es abundante en vitaminas y minerales. Dentro de las tecnologías agrícolas, la utilización de fertilizantes químicos ha tenido un relevante efecto en la producción; sin embargo, son contaminantes del agua y del suelo (Cuenca *et al.*, 2007). En los últimos años, el precio de los fertilizantes se ha elevado, por lo que disminuir su uso reduce costos de producción, además de la contaminación ambiental. El uso de biofertilizantes ha demostrado sus beneficios productivos en zonas de temporal; sin embargo, bajo condiciones de riego sus beneficios han sido inconsistentes, dada la alta fertilización y el exceso de agua, ya que la función de los microorganismos benéficos son las de acceder a mayores volúmenes de suelo, obtener agua, fijar N₂ atmosférico y solubilizar PO₄, entre otras funciones (Martínez-Lopez, *et al.*, 2009). Los hongos micorrízicos

Producción y protección de cultivos Bajo un escenario de cambio climático

arbusculares, como *Glomus intraradices*, ayudan a la planta hospedera en la obtención de agua y la solubilización de fósforo (Martínez López, 2009). Las bacterias, por otro lado, son mayoritariamente fijadoras de N_2 , como *Rhizobium*, *Azotobacter* y *Azospirillum* (Hernández *et al.*, 1994), las cuales incrementan la disponibilidad de nutrientes para las plantas; mientras que otras estimulan el crecimiento vegetal y algunos funcionan como biocontrol de patógenos (Loredo *et al.*, 2004).

La utilización de esquilmos agrícolas y residuos agroindustriales en la alimentación de rumiantes presenta un gran interés, ya que el 33% de los cereales producidos en el mundo se destina a los animales domésticos, en detrimento de los disponibles para una parte importante de la población humana. El uso de residuos permite disponer de mayor cantidad de materias primas para alimentación humana y, al mismo tiempo, ampliar el número de materias disponibles para alimentación de rumiantes a precios más competitivos. Por lo anterior, el propósito de este trabajo fue cuantificar la producción de grano y soca de frijol, en función de la aplicación de tres niveles de fertilización química y la inoculación de *Rhizobium leguminosarum* bv *Phaseolii*.

Materiales y Métodos

El presente estudio se realizó en el Ejido Guayparín, ubicado en la costa del municipio de Hermosillo, Sonora. La preparación del suelo se realizó mediante un rastreo cruzado el 4 de febrero del 2013 y se fertilizó el 6 de febrero del mismo año. Posteriormente, el 10 de febrero se dio el riego de presiembra y se sembró el 19 de febrero. Para el control de malezas se aplicó Triflurina al 48% P/V, al momento de la fertilización de presiembra, en una dosis de 1.6 L ha⁻¹. La densidad de siembra fue de 80 kg ha⁻¹, lo que arrojó una densidad de plantas de 16-18 plantas m⁻¹, y dado que los surcos se sembraron a 80 cm, se obtuvo una densidad de 212,500 plantas ha⁻¹. La profundidad de siembra fue de aproximadamente 7 cm.

Se usaron seis tratamientos, derivados de un arreglo factorial 3x2, con tres niveles de fertilización química y dos niveles de inoculación de bacterias *Rhizobium leguminosarum* bv. *Phaseolii*. Los tres niveles de fertilización química (FQ) fueron: 1) 82.4 kg de N y 20.8 kg de P, 2) 41.2 kg de N y 10.4 kg de P y 3) Cero kg de N y P, dividiendo en cuatro aplicaciones la fertilización nitrogenada y en las primeras dos la de fósforo. Los niveles de inoculación (I) de bacterias fueron: 1) 1125 millones de UFC kg⁻¹ de semilla de frijol y 2) 0 UFC kg⁻¹ de semilla de frijol, los que se muestran en el Cuadro 1. El experimento se instaló bajo un diseño de bloques al azar bajo un arreglo factorial 3x2, con cuatro repeticiones por tratamiento, en parcelas experimentales de 4x4 m con 5 surcos a 80 cm y distancia de plantas de 17 cm promedio. En cada parcela experimental se muestrearon 2 m lineales al azar de cada surco, de los tres surcos centrales, esto es, 6 m lineales por parcela experimental, lo que dio 4.8 m² por unidad experimental, extrapolando los resultados a una hectárea, a las que se le midieron las variables de interés, promediando sus valores. Entre el 17 y 23 de marzo inició la floración y la planta se tornó de un color verde opaco. En este momento se aplicó el primer riego de auxilio y se fertilizó con la misma cantidad de fertilizantes de la presiembra. El siguiente riego y fertilización de N se aplicó el 11 de abril, cuando comenzaron a formarse las vainas. A partir de este momento ya no se fertilizó con P. El 24 de abril se aplicó el siguiente riego y fertilización. Para este momento, la planta tuvo el largo de su vaina completa, sin embargo, estaba delgada.

Producción y protección de cultivos Bajo un escenario de cambio climático

Cuadro 1. Tratamientos aplicados al Frijol cv. Pinto Bill-Z Americano en presiembra.

Tratamiento	FQ	I	Descripción
1	1	1	82.4 kg de N y 20.8 kg de P, más <i>Rhizobium leguminosarum</i> bv. <i>Phaseolii</i>
2	1	2	82.4 kg de N y 20.8 kg de P
3	2	1	41.2 kg de N y 10.4 kg de P, más <i>Rhizobium leguminosarum</i> bv. <i>Phaseolii</i>
4	2	2	41.2 kg de N y 10.4 kg de P
5	3	1	<i>Rhizobium leguminosarum</i> bv. <i>Phaseolii</i>
6	3	2	Testigo Absoluto

El 7 y 16 de mayo se aplicaron riegos sin ningún tipo de fertilización, con la finalidad de mantener hidratada a la planta. El corte de la planta se realizó cuando esta tuvo un 25% de humedad, lo que se alcanzó para el 27 de mayo. Cuando la planta cortada tuvo entre el 12-14% de humedad (aproximadamente seis días después del corte), se trilló y se tomaron las variables de interés. Las variables de interés fueron: a) kg de grano ha⁻¹, b) kg de tazol después de la trilla ha⁻¹ (soca verde) y c) kg de tazol seco ha⁻¹. Todas las variables se midieron con una báscula electrónica con precisión de gramos, realizándose un análisis de varianza y una comparación de medias mediante la prueba de Tukey, cuando fue necesaria.

El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + A_j + B_k + AB_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable dependiente.

μ = Media poblacional.

β_i = Efecto del i-ésimo bloque.

A_j = Efecto del j-ésimo nivel de fertilizante (tres niveles).

B_k = Efecto del k-ésimo nivel de inoculación (dos niveles)

AB_{jk} = Efecto de la interacción del efecto de los factores de fertilización e inoculación

ε_{ijk} = Error experimental.

Resultados y Discusión

La fertilización e inoculación no presentaron diferencias estadísticas para las variables soca verde y soca seca de frijol, ni para su interacción ($P > 0.05$). Sin embargo, la producción de grano de frijol fue mayor a medida que se incrementó el nivel de fertilización y la inoculación tuvo mejor efecto que la no inoculación (Cuadros 2 y 3). Aun cuando el objetivo de la siembra de frijol es la producción de grano, es una realidad el uso del esquileo como forraje para rumiantes en la época seca, por lo que estimar su producción es importante desde el punto de vista económico con la finalidad de incrementar los ingresos del productor. En este trabajo se estimó una producción media de 2.8 t ha⁻¹ de materia seca, por lo que con la producción forrajera de 1.54 ha se satisface el consumo de materia seca de una vaca de 450 kg, o bien seis cabras o cinco borregas (NRC, 1996).

Por otro lado, la producción de grano se vio influenciada por el nivel de fertilización química, como por el uso de bioinoculantes. Aquí, se obtuvo una producción de 3,589.8, 3,303.1 y 2,480.5 kg ha⁻¹, para los niveles de fertilización 1, 2 y 3 (Cuadro 1) respectivamente, no encontrando diferencia estadística para los niveles 1 y 2. Diversos estudios coinciden con los resultados obtenidos en este trabajo, corroborando que con la fertilización nitrogenada se puede incrementar el rendimiento del frijol (Scarbrick *et al.* 1982; Escalante y Escalante, 1994; Rodríguez y Escalante, 1994). Asimismo, los cambios en el rendimiento por lo general se relacionan con el número de vainas a la cosecha (Escalante y Kohashi, 1986) y con el número de órganos reproductivos formados durante el crecimiento de la planta. La inoculación presentó diferencia estadística ($P < 0.05$) vs. la no inoculación, presentando producciones de 3,589.8 y 3,303.1 kg ha⁻¹. La cantidad de nitrógeno fijado por el frijol fluctúa de 60 a 100 kg ha⁻¹ (Padilla *et al.* 2009).

Cuadro 2. Producción de Grano y Soca de Frijol Pinto Bill-Z Americano, bajo tres niveles de fertilización.

Variable	Fertilización Química			Error Estándar
	1	2	3	
% Materia Seca de Soca	17%	17%	21%	2%

Producción y protección de cultivos Bajo un escenario de cambio climático

Peso de Soca Verde (t ha ⁻¹)	17.48	16.44	14.03	1.08
Peso de Soca Seca (t ha ⁻¹)	2.86	2.78	2.84	0.22
Peso de grano (kg ha ⁻¹)	3,589.8a [†]	3,303.1a	2,480.5b	102.5

[†]Medias con distinta letra en la misma hilera indican diferencias significativas ($P<0.05$).

La raíz, además de las funciones de anclaje, absorción y transporte de agua y nutrimentos al sistema vascular, pone a la planta en contacto con la rizósfera, donde se da un flujo de compuestos orgánicos que sirven a los microorganismos como fuente de carbono (Bowen y Rovira, 1999).

Cuadro 3. Producción de Grano y Soca de Frijol Pinto Bill-Z Americano, bajo dos niveles de inoculación.

Variable	Inoculación		
	1	2	Error Estándar
% Materia Seca de Soca	18%	18%	1%
Peso de Soca Verde (t ha ⁻¹)	16.42	15.55	0.88
Peso de Soca Seca (t ha ⁻¹)	2.93	2.73	0.17
Peso de grano (kg ha ⁻¹)	3,589.8a [†]	3,303.1b	83.73

[†]Medias con distinta letra en la misma hilera indican diferencias significativas ($P<0.05$).

La simbiosis más conocida y más estudiada ha sido *Rhizobium*-leguminosa. La fijación del nitrógeno por los microorganismos es una de las rutas más importantes para introducir de la atmósfera el nitrógeno molecular (N₂) a las cadenas alimentarias de la biósfera (Bergersen, 1978). La interacción de la fertilización con la inoculación puede decirse estuvo presente en este experimento, al presentar una $P=0.54$, por lo que al analizar estadísticamente a los tratamientos en forma independiente se encontró buena respuesta de la inoculación sin fertilizantes (Tratamiento 5, Cuadro 4), la que fue similar a aplicar el nivel 2 de la FQ. Este comportamiento se debe a que la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa pierde importancia al incrementar los niveles de fertilización, dado que la planta deja de depender de la fijación atmosférica del N₂ (Martínez-Lopez, *et al.*, 2009).

Cuadro 4. Comparación de medias de los tratamientos analizados independientemente

TRAT	Media	
2	3618.75	a [†]
1	3560.94	a
3	3465.63	ab
4	3140.63	ab
5	2839.06	b
6	2121.88	c

[†]Medias con distinta letra en la misma columna indican diferencias significativas ($P<0.05$).

Conclusiones

La producción de soya verde y seca no presentó diferencias estadísticas, para los niveles de fertilización química ni tratamientos de inoculación evaluados en el presente trabajo; sin embargo, la producción de grano respondió positivamente al nivel de fertilización química y a la inoculación de *Rhizobium*.

La inoculación de *Rhizobium* puede sustituir la fertilización química del nivel intermedio aplicado en este trabajo.

Agradecimientos

Se agradece a Fundación Produce Sonora, A.C. por el financiamiento otorgado para la realización del presente estudio.

Literatura Citada

- Cuenca, G., A. Cáceres, G. Oirdobro, Z. Hasmy y C. Urdaneta. 2007. Las micorrizas arbusculares como alternativa para una agricultura sustentable en áreas tropicales. *Revista Interciencia* 32(1): 23-29. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/339/33932104.pdf>. Consultado en Julio de 2008.
- Escalante, J.A. y J. Kohashi. 1986. Influencia de la edad al trasplante en el rendimiento y sus componentes de variedades de *Phaseolus vulgaris* L. de guía trepador. *Agrociencia* 65: 51-59.
- Escalante, L.E. and J.A. Escalante. 1994. Yield components of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and their response to nitrogen and population density. *Proceedings 15th World Congress of Soil Science*. Acapulco, Guerrero, México. pp. 83-84.
- Hernández, M., M. Pereira y M. Tang. 1994. Utilización de los microorganismos fertilizantes con cultivos tropicales. *Pastos y forrajes* 17(3): 183-191. Disponible en <http://revistas.mes.edu.cu:9900/EDUNIV/03-Revistas-Cientificas/Pastos-y-Forrajes/1994/3/09994301.pdf>. Consultado en Julio de 2008.
- Loredo, O.C., R.L. López y V. Espinosa. 2004. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas. *Terra Latinoamericana* 22: 225-239. Disponible en www.chapingo.mx/terra/contenido/22/2/225.pdf. Consultado en Octubre de 2008.
- Martínez-López, J.R. 2009. Estimación de las características biológicas y químicas en el volumen radical de nopal (*Opuntia* spp.) y maguey (*Agave americana* L.), y evaluaciones forrajeras. *Disertación de Doctorado*. Subdirección de Estudios de Postgrado. Facultad de Agronomía. UANL.
- Martínez-López, J.R., R.E. Vázquez-Alvarado, E. Gutiérrez-Ornelas, M.A. Peña del Río, R. López-Cervantes, E. Olivares-Sáenz, J.A. Vidales-Contreras and R.D. Valdez-Cepeda. 2009. Mycorrhiza effect on nutritional quality and biomass production of Agave (*Agave americana* L.) and cactus pear (*Opuntia lindheimeri* Engelm.). *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 11: 69-77.
- NRC. 1996. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. National Academy Press. 7th ed. Washington, D.C. USA.
- Rodríguez, M.T. and J.A. Escalante. 1994. Effects of nitrogen supply on extraction and accumulation of nitrogen and their relationship to seed yield in *Phaseolus vulgaris* L. *Ann. Rep. Bean Improvement Cooperative* 37: 173-174.
- Sangerman-Jarquín, D.M., J.A. Acosta-Gallegos, R. Shwenstesus, M.A. Damián y B.S. Larqué. 2010. Consideraciones e importancia social en torno al cultivo del frijol en el centro de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 1: 363-380.
- Scarlsbrick, D.H., O.O. Olufajo and R.W. Daniels. 1982. The effect of nitrogenous fertilizer on the seed yield, and yield components of *Phaseolus vulgaris*. *J. Agric. Sci. Camb.* 99: 665-668.