
FENOLOGÍA, PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRIMENTAL DEL GRANO DE FRIJOL CHINO EN FUNCIÓN DE LA BIOFERTILIZACIÓN Y FERTILIZACIÓN FOLIAR

Patricio Apáez Barrios, José Alberto Salvador Escalante Estrada, Eliseo Sosa Montes,
María Teresa Rodríguez González y Maricela Apáez Barrios

RESUMEN

El frijol chino (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) es rico en proteínas y carbohidratos de importancia en la alimentación humana. Actualmente su cultivo se ve limitado por falta de recomendaciones sobre fertilización. En este sentido, la biofertilización (BIO) y fertilización foliar (FF) pueden complementar la nutrición y reducir la fertilización al suelo. Los objetivos del trabajo fueron evaluar el efecto de BIO y FF sobre: los días a ocurrencia de etapas fenológicas, tamaño e índice de verdor del dosel vegetal, rendimiento de grano, calidad nutricional y rentabilidad económica. Bajo condiciones de lluvia estacional en Huitzuco, Guerrero, México, se sembró frijol chino de crecimiento indeterminado en espaldera de maíz en junio 2012

a 0,8m de distancia entre surcos, con (CB) y sin (SB) BIO y con (FF) y sin (NF) FF. Durante el estudio las temperaturas máximas y mínimas oscilaron entre 29 a 36,5°C y 15,5 a 20°C respectivamente, con precipitación de 987mm. La ocurrencia de las etapas fenológicas fue similar entre tratamientos: emergencia a los seis días después de la siembra (dds), floración a los 58 dds y madurez fisiológica a los 135 dds. Con CB-F se presentó el mayor rendimiento de grano (141g·m⁻²), como resultado de un mayor número de hojas verdes, ramas, índice de área foliar e índice de verdor. Con FF y BIO se incrementó la concentración de proteínas y disminuyeron fibras y carbohidratos. La mayor ganancia económica se generó con CB-F.

Introducción

La asociación de cultivos presenta ventajas sobre el monocultivo, como son mayor

eficiencia en el uso de recursos (agua, luz, suelo, nutrientes, etc), aumento en la diversidad de productos cosechados y complementación entre las

especies componentes del sistema (Morales-Rosales *et al.*, 2006). En este sentido (Apáez *et al.*, 2013), el cultivo de frijol chino (FCH, *Vigna*

unguiculata (L.) Walp) de crecimiento indeterminado en espaldera viva de maíz (*Zea mays* L) reduce los costos de producción en comparación

PALABRAS CLAVE / Área Foliar / Biofertilización / Espaldera de Maíz / Fenología / Frijol Chino / Rentabilidad Económica / *Vigna unguiculata* /

Recibido: 11/04/2014. Modificado: 29/09/2014. Aceptado: 04/11/2014.

Patricio Apáez Barrios. Ingeniero Agrónomo Fito-tecnista, Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGRO), México. Maestro en Ciencias, Colegio de Postgraduados (COLPOS), México. Estudiante de Doctorado, COLPOS, México. Dirección: Km. 36.5 carretera México-Texcoco

56230. Montecillo. Edo. de México. e-mail: apaez.patricio@colpos.mx
José Alberto Salvador Escalante Estrada. Ingeniero Agrónomo Fitecnista, CSAEGRO, México. Maestro en Ciencias, COLPOS, México. Doctor en Agronomía, Universidad de Córdoba, España. Profesor Investigador, COLPOS, México.

Eliseo Sosa Montes. Licenciado en Química y Maestro en Ciencias en Bioquímica, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Doctor en Ciencias, COLPOS, México. Profesor, Universidad Autónoma Chapingo, México.
María Teresa Rodríguez González. Bióloga, UNAM,

México. Maestra en Ciencias, COLPOS, México. Investigadora, COLPOS, México.
Maricela Apáez Barrios. Ingeniera Agrónomo Fitecnista, CSAEGRO, México. Maestra en Ciencias, COLPOS, México. Estudiante de Doctorado, COLPOS, México.

FENOLOGY, PRODUCTION AND NUTRITIONAL QUALITY OF COWPEA GRAIN BASED ON BIOFERTILIZATION AND FOLIAR FERTILIZATION

Patricio Apáez Barrios, José Alberto Salvador Escalante Estrada, Eliseo Sosa Montes, María Teresa Rodríguez González and Maricela Apáez Barrios

SUMMARY

Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) is rich in proteins and carbohydrates of importance as human nutrition. Currently its cultivation is limited by lack of fertilization recommendations. In this sense, biofertilization (BIO) and foliar fertilization (FF) can supplement plant nutrition and reduce the need of inorganic fertilizer. The objectives of this work were to assess the effect of BIO and FF on days to occurrence of phenological stages, the size and greenness index of the plant canopy, grain yield, nutrient quality and economic profitability. Under conditions of seasonal rainfall in Huitzuco, Guerrero, Mexico cowpea of indeterminate growth was sown on maize trellis in June 2012, at 0.8m distance between rows, with (CB) and

without (SB) BIO, and with (FF) and without (NF) FF. During the development of the crop the maximum and minimum temperature ranged from 29 to 36.5°C and 15.5 to 20°C respectively, and rainfall was 987mm. The occurrence of the cowpea phenological stages was similar among treatments: emergence at 6 days after sowing (das), start of flowering at 58 das and physiological maturity at 135 das. With CB-F a higher grain yield was obtained (141g·m⁻²), as a result of a greater number of green leaves, branches, leaf area index and greenness index. With FF and BIO, proteins concentration increased and carbohydrates and fibers decreased. The largest economic gain was generated with CB-F.

FENOLOGIA, PRODUÇÃO E QUALIDADE NUTRICIONAL DAS GRÃOS DE CAUPI EM RELAÇÃO DA A BIOFERTILIZAÇÃO E FERTILIZAÇÃO FOLIAR

Patricio Apáez Barrios, José Alberto Salvador Escalante Estrada, Eliseo Sosa Montes, María Teresa Rodríguez González e Maricela Apáez Barrios

RESUMO

O caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) é rico em proteínas e carboidratos, que são importantes para a dieta humana. Hoje o seu cultivo é limitada pela falta de recomendações para a fertilização. Nesse sentido, a biofertilização (BIO) e fertilização foliar (FF) pode suplementar a nutrição e reduzir a fertilização do solo. Os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito de BIO e FF em: (a) o tempo de ocorrência dos estádios fenológicos, tamanho e índice de verdor de folhas, produção de grãos, qualidade nutricional e a eficiência econômica. Em condições de chuvas sazonais de Huitzuco, Guerrero, México, foi plantada caupi de crescimento indeterminado em espaldeira de milho em Junho 2012 a 0,8m de dis-

tância entre as linhas, com (CB) e sem (SB) BIO, e com (F) e sem (NF) FF. Durante o estudo, a temperatura máxima e mínima variou de 29 a 36,5°C e 15,5 a 20°C, respectivamente, com precipitação de 987mm. A ocorrência dos estádios fenológicos foi semelhante entre os tratamentos: emergência ocorreu 6 dias após o plantio (dap), o florescimento no 58 dap e a maturidade fisiológica a 135 das. Com o CB-F foram apresentados o mais elevado rendimento de grãos (141g·m⁻²), como resultado de um maior número de folhas verdes, galhos, índice de área foliar e verdor. Com FF e BIO maior concentração de proteínas e diminuição de fibras e carboidratos. O maior ganho econômico foi gerado com o CB-F.

con la espaldera convencional (postes de madera y malla plástica). Estos cultivos son importantes en la alimentación humana, ya que el maíz es la principal fuente de carbohidratos en la dieta de los mexicanos, mientras que los granos de FCH presentan contenido alto en proteínas (26%), carbohidratos (63%), fibras, vitaminas y minerales, y bajo en sustancias antinutricionales (Ajeigbe *et al.*, 2008).

Actualmente en este y en otros sistemas de producción se aplican grandes cantidades de fertilizantes inorgánicos, los cuales además de resultar costosos presentan baja eficiencia; consecuencia de

procesos de fijación, inmovilización y volatilización (Abreu *et al.*, 2007). El abuso en su uso provoca daños ecológicos (Fregoni, 1986), por lo que es conveniente reducir su uso y complementar la nutrición de la planta mediante otras alternativas. En este sentido, la fertilización foliar es un medio de suministro de macro y micronutrientes, mediante la cual se puede aumentar la efectividad de cada unidad de nutriente aplicada. En el caso del N y K se han encontrado eficiencias superiores a 90%, en Cl, Zn, Ca y S de 70%, 50% en P, 40% en Mn y 15% en Fe, con lo cual se mejora el desempeño

reproductivo de los cultivos (Grey, 1977; Fregoni, 1986).

Otra alternativa es el uso de biofertilizantes, que son grupos de inoculantes a base de microorganismos del suelo que se asocian directa o indirectamente al sistema radical de las plantas, favorecen la nutrición y modifican su desarrollo (Irizar *et al.*, 2003). La simbiosis *V. unguiculata* - *Rhizobium* constituye un sistema de fijación biológica de nitrógeno de mediana eficiencia, por lo que el uso de cepas nativas de *Rhizobium* inoculadas artificialmente representan la posibilidad de lograr aumentar la fertilización biológica (Rodríguez y López,

2009). Irizar *et al.* (2003) encontraron en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L) que con la aplicación de *Rhizobium etli* + *Glomus intraradices* el rendimiento de grano (RG) aumentó en 28% respecto al testigo. Este tipo de tecnologías, además de conservar el ambiente, pueden aumentar la concentración de proteínas. Sin embargo, el contenido de fibras puede reducirse (Galal *et al.*, 2010; Dekhane *et al.*, 2011; Kozera *et al.*, 2013). También incrementan la rentabilidad económica (Mejía *et al.*, 2011).

Se ha encontrado en cultivos como frijol común y FCH en unicultivo, que un

suministro apropiado de nutrientes incrementa el número de hojas y ramas, el índice de área foliar y el índice de verdor, este último determinado a través de lecturas SPAD (medida indirecta de la clorofila; Trejo-Téllez *et al.*, 2003). Existen evidencias de la relación positiva entre el tamaño del dosel vegetal, el índice de verdor y el rendimiento en varios cultivos (Trejo-Téllez *et al.*, 2003; Arya y Buch, 2013).

Por otra parte, se señala que el grado de disponibilidad y la utilización de nutrientes por los cultivos puede modificar el tiempo de ocurrencia de las etapas fenológicas, lo cual es importante conocer para hacer una programación adecuada de las labores culturales (Abayomi *et al.*, 2008).

Los estudios sobre la producción y calidad de la misma en FCH con espaldera viva de maíz son escasos. Los objetivos del presente estudio fueron evaluar el efecto de la biofertilización y fertilización foliar sobre a) los días a ocurrencia de las etapas fenológicas, el tamaño del dosel vegetal, el índice de verdor, el rendimiento y calidad nutricional de grano del FCH, y b) determinar el efecto de estos factores sobre la rentabilidad económica.

Materiales y Métodos

El estudio se estableció bajo condiciones de lluvia estacional en Huitzoco, Guerrero (clima cálido, 18°15'N; 99°12'O y 1154msnm), en suelo de textura arcillosa, pH 7.2, nivel inicial de N de 0,09% y 12ppm de P. El 17/06/2012 se sembró frijol chino (FCH) y maíz a densidad de 5 plantas/m² (0,8×0,5m).

Los tratamientos consistieron en la combinación de dos situaciones de biofertilización (BIO) y fertilización foliar (FF): con y sin BIO (CB y SB respectivamente) y con y sin FF (F y NF respectivamente). Esto generó cuatro tratamientos (CB-F, CB-NF, SB-F y SB-NF). El biofertilizante (*Glomus sp.* y *Rhizobium etli*)

se inoculó a la semilla de las dos especies de acuerdo al tratamiento. Para ello se mezclaron 2kg de semilla con adherente (13g de carboximetilcelulosa disuelto en 0,15 l de agua) y se dejó reposar durante 2h; después se aplicaron 38g de Rhizo Fer (*Rhizobium etli*, 500×10 bacterias/g) y 0,1kg de Micorriza Fer (*Glomus intraradices*, 30000 esporas/kg) y se dejó reposar a la sombra por 12h antes de la siembra. A partir de los 30 días después de la siembra (dds) con una bomba de 15 l de capacidad y boquilla de cono vacío (hueco) se hicieron seis aspersiones foliares hasta punto de goteo cada 15 días de 2-3 l·ha⁻¹ de fertilizante foliar compuesto de 3% ácido húmico; 6,25% ácido giberélico; 10% N; 5% P₂O₅ y 5% K₂O, más 1,5; 0,25; 0,25; 0,6; 0,8; 0,4; 0,4; 0,01 y 0,01g·l⁻¹ de S, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, Mo y B, respectivamente.

Se aplicó al suelo 50 y 50kg·ha⁻¹ de N y P₂O₅ (dosis recomendada para el cultivo en la región). Los fertilizantes utilizados fueron urea (46-0-0) y superfosfato triple (0-46-0). Se aplicó todo el P y la mitad de N a los 15 días

después de la siembra (dds) y el resto a los 45 dds. El control de malezas se hizo de forma manual.

Durante el desarrollo del cultivo se registró la temperatura máxima (T_{máx}, °C) y mínima (T_{mín}, °C) y la precipitación diaria (PP, mm), así como el tiempo a ocurrencia de las etapas fenológicas en FCH; éstas fueron: días a emergencia (E), a inicio de antesis (R6) y madurez fisiológica (R9), de acuerdo a Escalante y Kohashi (1993). A los 80 dds se contabilizó por m² en FCH, el número de ramas (NR), número de hojas verdes (NHV), el área foliar (AF, sin incluir peciolos) con un integrador LI-COR 3100, el índice de área foliar (IAF) se determinó con la ecuación: IAF= (AF en 100 dm²)/100dm², donde AF: área foliar en 100dm² de suelo y el índice de verdor (IV) se midió mediante lecturas SPAD. A madurez fisiológica se evaluó el rendimiento de grano del FCH y maíz.

La calidad nutricional del grano de FCH (minerales, carbohidratos solubles, proteínas, extracto etéreo o grasas y fibra cruda) se determinó mediante análisis químico

proximal (Sosa, 1979). Previamente, las muestras fueron trituradas en un molino eléctrico (Janke and Kunkel Inka Modelo Kb 5/10®, Alemania) con criba de 50µm.

Con los datos obtenidos de cada variable se hizo un análisis de varianza y se aplicó la prueba de comparación de medias Tukey (P≤0,05) con el paquete estadístico SAS versión 9.1 (SAS, 2003), de acuerdo al diseño experimental de bloques completos al azar en parcelas divididas con cuatro repeticiones. La parcela mayor fue BIO y la menor FF.

Al RG del FCH y maíz se aplicó un análisis de rentabilidad económica para determinar el ingreso neto, mediante la ecuación IN= YPy - (∑XiPi + CF), donde IN: ingreso neto, Y: rendimiento (kg·ha⁻¹), Py: precio por kg de grano, ∑ XiPi: suma de costos variables, y CF: costo fijo (Volke, 1982).

Resultados y Discusión

Clima y fenología

En la Figura 1, que presenta la temperatura (media decenal) máxima y mínima y precipitación (suma decenal) durante el ciclo del cultivo del frijol chino en espaldera viva de maíz y ocurrencia de las etapas fenológicas del frijol chino. Verano de 2012. S: siembra, E: emergencia, R6: inicio de floración y R9: madurez fisiológica.

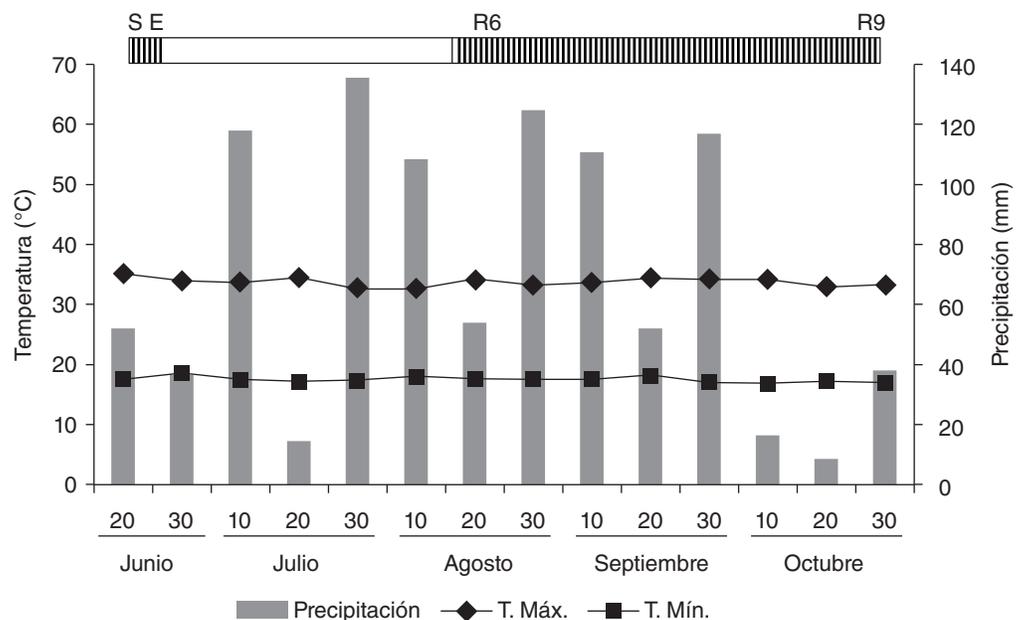


Figura 1. Temperatura (media decenal) máxima y mínima, y precipitación (suma decenal) durante el ciclo del cultivo del frijol chino en espaldera viva de maíz y ocurrencia de las etapas fenológicas del frijol chino. Verano de 2012. S: siembra, E: emergencia, R6: inicio de floración y R9: madurez fisiológica.

TABLA I
NÚMERO DE HOJAS VERDES (NHV), RAMAS (NR), ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR (IAF) Y DE VERDOR (IV) A LOS 80 DDS EN FRIJOL CHINO CON ESPALDERA VIVA DE MAÍZ EN FUNCIÓN DE LA BIOFERTILIZACIÓN Y FERTILIZACIÓN FOLIAR

Tratamientos	NHV	NR	IAF	IV
	-----m ² -----			Lecturas SPAD
CB-F	116 a	15,2 a	1,0 a	53 a
CB-NF	96 ab	12,5 ab	0,8 ab	42 c
SB-F	108 ab	13,8 ab	0,9 a	49 b
SB-NF	81 b	12,0 b	0,6 b	36 d
Media general	100,5	13,4	0,85	45,0
BIO				
CB	106,5 a	13,9 a	0,92 a	47,8 a
SB	95 a	12,9 a	0,78 b	42,3 b
FF				
F	112,5 a	14,5 a	0,97 a	51,1 a
NF	89 b	12,3 b	0,73 b	39,0 b
Prob. F				
BIO	NS	NS	*	**
FF	**	**	**	**
BIO*FF	*	*	*	**
DMS _{0,05}				
BIO	20,7	2,3	0,13	2,3
FF	14,7	1,7	0,14	2,1
BIO*FF	27,3	3,1	0,26	3,6
CV	11,9	10,4	13,2	3,8

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según Tukey ($\alpha = 0,05$).

*** $P \leq 0,01$ y $0,05$ respectivamente. NS: no significativo.

DMS_{0,05}: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación, BIO: biofertilizante, FF: fertilización foliar, CB: con biofertilización, SB: sin biofertilización, F: con fertilización foliar, y NF: sin fertilización foliar. ©

estacional (suma decenal), se observa que durante el ciclo de cultivo la T_{máx} osciló entre 29 y 36,5°C y T_{mín} entre 15,5 a 20°C. La T_{máx} más elevada ocurrió en la primera decena después de la emergencia (E), mientras que la T_{mín} más baja se presentó en la decena 12 (primera decena de octubre). La precipitación total acumulada de siembra (S) a madurez fisiológica (R9) fue de 987mm, de la cual, 467mm (47%) ocurrieron de S a inicio de floración (R6). De acuerdo con Dugje *et al.* (2009), tanto las temperaturas como la precipitación fueron apropiadas para el cultivo de esta leguminosa.

Los días a ocurrencia de las etapas fenológicas no se modificaron por efecto de los tratamientos. Así, la E se presentó a los 6 días después de la siembra (dds), R6 a los 58 dds y R9 a los 135 dds. Esto concuerda con lo reportado por Escalante y Rodríguez (2011), quienes en haba (*Vicia faba* L) no encontraron efecto por la fertilización. Sin embargo, en FCH en unicultivo se reporta

acortamiento en 6 días en el ciclo del cultivo por mayor disponibilidad de N suministrado al suelo (Abayomi *et al.*, 2008).

Número de hojas, ramas, área foliar y verdor

La biofertilización (BIO) provocó cambios significativos

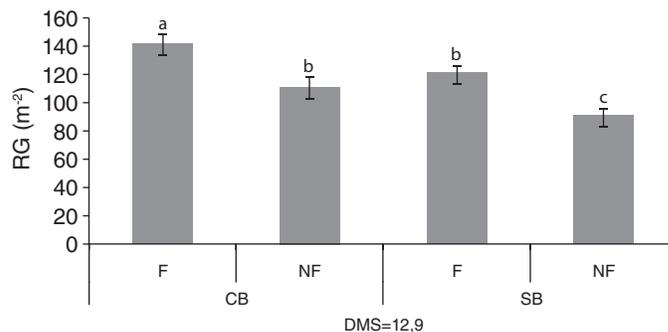


Figura 2. Rendimiento de grano (RG) del frijol chino en espaldera viva de maíz en función de la biofertilizante y fertilización foliar. CB: con biofertilización, SB: sin biofertilización, F: con fertilización foliar, NF: sin fertilización foliar.

en el número de hojas verdes (NHV), índice de área foliar (IAF) e índice de verdor (IV). El NHV, número de ramas (NR), IAF e IV se modificaron significativamente por efecto de la fertilización foliar (FF) y la interacción BIO×FF (Tabla I).

Con CB-F se incrementó en 43, 27, 67 y 47% respectivamente el NHV, NR, IAF e IV en relación a SB-NF (testigo). Seguido por SB-F, con el cual se logró aumentar en 33, 15, 50 y 36% el NHV, NR, IAF e IV respecto al testigo. De acuerdo con el análisis para factores principales FF contribuyó en mayor grado a esta respuesta (Tabla I).

El mayor tamaño del dosel vegetal con la incorporación

de nutrientes a través del follaje y la actividad biológica de las bacterias y hongos inoculados, favorecieron el contenido de clorofilas y la absorción de N, evaluadas indirectamente con el SPAD, lo cual generó un mayor tamaño del dosel vegetal. Estos resultados son similares a los encontrados en frijol común por Trejo-Téllez *et al.* (2003).

Rendimiento de grano

El rendimiento de grano (RG) presentó modificaciones altamente significativas por efecto de los tratamientos. La mayor producción se logró con CB-F, seguido de SB-F, los cuales permitieron aumentar el RG en 54 y

TABLA II
ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL (% DE PESO SECO) DEL GRANO DE FRIJOL CHINO EN FUNCIÓN DE LA BIOFERTILIZACIÓN Y FERTILIZACIÓN FOLIAR

Tratamientos	Minerales	Proteínas	Extracto etéreo	Fibra cruda	Carbohidratos
CB-F	4,0 a ¹	30,3 a	1,8 b	5,6 b	58,5 b
CB-NF	3,6 b	28,8 b	1,8 b	5,4 b	60,3 a
SB-F	3,8 a	30,2 a	2,0 a	6,0 a	57,9 b
SB-NF	3,7 b	29,7 ab	1,5 c	6,0 a	59,1 ab
Media general	3,7	29,3	1,6	5,5	59,9
BIO					
CB	3,8 a	29,5 a	1,8 a	5,5 b	59,3 a
SB	3,8 a	30,0 a	1,7 b	6,0 a	58,5 a
FF					
F	3,9 a	30,2 a	1,9 a	5,8 a	58,1 b
NF	3,7 b	29,2 b	1,6 b	5,7 a	59,7 a
Prob. F					
BIO	NS	NS	*	**	NS
FF	NS	**	**	NS	**
BIO*FF	NS	*	**	*	*
DMS _{0,05}					
BIO	0,3	0,9	0,04	0,3	1,1
FF	0,2	0,7	0,06	0,21	0,8
BIO*FF	0,3	1,3	0,1	0,39	1,5
CV	5,1	2,0	2,9	3,0	1,1

¹ Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según Tukey ($\alpha = 0,05$).

*** $P \leq 0,01$ y $0,05$ respectivamente. NS: no significativo.

DMS_{0,05}: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación, BIO: biofertilizante, FF: fertilización foliar, CB: con biofertilización, SB: sin biofertilización, F: con fertilización foliar, y NF: sin fertilización foliar.

TABLA III
 RENDIMIENTO, INGRESOS TOTALES (IT), COSTOS FIJOS (CF),
 VARIABLES (CV) Y TOTALES (CT), INGRESO NETO (IN)
 DEL FCH Y MAÍZ, EN FUNCIÓN DE LA BIOFERTILIZACIÓN
 Y FERTILIZACIÓN FOLIAR

BIO	FF	RF	RM	IT	CF	CV	CT	IN
		---kg ha ⁻¹ ---	-----M\$-----					
CB	F	1410	2930	45780,00	7296,50	5080,00	12376,50	33403,50
	NF	1110	2290	35940,00	7296,50	1480,00	8776,50	27163,50
SB	F	1220	2220	37720,00	7296,50	4800,00	12096,50	25623,50
	NF	910	2200	31400,00	7296,50	1200,00	8496,50	22903,50

Ingreso total= rendimiento × precio por kg de grano de maíz (M\$6.00) y de frijol chino (M\$20.00). BIO: biofertilización, FF: fertilización foliar, RF: rendimiento del frijol chino, RM: rendimiento del maíz, CB: con biofertilización, SB: sin biofertilización, F: con fertilización foliar y NF: sin fertilización foliar.

31% en relación a SB-NF. (Figura 2).

El efecto positivo de FF y BIO puede relacionarse en parte al bajo nivel inicial de N-inorgánico (0,09%) y P (12ppm) en el suelo; además, solo se aplicaron 50 y 50kg·ha⁻¹ de N y P₂O₅, respectivamente, por lo que al suministrar fertilización foliar se adicionaron nutrientes a través del dosel y con el biofertilizante (*R. etli* y *G. intraradices*) se incorporó N atmosférico. También se pudo haber incrementado el área radical y en consecuencia la absorción de agua y nutrientes del suelo (Hernández, 2008). Esto provocó mayor tamaño del dosel vegetal medido a través del NHV e IAF y contenido de clorofila (IV), que de acuerdo con Apáez *et al.* (2014) pudo permitir incrementar la interceptación de radiación solar, actividad fotosintética y en consecuencia un RG más elevado. Respuestas similares han sido encontradas por Azarpour *et al.* (2011) con aplicación vía foliar de nutrientes en FCH en unicultivo, y en solanáceas y cucurbitáceas por Trejo-Téllez (2003). En relación a la biofertilización, Dekhane *et al.* (2011) reportan incrementos significativos en el RG de FCH en unicultivo a causa de la inoculación a la semilla con cepas de *Rhizobium*. En haba dicho incremento es de 23%; sin embargo, al combinar *Rhizobium* + *Bacillus megaterium* var. *Phosphaticum* alcanza al 37% (Galal *et al.*, 2010).

Calidad nutrimental del grano de frijol chino

La BIO provocó cambios significativos en el contenido de extracto etéreo y fibra cruda, mientras que FF modificó el contenido de minerales, proteínas, extracto etéreo y carbohidratos. Por su parte, la interacción BIO×FF incrementó los minerales, proteínas, extracto etéreo, fibra cruda, y carbohidratos (Tabla II).

El porcentaje de peso seco promedio del grano de FCH es 3,7% de minerales, 29,3% de proteínas, 1,6% de extracto etéreo, 5,5% de fibra cruda y 59,9% de carbohidratos solubles (Tabla II). Estos valores son similares a los encontrados por Ajeigbe *et al.* (2008) y permiten considerarlo como un alimento rico en proteína superior al frijol común, el cual presenta valores de 18 a 22,3% (Abubaker, 2008). De acuerdo con estos datos, el contenido energético del FCH es de 371 kcal/100g.

La inoculación con BIO aumentó la digestibilidad del grano, al disminuir el contenido de fibra cruda (Tabla II). Tendencias similares se reportan en haba, con la inoculación con *Rhizobium* (Galal *et al.*, 2010). Aunque en el presente estudio no se encontró efecto del BIO en el contenido de proteína, existe evidencia que en unicultivo se incrementa su concentración (Dekhane *et al.*, 2011).

Con FF se mejoró el contenido de minerales, proteínas y

extracto etéreo, en detrimento de carbohidratos (Tabla II). En este sentido, el FF además de contener macronutrientes, también aportan micronutrientes, tales como boro y manganeso, los cuales estimulan la absorción de nitrógeno y síntesis de proteínas (Kozera *et al.*, 2013).

Con las combinaciones CB-F y SB-F el grano de FCH logró el mayor contenido de minerales y proteínas y la más baja concentración de fibra cruda y carbohidratos (Tabla II). Estos tratamientos, además de generarse los mayores RG, presentan 427 y 368kg·ha⁻¹ de proteína respectivamente, lo cual es importante considerando que en leguminosas se busca aumentar este nutriente.

Análisis económico

El mayor rendimiento de FCH (RF) y maíz (RM) se presentó con CB-F. A pesar que representó los mayores costos fijos (CF) y totales (CT), este se amortizó con los ingresos totales, de tal manera que generó un ingreso neto (IN) superior a los otros tratamientos. En promedio con este tratamiento se incrementó el IN en M\$10.500 (USD 807,70) respecto a SB-NF. Con SB-NF y SB-F el IN fue M\$4.260 (USD 317,70) y M\$2.720 (USD 209,23) mayor a SB-NF (Tabla III).

Conclusiones

La biofertilización y fertilización foliar no modificaron el tiempo a ocurrencia de las etapas fenológicas en el frijol chino, pero sí el tamaño del dosel vegetal y rendimiento de grano. El mayor rendimiento de grano se logra con biofertilización y aplicación de fertilización foliar, resultado del incremento en el número de hojas verdes, índice de área foliar, índice de vendor y número de ramas. La

biofertilización y fertilización foliar aumentaron el contenido de minerales y proteínas, en detrimento de fibras y carbohidratos. El mayor ingreso neto se logró con biofertilización y fertilización foliar.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) el financiamiento otorgado (N° 222753; 2011), y al Laboratorio de Nutrición Animal del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, por las facilidades para realización del análisis químico proximal.

REFERENCIAS

- Abayomi, YA, Ajibade TV, Sammuell OF, Sa'adudeen BF (2008) Growth and yield responses of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) genotypes to nitrogen fertilizer (NPK) application in the Southern Guinea Savanna zone of Nigeria. *Asian J. Plant Sci.* 7: 170-176.
- Abreu Z, Sarmiento L, Bottner P (2007) Destino del nitrógeno agregado por fertilización en un cultivo de papa en los andes de Venezuela. *Rev. Fac. Agron. LUZ* 24: 203-228.
- Abubaker S (2008) Effect of plant density on flowering date, yield and Quality Attribute of Bush bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under center pivot irrigation system. *Am. J. Agri. Biol. Sci.* 3: 666-668.
- Ajeigbe HA, Ihedioha D, Chikoye D (2008) Variation in physico-chemical properties of seed of selected improved varieties of cowpeas as it relates to industrial utilization of the crop. *Afr. J. Biotechnol.* 7: 3642-3647.
- Apáez BP, Escalante EJA, Rodríguez GMT (2013) Producción de vaina verde en frijol chino y tipo de espaldera en clima cálido. *Rev. Ser. Hort.* 19: 120-140.
- Apáez BP, Escalante EJA, Rodríguez GMT, González CMC, Apáez BM (2014) Analysis of growth and production in maize trellis with nitrogen and phosphorous. *Int. J. AgriSci.* 4: 102-108.
- Arya A, Buch H (2013) Response of arbuscular mycorrhizal fungi on growth and chlorophyll content

- of three varieties of *Gossypium herbaceum* L. *Plant Pathol. Quar.* 3: 54-57.
- Azarpour E, Khosravi RD, Mohammadi S, Reza BH, Moraditochae M (2011) Effects of nitrogen fertilizer under foliar spraying of humic acid on yield and yield components of cowpea (*Vigna unguiculata*). *World Appl. Sci. J.* 13: 1445-1449.
- Dekhane SS, Khafi HR, Raj AD, Parmar RM (2011) Effect of biofertilizer and fertility levels on yield, protein content and nutrient uptake of cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. *Legume Res.* 31: 51-54.
- Dugje IY, Omoigui LO, Ekeleme F, Kamara AY, Ajeigbe H (2009) *Farmers' Guide to Cowpea Production in West Africa*. IITA. Ibadan, Nigeria. 19 pp.
- Escalante EJA, Kohashi, SJ (1993) *El Rendimiento y Crecimiento del Frijol. Manual Para la Toma Dde Datos*. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 84 pp.
- Escalante, EJA, Rodríguez, GMT (2011) Biomasa y rendimiento de haba en función de la densidad de población, nitrógeno y fósforo. *Cienc. Agric. Inf.* 20: 16-25.
- Fregoni M (1986) Some aspects of epigeal nutrition of grapevines. En Alexander A (Ed.) *Proc. First Int. Symp. on Foliar Fertilization*. Schering Agrochemical Division. Boston, MA, EEUU. pp. 205-213.
- Galal AO, Izzeldin AF, ElHassan GA (2010) Effects of biological and mineral fertilization on yield, chemical composition and physical characteristics of faba bean (*Vicia faba* L.) cultivar Seleim. *Pak. J. Nutr.* 9: 703-708.
- Grey RC (1977) Foliar fertilization with primary nutrients during the reproductive stage of plant growth. *Proc. Fert. Soc.* 164: 23.
- Hernández AF (2008) La inoculación de *Glomus* y *Bradirhizobium japonicum* en la producción de soya. *Cult. Trop.* 29: 41-45.
- Irizar GM, Vargas VP, Garza GD, Tut CC, Rojas MI, Trujillo CA, García SR, Aguirre MD, Martínez GY (2003) Respuesta de los cultivos agrícolas a los biofertilizantes en la región central de México. *Agri. Téc. Méx.* 29: 213-225.
- Kozera W, Barczak B, Knapowski T, Ralcewicz M (2013) Total and Fractional contents of proteins in bean seeds under the conditions of varied fertilization with microelements. *J. CentEur. Agr.* 14: 319-327.
- Mejía BY, Álvarez AM, Luna BG (2011) Efectividad de un biofertilizante foliar sobre el cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris*), bluefields. *Cienc. Intercult.* 8: 128-140.
- Morales-Rosales E, Escalante-Estrada JA, Tijerina-Chávez L, Volke-Haller V, Sosa-Montes E (2006) Biomasa, rendimiento, eficiencia en el uso del agua y de la radiación solar del agrosistema girasol-frijol. *Terra* 24: 55-64.
- Rodríguez B, López M (2009) Evaluación de la fertilización biológica del frijol con cepas nativas de *Rhizobium* aisladas de un ultisol de la planicie del estado Guárico. *Agron. Trop.* 59: 381-386.
- SAS (2003) *SAS/STAT user's guide Release 9.1*. SAS Institute. Cary, NC, EEUU.
- Sosa PE (1979) *Manual de Procedimientos Analíticos para Alimentos de Consumo Animal*. Universidad Autónoma Chapingo. México. 115 pp.
- Trejo-Téllez LI, Rodríguez-Mendoza MN, Alcántar-González G, Vazquez-Alarcón A (2003) Fertilización foliar específica para corregir deficiencias nutricionales en tres tipos de suelo. *Terra* 21: 365-372.
- Volke HV (1982) *Optimización de Insumos de la Producción en la Agricultura*. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 61 pp.