

## **Producción y calidad nutrimental de vaina del frijol chino, *Vigna unguiculata* (L.) Walp, en función de arreglo topológico y tipo de fertilización**

### **Production and nutrimental quality of cowpea pods, *Vigna unguiculata* (L.) Walp, as function of topological arrangement and fertilization type**

Patricio Apáez Barrios <sup>1,2</sup>, José Alberto Salvador Escalante Estrada <sup>2</sup>,  
Eliseo Sosa Montes <sup>3</sup>, Maricela Apáez Barrios <sup>2</sup>, María Teresa Rodríguez González <sup>2</sup>,  
Yurixhi Atenea Raya Montaña <sup>1</sup>

Originales: *Recepción*: 01/09/2015 - *Aceptación*: 09/04/2016

#### **RESUMEN**

El frijol chino (FC) se utiliza en alimentación humana y se cultiva en espaldera viva de maíz, pero, son escasos los estudios sobre arreglos topológicos adecuados. En este sistema, la biofertilización (BIO) y fertilización foliar (FF) podrían complementar la nutrición. En Huitzuco, Guerrero, México, durante el periodo lluvioso se sembró FC tipo guía en espaldera de maíz a 80 (D8) y 160 cm (D16) de distancia entre hileras (D), con y sin BIO (B y SB) y con y sin FF (F y SF), para determinar los efectos de D, BIO y FF sobre el rendimiento y calidad nutrimental de vainas. La emergencia del FC se presentó a los 6 días después de la siembra (dds), la floración a los 58 dds, el primer corte de vaina a los 70 dds y el último a los 110 dds. El mayor rendimiento de vaina se logró con D8-B-F (851 g m<sup>-2</sup>), seguido por D8-SB-F (758 g m<sup>-2</sup>) y D16-B-F (657 g m<sup>-2</sup>), con los que se generó la más alta concentración de minerales (6,5%) y proteínas (28,1%), y la menor de carbohidratos solubles y fibras. El mayor rendimiento y calidad nutricional de vaina verde se obtuvo con D8-B-F.

#### **Palabras clave**

*Vigna unguiculata* • biofertilización • espaldera viva de maíz • fertilización foliar

- 
- 1 Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez". UMSNH (Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo). Paseo Lázaro Cárdenas esquina con Berlín. C. P. 60080. Uruapan, Michoacán. México. [apaez.patricio@colpos.mx](mailto:apaez.patricio@colpos.mx).
  - 2 Botánica. Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Km. 36.5 carretera México-Texcoco. C. P. 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México. México.
  - 3 Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. C. P. 56230. Chapingo, Estado de México. México.

## ABSTRACT

Cowpea (FC) is used in human feeding, and is cultivated on maize living trellis; however, few studies about suitable topological arrangements are available. Plant nutrition in this system could be completed by biofertilization (BIO) and foliar fertilization (FF). In Huitzuco, Guerrero, Mexico, during the rainy season FC guide type was sowing on trellis maize at 80 (D8) and 160 cm (D16) of distance between rows (D), with and without BIO (B and SB), and with and without FF (F and SF), in order to determine the effect of D, BIO and FF on yield and nutritional quality of pods. Emergence of FC occurred at 6 days after sowing (dds); flowering at 58 dds; the first pod cut at 70 dds and the last at 110 dds. The higher pod yield was achieved with D8-B-F (851 g m<sup>-2</sup>), followed by D8-SB-F (758 g m<sup>-2</sup>) and D16-B-F (657 g m<sup>-2</sup>). This last treatment also generated the highest concentration of minerals (6.5%) and proteins (28.1%), but less carbohydrates and fiber. The highest yield and quality of green pod was obtained with D8-B-F.

### Keywords

*Vigna unguiculata* • biofertilization • maize trellis • foliar fertilization

## INTRODUCCIÓN

El frijol chino (FC, *Vigna unguiculata* (L.) Walp.) está adaptado a condiciones de altas temperaturas, resistente a plagas y enfermedades y es una de las leguminosas más tolerantes al estrés hídrico (9).

Los genotipos ejoteros son cultivados en países de Asia, Europa, Oceanía y América, y en México, en los estados de Tamaulipas, Yucatán, Tabasco, Campeche y Guerrero. Produce vainas con longitudes de 28 a 79 cm, las cuales en estado inmaduro se utilizan como verdura en la alimentación humana que son ricas en proteínas, carbohidratos, vitaminas (A y C) y minerales (8). Contiene además importantes cantidades de fibras, cuyo consumo ayuda a prevenir enfermedades como: hemorroides, cáncer colorectal, diabetes y obesidad (36).

Los cultivares de crecimiento indeterminado (guía) son los más utilizados para la producción de vainas, en estos se ha encontrado adecuada complementación al establecerse asociados

con maíz (*Zea mays* L.), el cual les sirve como soporte o tutor. En este sistema de producción se incrementa el uso equivalente de la tierra, la diversidad de productos cosechados y la rentabilidad económica, esto último, debido a que se evita el gasto de la adquisición de postes de madera o concreto y malla plástica usados como espaldera convencional (4).

Comúnmente, la siembra se realiza a distancias entre hileras de 80 cm (5), sin embargo, por el tamaño del dosel vegetal del FC y maíz, podría mejorarse la respuesta productiva con mayor distanciamiento entre plantas al disminuir el autosombreado. La variación en los arreglos topológicos modifica la producción y el tiempo a ocurrencia de las etapas fenológicas (1).

Incluir una gramínea en el sistema de producción, demanda mayor cantidad de nutrimentos (11), los cuales son suministrados al suelo, mediante fertilizantes químicos, que además de aumentar

los costos de producción si no se hace un manejo correcto pueden provocar graves daños ambientales (30), y aunque no es posible sustituir por completo su uso, debido a la gran demanda de alimentos, podría complementarse la nutrición de la planta mediante otras tecnologías, como la fertilización foliar. Esta se utiliza para suministrar principalmente micronutrientes, y algo de macronutrientes, habiéndose encontrado que es mayor la efectividad por unidad de nutriente respecto de la fertilización edáfica (2, 35).

La biofertilización (inoculantes a base de microorganismos generalmente bacterias y hongos) puede contribuir a mejorar la nutrición de la planta mediante la fijación de N-atmosférico y aumento del sistema radical (28, 27).

El incremento en el rendimiento con la aplicación de biofertilizantes y fertilizantes foliares, se atribuye a que la planta dispone de mayor cantidad de nutrientes, con lo cual puede hacer más eficiente el uso de recursos naturales como agua y radiación solar. Cuando las plantas cuentan con nutrición apropiada, son más resistentes al ataque de plagas, enfermedades, y consecuentemente producirán más flores, y mayor rendimiento (23).

El uso de estas tecnologías, además de conservar el ambiente podría contribuir a mejorar la calidad nutrimental.

En frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), la aplicación de *Rhizobium etli* + *Glomus intraradices* aumentó en 28% el rendimiento (21).

La mayor fijación de N ocurre al inicio de la etapa reproductiva, lo que mejora el rendimiento y la calidad nutrimental, por la mayor formación de proteínas (18). Así se reporta que la combinación *R. etli* + *G. intraradices* aumentó la concentración de proteínas, fibra cruda y minerales como calcio y fósforo, con la consecuente

disminución de carbohidratos en vainas de frijol ejotero (31). Además, la aplicación vía foliar de micronutrientes como Mn, Zn, Cu, Mo y B incrementó el contenido de proteínas y el rendimiento agronómico (22). Reportes similares se encontraron por otros investigadores (10, 15).

Son escasos este tipo de estudios de FC en espaldera de maíz.

### Objetivo

Evaluar el efecto de la distancia entre hileras, biofertilización y fertilización foliar sobre el tiempo a ocurrencia de las etapas fenológicas, rendimiento y calidad de vainas del FC.

### MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en Huitzucó, Guerrero. (18°15' N; 99°12' O y 1154 m de altitud), clima Aw<sub>1</sub> es cálido subhúmedo (16), suelo arcilloso, pH 7,4, inicialmente con 0,11% de N-inorgánico (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) extraído con KCl 2N y 14 ppm de P-Olsen; características físico-químicas determinadas con las metodologías descritas en Motsara y Roy (2008).

En junio de 2012 se sembró FC en espaldera viva de maíz a distancias entre mata de 0,5 m (una planta de cada especie por mata).

Fueron ocho tratamientos: distancias entre hilera de 80 cm (D8) y 160 cm (D16), con y sin biofertilización (B y SB respectivamente) y, con y sin fertilización foliar (F y NF).

El biofertilizante se inoculó disolviendo 13 g de carboximetilcelulosa (adherente) en 0,15 L de agua que se mezcló con 2 kg de semilla, posteriormente se aplicó 38 g de *R. etli* (500 millones de bacterias g<sup>-1</sup>) y 0,1 kg de *G. intraradices* (30000 esporas kg<sup>-1</sup>), dejando reposar 12 horas antes de la siembra.

La fertilización foliar fue con la mezcla de 3% de ácido húmico, 6,25% de ácido giberélico, 1,5% de N, 5% de  $P_2O_5$ , 5% de  $K_2O$ , más S, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, Mo y B a 1,5, 0,25, 0,25, 0,6, 0,8, 0,4, 0,4, 0,01 y 0,01 g L<sup>-1</sup>, respectivamente; fueron seis aplicaciones a dosis de 2 a 3 L ha<sup>-1</sup>, cada 15 días, partiendo de los 30 días después de la siembra (dds).

Se aplicó todo el P y la mitad de N a los 15 dds y el resto a los 45 dds, totalizando como fertilización al suelo 50 kg ha<sup>-1</sup> de N y  $P_2O_5$ . El diseño experimental fue de bloques completos al azar en parcelas subdivididas con cuatro repeticiones, la parcela grande fue la D, BIO la mediana y FF la parcela chica.

Durante el desarrollo del cultivo se registró: temperatura máxima (°C), mínima (°C) y precipitación pluvial diaria (mm), y días a ocurrencia de las etapas fenológicas según Escalante y Kohashi (1993): emergencia (E), inicio de anthesis (R6), primer corte (C1) y último corte de vaina (C7).

En total fueron siete cortes de vaina de más de 35 cm, uno por semana, determinándose: rendimiento (RVV), número (NV), longitud (LV) y diámetro (DV) de vainas verdes.

Para conocer el requerimiento térmico e hídrico y la eficiencia en el uso del agua del FC, se calculó las unidades calor acumuladas (UC) mediante el método residual (33):

$$UC = [T_{max} + T_{min}]/2 - T_b$$

donde:

$T_{max}$  = temperatura máxima

$T_{min}$  = temperatura mínima

$T_b$  = temperatura base de 10°C (7).

La evapotranspiración del cultivo (ETc) se calculó a partir de los datos de evaporación del tanque tipo A, usando 0,75

como coeficiente del evaporímetro ( $K_e$ ) y valores de  $K_c$  en función al desarrollo del cultivo, a partir de la ecuación:

$$ETc = Ev * K_e * K_c \quad (3)$$

Para evaluar (34) la calidad nutricional de las vainas del FC (minerales, carbohidratos solubles, proteínas, grasas y fibra cruda, todas en porcentaje), las muestras se secaron y trituraron en un molino eléctrico (Modelo Kb 5/10®, Alemania) con criba de 50  $\mu$ m.

Los tratamientos se compararon con la prueba de Tukey al 5% de probabilidad usando el paquete SAS versión 9,1 (32).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Rendimiento de vaina y componentes

El rendimiento de vaina verde (RVV) y número de vainas (NV), mostró cambios altamente significativos ( $P \leq 0,01$ ) por efecto de distancia entre hileras (D), biofertilización (BIO) y fertilización foliar (FF). La interacción D\*FF fue altamente significativa en NV, mientras que D\*BIO y BIO\*FF fue ( $P \leq 0,05$ ) en RVV (tabla 1, pág. 35).

Con 80 cm entre hileras (D8) se logró aumentar 20% el RVV y 35% el NV, que con BIO aumentaron 14 y 10% respectivamente.

El mayor efecto se produjo con FF, que incrementó 35% el RVV y NV. En cuanto a las interacciones, independientemente de la FF, la inoculación con BIO presentó mayor efecto sobre el RVV en D8 que en la siembra a 160 cm entre hilera (D16), así mismo, el NV mostró mayores incrementos con la aplicación de FF en la siembra a D8 que en D16. También se encontró, que en cualquier D, la FF generó más efecto positivo en el RVV al no aplicar BIO (SB).

**Tabla 1.** Análisis de varianza del rendimiento de vaina verde (RVV), número de vainas (NV), diámetro de vainas (DV) y longitud de vaina (LV) del frijol chino en espaldera de maíz en función de la distancia entre hileras, biofertilización y fertilización foliar.

**Table 1.** Variance analysis of green pod yield (RVV), number of pods (NV), pod diameter (DV) and pod length (LV) of cowpea on trellis maize as function of distance between rows, biofertilization and foliar fertilization.

Factor	RVV	NV	DV	LV
D	**†	**	NS	NS
BIO	**	**	NS	NS
FF	**	**	NS	NS
D*BIO	*	NS	NS	NS
D*FF	NS	**	NS	NS
BIO*FF	*	NS	NS	NS
D*BIO*FF	NS	NS	NS	NS

†\*,\*\* =  $P \leq 0,01$  y  $0,05$ , respectivamente. NS = no significativo. D = distancia entre hileras, BIO = biofertilización y FF = fertilizante foliar. RVV = rendimiento de vaina en verde, NV = número de vainas, DV = diámetro de vaina y LV = longitud de vaina.

†\*,\*\* =  $P \leq 0.01$  and  $0.05$ , respectively. NS = not significant. D = distance between rows, BIO = biofertilization and FF = foliar fertilization. RVV = green pod yield, NV = number of pods, DV = pod diameter and LV = pod length.

Así por la mayor producción de vainas, la combinación D8-B-F, produjo el mayor RVV, seguida de D8-SB-F y D16-B-F (tabla 2, pág. 36).

Debido al mayor espaciamiento entre hileras, con D16 el RVV fue menor que con D8. El RVV con D8-B-F fue ligeramente inferior a los  $960 \text{ g m}^{-2}$  reportados por Nwofia (2012) en Nigeria bajo condiciones de monocultivo, suelo con pH 4,8, 1,9% de materia orgánica, 0,05% de N y 27 ppm de fósforo, sin fertilización.

En este trabajo la densidad de población del FC fue menor, ya que se cultivó asociado con maíz. La longitud de vaina (LV) y diámetro de vaina (DV) no fueron diferentes entre tratamientos, y presentaron valores promedio de 39,8 y 0,85 cm respectivamente (tabla 2), similares a los reportados por Apáez *et al.* (2014).

El mayor rendimiento del FC con D8 se atribuye a su mayor densidad de población que produce un uso más eficiente de la

radiación solar y de los nutrimentos del suelo, debido a la mayor y más temprana cobertura del dosel, lo que hace más eficiente el uso del agua, recurso limitante (11, 17) en comparación con D16.

Respuesta similar produjo el frijol común, 50% más a 30 cm que a 60 cm, y el haba (*Vicia faba* L.), 22% más de rendimiento a 20 cm que a 40 cm de distancia entre hileras. Sin embargo, la producción por planta aumentó con la distancia: 15% en frijol común y 63% en haba (1, 6).

El bajo nivel de fertilidad inicial del suelo (N-inorgánico de 0,11% y 14 ppm de P), aunado a la baja fertilización edáfica (50 y 50 kg de N y  $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ ) pudo haber favorecido la respuesta a la aplicación de BIO y FF en el cultivo.

Con la FF se suministró macro y micro nutrimentos vía foliar, que de acuerdo con Trejo-Tellez *et al.* (2003) es de mayor la efectividad en relación con la fertilización edáfica.

**Tabla 2.** Rendimiento de vaina verde (RVV en peso fresco), número de vainas (NV), diámetro de vainas (DV) y longitud de vaina (LV) del frijol chino en función de la distancia entre hileras, biofertilización y fertilización foliar.

**Table 2.** Green pod yield (RVV as fresh weight), number of pods (NV), pod diameter (DV) and pod length (LV) of cowpea as function of distance between rows, biofertilization and foliar fertilization.

D	BIO	FF	RVV (g m <sup>-2</sup> )	NV (No. m <sup>-2</sup> )	DV (cm)	LV (cm)
D8	B	F	851a <sup>†</sup>	86 a	0,87 a	40,9 a
		SF	645c	64 c	0,85 a	40,2 a
	SB	F	758b	78 b	0,86 a	40,2 a
		SF	497d	53 e	0,81 a	38,4 a
D16	B	F	657c	61 cd	0,87 a	40,5 a
		SF	535d	47 ef	0,83 a	39,8 a
	SB	F	654c	55 de	0,85 a	39,4 a
		SF	444d	45 f	0,83 a	38,9 a
Media general			630	61	0,85	39,8
DMS <sub>0,05</sub>			91,8	7,8	0,06	2,83
CV			7,2	5,7	6,4	7,1

<sup>†</sup> Letras distintas en la misma columna indican diferencias, Tukey\*, \*\*, P ≤ 0,01 y 0,05 respectivamente. DMS<sub>0,05</sub> = diferencia mínima significativa, CV = coeficiente de variación. D = distancia entre hileras, D8 = 80 cm, D16 = 160 cm, BIO = biofertilización, B = con BIO, SB = sin BIO, FF = fertilización foliar, F = con FF, SF = sin FF.

<sup>†</sup> Different letters in the same column indicate differences, Tukey\*, \*\*, P ≤ 0.01 and 0.05 respectively.

DMS<sub>0,05</sub> = minimum significant difference, CV = coefficient of variation. D = distance between rows, D8 = 80 cm, D16 = 160 cm, BIO = biofertilization, B = with BIO, SB = without BIO, FF = foliar fertilization, F = with FF, SF = without FF.

Con BIO se reporta aumento de la fijación de nitrógeno atmosférico (27), mayor área de exploración radical y consecuentemente más absorción de agua y nutrimentos del suelo (20).

Respuestas similares a las encontradas en este estudio fueron reportadas en FC en unicultivo por Dekhane (2011) y en haba por Galal (2010) al inocular cepas de *Rhizobium* y la combinación *Rhizobium + Bacillum megaterium* var. Phosphaticum y en sorgo (*Sorghum bicolor*) por Rangel *et al.* (2014), al inocularlo con *Azospirillum brasilense*.

#### Calidad nutrimental del rendimiento de vaina

Los contenidos de minerales, proteínas y carbohidratos solubles (CS) presentaron

cambios significativos por efecto de la distancia entre hileras (D).

La biofertilización (BIO) modificó la concentración de minerales, CS y fibra cruda. Mientras que la fertilización foliar (FF) afectó la cantidad de proteínas y CS.

Las interacciones D\*BIO y D\*FF afectaron a las proteínas, CS, D\*BIO a minerales y fibra cruda. BIO\*FF a minerales y fibra cruda. La interacción D\*BIO\*FF afectó a todos los componentes determinados a excepción de grasas (tabla 3, pág. 37).

El FC cultivado en espaldera de maíz a D8 mostró incrementos de 7 y 3% respectivamente en la concentración de minerales y proteínas de las vainas respecto de D16. Sin embargo, el contenido de CS bajó en 3%.

**Tabla 3.** Análisis de varianza de los componentes de calidad nutrimental para vaina verde del frijol chino en espaldera de maíz, en función de la distancia entre hileras, biofertilización y fertilización foliar.

**Table 3.** Nutritional quality components of cowpea green pod in trellis maize analysis of variance, as function of distance between rows, biofertilization and foliar fertilization.

Factor	Minerales	Proteínas	Grasas	CS	Fibra cruda
D	**†	**	NS	**	NS
BIO	*	NS	NS	**	**
FF	NS	**	NS	**	NS
D*BIO	**	**	NS	**	*
D*FF	NS	*	NS	*	NS
BIO*FF	**	NS	NS	NS	*
D*BIO*FF	**	**	NS	**	*

†\*, \*\* =  $P \leq 0,01$  y  $0,05$ , respectivamente. NS = no significativo. D = distancia entre hileras, BIO = biofertilización y FF = fertilización foliar. CS = carbohidratos solubles, FC = fibra cruda.

†\*, \*\* =  $P \leq 0.01$  and  $0.05$ , respectively. NS = not significant. D = distance between rows, BIO = biofertilization, FF = foliar fertilization. CS = soluble carbohydrates, FC = crude fiber.

Efectos similares fueron reportados en frijol común por Abubaker (2008) y Bakry *et al.* (2011). En contraste, Russo (2006) no encontró efecto de D.

La inoculación con BIO aumentó la concentración de minerales y mejoró la digestibilidad de las vainas al disminuir fibra cruda. Esto concuerda con lo reportado en haba, la cual redujo 0,5% la concentración de fibras por la inoculación con *R. etli*.

La más alta calidad nutricional provocada por BIO puede estar relacionada con la mayor fijación de N-atmosférico de *R. etli* y el mayor crecimiento radical por *G. intraradices*, que posiblemente incrementó la absorción de nutrientes hacia la vaina (31).

Con FF mejoró la concentración de minerales y sobre todo de proteínas, sin embargo disminuyó el contenido de CS. El efecto positivo de FF en la calidad nutrimental de las vainas puede atribuirse a que además de aportar macronutrientes, también es fuente de boro y magnesio, los

cuales de acuerdo con Kozera *et al.* (2013) contribuyen de manera significativa a la síntesis de proteínas.

En cuanto a las interacciones, la inoculación del BIO incrementó más la concentración de minerales (3%) y fibra cruda (5,6%) en la siembra a D8 que a D16.

Sin embargo, también en D8 provocó mayor reducción en el contenido de CS (-2,2%). Por otra parte, independientemente de la BIO, la aplicación de FF fue más efectivo en el incremento de proteínas y CS en D16 (6,8 y 2,8%, respectivamente).

Así mismo, en ambas D, la FF aumentó más la concentración de minerales cuando no se aplicó BIO (10,5%), aunque también redujo en mayor medida la concentración de fibra cruda (-6,1%).

Así, las combinaciones D8-B-F, D8-SB-F y D16-B-F además de aumentar el RVV, también mejoraron la calidad nutrimental del FC, al incrementar la concentración de minerales y proteínas, y disminuir los CS, y fibras (tabla 4, pág. 38).

**Tabla 4.** Análisis nutrimental (% en base seca) de vainas verdes de frijol chino en función de la distancia entre hileras, biofertilización y fertilización foliar.**Table 4.** Cowpea green pods nutrient analysis (% as dry basis) as function of distance between row, biofertilization and foliar fertilization.

DH	BIO	FF	Minerales	Proteínas	Grasas	CS	Fibra cruda
D8	B	F	6,52 a <sup>†</sup>	28,08 a	1,86a	47,86 d	15,67 a
		NF	6,47 ab	27,66 ab	1,78 a	48,24 cd	15,88 a
	SB	F	6,61 a	28,42 a	1,96 a	48,54 cd	14,46 c
		NF	6,01 cd	27,05 bc	1,79 a	49,72 b	15,43 ab
D16	B	F	6,01 cd	28,25 a	1,81 a	48,96 bc	14,96 bc
		NF	5,89 d	26,1 d	1,70 a	50,64 a	15,66 a
	SB	F	6,24 bc	27,85 ab	1,75 a	49,68 b	14,48 c
		NF	5,62 e	26,41 cd	1,71 a	50,84 a	15,41 ab
Media general			6,17	27,48	1,80	49,31	15,24
DMS <sub>0,05</sub>			0,26	0,91	0,34	0,83	0,53
CV			1,90	1,29	8,9	0,73	1,47

<sup>†</sup> Letras distintas en la misma columna indican diferencias, Tukey \*, \*\* =  $P \leq 0,01$  y  $0,05$  respectivamente. DMS<sub>0,05</sub> = diferencia mínima significativa, CV = coeficiente de variación. D = distancia entre hileras, BIO = biofertilización, B = con biofertilización, SB = sin biofertilización, FF = fertilización foliar, F = con FF, NF = sin FF. D8 = D de 80 cm, D16 = D de 160 cm. CS = carbohidratos solubles.

<sup>†</sup> Different letters in the same column indicate differences, Tukey \*, \*\* =  $P \leq 0.01$  and  $0.05$  respectively. DMS<sub>0,05</sub> = minimum significant difference, CV = coefficient of variation. D = distance between rows, BIO = biofertilization, B = with biofertilization, SB = without biofertilization, FF = foliar fertilization, F = with FF, NF = without FF. D8 = 80 cm of D, D16 = 160 cm of D, CS = soluble carbohydrates.

De acuerdo con el análisis nutrimental del FC, en promedio 100 g de materia seca de vainas aportan 6,2 g de minerales, 27,5 g de proteína, 8,9 g de grasa, 49,3 g de carbohidratos solubles, 15,2 g de fibra cruda (tabla 4).

Por lo que es un alimento de alta calidad proteica, que lo hace una alternativa para incrementar su consumo y por ser rico en fibra contribuir probablemente a reducir enfermedades del colon, como diverticulosis, constipación, hemorroides, cáncer colorectal, obesidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares (36).

Aunque con, D8-SB-F, D16-B-F y D16-SB-F disminuyó el contenido de fibra cruda, la concentración de estas puede considerarse alta (> 14%).

Al comparar los datos nutrimentales de vainas de frijol común presentados por Salinas *et al.* (2012), se puede decir que el consumo del frijol chino proporciona más ventajas, ya que es superior 40% en proteína, 12% en carbohidratos y 84% en grasa.

### Clima, fenología unidades calor y evapotranspiración

En la tabla 5 (pág. 39), se presenta la temperatura máxima (T<sub>máx</sub>), temperatura mínima (T<sub>mín</sub>) (media decenal) y la precipitación pluvial estacional (suma decenal), se observa que durante el ciclo del cultivo en promedio la T<sub>máx</sub> osciló entre 32,5 y 35,5°C y la T<sub>mín</sub> entre 16,9 y 18,6°C.



**Tabla 5.** Temperaturas máximas y mínimas (media decenal), unidades calor, evapotranspiración y precipitación (suma decenal) durante el ciclo de cultivo del frijol chino en espaldera viva de maíz.

**Table 5.** Maximum and minimum temperatures (ten days mean), heat units, evapotranspiration and precipitation (ten days sum) during the growing cycle of cowpea on maize trellis.

Mes	Decena	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Precipitación (mm)	UC (°C d)	ETc (mm)	Etapas fenológica
junio	20	35,5	17,5	52,0	65,3	7,4	S-E
junio	30	34,0	18,6	36,5	163,0	23,9	
julio	10	33,6	17,5	118,0	155,8	14,4	
julio	20	34,4	17,2	14,5	158,5	29,9	
julio	30	32,6	17,4	135,5	165,5	28,4	
agosto	10	32,5	18,1	108,5	153,3	33,6	
agosto	20	34,3	17,6	54,0	159,8	43,3	R6
agosto	30	33,2	17,5	124,8	169,3	36,2	C1
septiembre	10	33,6	17,5	110,8	155,5	30,0	
septiembre	20	34,3	18,3	52,0	163,3	27,5	
septiembre	30	34,2	17,0	117,0	156,0	25,5	
octubre	10	34,2	16,9	16,5	63,0	9,6	C7

UC = unidades calor, ETc = evapotranspiración, S = siembra, E = emergencia, R6 = inicio de floración, C1 = primer corte de vaina y C7 = último corte de vaina.

UC = heat units, ETc = evapotranspiration, S = sowing, E = emergency, R6 = start of flowering, C1 = first cut pod, C7 = last cut pod.

La temperatura más alta se presentó en la primera decena, es decir, de siembra (S) a emergencia (E), posteriormente tendió a disminuir.

La precipitación acumulada durante la estación de crecimiento fue de 940 mm, de la cual, el 49% (465 mm) ocurrió en la etapa vegetativa, que corresponde al período entre S e inicio de floración (R6).

De acuerdo con Dugje *et al.* (2009), tanto la temperatura como la precipitación ocurridas durante el estudio, fueron apropiadas para una buena expresión del rendimiento del FC.

El tiempo a ocurrencia de las etapas fenológicas en FC no se modificó por efecto de los tratamientos, así, la E se presentó a los 6 días después de la siembra (dds), R6 a los 58 dds, el primer corte de vaina

(C1) a los 70 dds y el último corte (C7) a los 110 dds (tabla 5).

Al respecto Peksen y Peksen (2012) en líneas avanzadas de FC cultivadas en clima cálido reportan que estas llegaron a floración entre los 52 y 64 dds, similarmente a lo encontrado en este estudio.

En haba, Escalante y Rodríguez (2011) encontraron que el tiempo a ocurrencia de las etapas fenológicas no se modificó a causa de prácticas agronómicas como arreglos topológicos y fertilización. Sin embargo, en frijol común se han registrado seis días de aumento en el ciclo del cultivo al aumentar la densidad de población (1).

Las variaciones en respuesta podrían atribuirse a que se trata de diferentes cultivos.

La acumulación de unidades calor de S a C7 fue de 1728°C d, distribuidas 876°C d en la etapa vegetativa (E a R6) y 852°C d en la etapa reproductiva (C1 a C7).

Mientras que la evapotranspiración total fue 310 mm, de la cual, 46% fue durante la etapa vegetativa. Valores similares fueron reportados por Guangyao *et al.* (2006) y Apáez *et al.* (2013) en condiciones ambientales parecidas

## CONCLUSIONES

Los factores, distancia entre hileras, biofertilización y fertilización foliar no modificaron el tiempo a ocurrencia de las etapas fenológicas del frijol chino, pero sí el rendimiento y calidad nutrimental de vaina verde.

La mayor producción se logró con la siembra entre hileras a 80 cm, con biofertilización y con fertilización foliar. Tratamiento con el que se obtuvo la mayor calidad nutrimental debido a la mayor concentración de minerales y proteínas y menor de carbohidratos y fibras.

## BIBLIOGRAFÍA

1. 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. American Journal and Biological Science. 3: 666-668.
2. Alayón Luaces, P.; Rodríguez, V. A.; Píccoli, A. B.; Chabbal, M. D.; Giménez, L. I.; Martínez, G. C. 2014. Fertilización foliar con macronutrientes a plantas de naranja Valencia late (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) y tangor Murcott (*Citrus reticulata* Blanco x *Citrus sinensis* (L.) Osbeck). Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 46(1): 87-96.
3. Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Riego y drenaje. Manual. 56. FAO. Roma. 296 p.
4. Apáez, B. P.; Escalante, E. J. A.; Rodríguez, G. M. T. 2013. Producción de vaina verde en frijol chino y tipo de espaldera en clima cálido. Revista Chapingo Serie Horticultura. 19: 129-140.
5. Apáez, B. P.; Escalante, E. J. A.; Rodríguez, G. M. T.; González, C. M. C.; Apáez, B. M. 2014. Analysis of growth and production in maize trellis with nitrogen and phosphorous. International Journal of AgriScience. 4(2): 102-108.
6. Bakry, B. A.; Elewa, T. A.; El Karamany, M. F.; Zeidan, M. S.; Tawfik, M. M. 2011. Effect of row spacing on yield and its component of some faba bean varieties under newly reclaimed sandy soil condition. World Journal of Agricultural Science. 7: 68-72.
7. Barrios, G. E. J.; López, C. 2009. Temperatura base y tasa de extensión foliar en frijol. Agrociencias. 43: 29-35.
8. Coker, C.; Ely, M.; Freeman, T. 2007. Evaluation of yardlog bean as a potential new crop for grower in the Southeastern United States. Hort Technology. 17(4): 592-594.
9. Dadson, R. B.; Hashem, F. M.; Javaid, I.; Allen, A. L.; Devine, T. E. 2005. Effect of water stress on yield of cowpea genotypes in the Delmarva region of the United States. Journal of Agronomy and Crop Science. 191: 210-217.
10. Dekhane, S. S.; Khafi, H. R.; Raj, A. D.; Parmar, R. M. 2011. Effect of biofertilizer and fertility levels on yield, protein content and nutrient uptake of cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. Legume Research-An International Journal. 31: 51-54.
11. Delgado Martínez, R.; Escalante Estrada, J. A. S.; Morales Rosales, E. J.; López Santillan, J. A.; Rocandio Rodríguez, M. 2015. Producción y rentabilidad del frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) asociado a maíz en función de la densidad y el nitrógeno en clima templado. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 47(2): 15-25.

12. Dugje, I. Y.; Omoigui, L. O.; Ekeleme, F.; Kamara, A.Y.; Ajeigbe, H. 2009. Farmers' guide to cowpea production in west Africa. IITA, Ibadam, Nigeria. 19 p.
13. Escalante, E. J. A.; J. Kohashi, S. 1993. El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 84 p.
14. Escalante, E. J. A.; Rodríguez, G. M. T. 2011. Biomasa y rendimiento de haba en función de la densidad de población, nitrógeno y fósforo. Ciencias Agrícolas Informa. 20: 16-25.
15. Galal, A. O.; Izzeldin, A. F.; ElHassan, G. A. 2010. Effects of biological and mineral fertilization on yield, chemical composition and physical characteristics of faba bean (*Vicia faba* L.) Cultivar Seleim. Pakistan Journal of Nutrition. 9: 703-708.
16. García, E. 2005. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª. Edición. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México. 252 p.
17. García, M.; Herrera, P.; Birbe, B.; Colmenares, O.; Martínez, N. 2002. Efecto de dos densidades de siembra y cinco edades de cosecha sobre el rendimiento y calidad del heno de follaje de frijol bayo (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Revista Científica. 12: 584-586.
18. Grageda, C. O. A.; Vermoesen, A.; Cleemput, O. V.; Peña, C. J. J. 2000. Efecto del tipo de suelo, humedad y fuentes de nitrógeno en las emisiones de N<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O. Terra Latinoamericana. 18: 1-9.
19. Guangyao, W.; Milton, E. M.; Jeff, D. E.; Marchis, E. C. S. 2006. Competitive ability of cowpea genotypes with different growth habit. Weed Science. 54(4): 775-782.
20. Hernández, A. F. 2008. La inoculación *Glomus hoilike-Bradirhizobium japonicum* en la producción de soya variedad Verónica para semilla. Cultivos tropicales. 29: 41-45.
21. Irizar, G. M.; Vargas, V. P.; Garza, G. D.; Tut, C. C.; Rojas, M. I.; Trujillo, C. A.; García, S. R.; Aguirre, M. D.; Martínez, G. Y. 2003. Respuesta de los cultivos agrícolas a los biofertilizantes en la región central de México. Agricultura Técnica de México. 29(2): 213-225.
22. 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. Journal of Central European Agriculture. 14: 319-327.
23. Mejía, B. Y.; Álvarez, A. M.; Luna, B. G. 2011. Efectividad de un biofertilizante foliar sobre el cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris*), blue field, R. A. A. S. Ciencia e interculturalidad. 8(4): 128-140.
24. Motsara, M. R.; Roy, R. N. 2008. Guide to laboratory establishment for nutrient analysis. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin. Food and Agriculture Organization. Rome, Italy.
25. Nwofia, G. E. 2012. Yield and yield components in vegetable cowpea on an ultisol. African Journal of Agricultural Research. 7(28): 4097-4103.
26. Peksen, E.; Peksen, A. 2012. Evaluation of vegetable cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) Breeding lines for cultivar development. University Journal of Institute of Science and Technology. 2(4): 9-18.
27. Rangel Lucio, J. A.; Ramírez Gamma, R. M.; Cervantes Ortíz, F.; Mendoza Elos, M.; García Moya, E.; Rivera Reyes, J. G. 2014. Biofertilización de *Azospirillum* spp. y rendimiento de grano de maíz, sorgo y trigo. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 46(2): 231-238.
28. 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 de Guárico. Agronomía Tropical. 59: 381-386.
29. Russo, V. M. 2006. Mineral nutrient and protein content in tissue, and yield of navy bean, in response to nitrogen fertilization and row spacing. Journal of Food Agriculture and Environment, 4(2): 168-171.
30. Sabate, P. P. 2001. Efectos medios ambientales de las prácticas agrícolas y su contabilización. Revista Técnica Contable. 849-860.
31. Salinas, R. N.; Escalante, E. J. A.; Rodríguez, G. M. T.; Sosa, M. E. 2012. Rendimiento y calidad nutrimental del frijol ejotero en dos ambientes. Revista Fitotecnia Mexicana. 35(4): 317-323.
32. SAS Institute. 2003. SAS/STAT user's guide Release 9.1. SAS Institute. Cary, NC, USA.
33. Snyder, R. L. 1985. Hand calculating degree days. Agricultural and Forest Meteorology. 35: 353-358.

34. Sosa, P. E. 1979. Manual de procedimientos analíticos para alimentos de consumo animal. Departamento de zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo, México. 115 p.
35. Trejo-Téllez, L. I.; Rodríguez-Mendoza, M. N.; Alcántar-González, G.; Vázquez-Alarcón, A. 2003. Fertilización foliar específica para corregir deficiencias nutrimentales en tres tipos de suelo. *Terra Latinoamericana*. 21(3): 365-372.
36. Valencia, G. F. E.; Román, M. M. O. 2004. La fibra dietaria como alimento funcional. *Vitae*. 11(2): 12-17.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo otorgado para la realización de esta investigación. Registro Núm. 222753 (2010).