

Producción y rentabilidad del frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) asociado a maíz en función de la densidad y el nitrógeno en clima templado

Snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production and profitability intercropping with maize in function of density and nitrogen in template climate

Rafael Delgado Martínez ^{1,2}, José Alberto Salvador Escalante Estrada ²,
Edgar Jesús Morales Rosales ³, José Alberto López Santillan ¹, Mario Rocandio Rodríguez ¹

Originales: *Recepción*: 31/10/2014 - *Aceptación*: 04/06/2015

RESUMEN

Las espalderas del frijol de crecimiento indeterminado trepador, comúnmente son estructuras de madera, metálicas o de concreto, así como malla de plástico que incrementan el costo de producción. Por lo que, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la densidad de siembra y nitrógeno sobre el rendimiento y rentabilidad económica del frijol ejotero en espaldera viva de maíz, en clima templado. La siembra se realizó en Montecillo, Estado de México, bajo régimen de lluvia. Se usó como espaldera un maíz criollo azul, para frijol ejotero, el cultivar Hav-14 de hábito de crecimiento indeterminado trepador (Tipo IV). Los tratamientos fueron: a) densidad de una, dos y tres plantas de frijol ejotero (4, 8 y 12 pl m⁻², respectivamente) por una de maíz; y b) 0, 75 y 150 kg·ha⁻¹ de N, que generaron nueve combinaciones de tratamientos. El mayor rendimiento y número de ejotes se logró con dos plantas de frijol ejotero por mata y 150 kg·ha⁻¹ de N. Independientemente de los tratamientos, en el cuarto y quinto corte se encontró el mayor rendimiento. La mayor eficiencia en el uso del agua, mayor ingreso neto y mayor tasa de retorno se lograron con densidades de dos plantas de frijol ejotero por mata y el nivel más alto de nitrógeno. Dichos resultados se lograron con 950°C d y 190 mm de ETc.

Palabras clave

eficiencia en el uso del agua • eficiencia agronómica • evapotranspiración • unidades calor • fenología

- 1 División de Estudios de Posgrado, Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Centro Universitario Adolfo López Mateos, Cd. Victoria, C.P. 87149. Tamaulipas. Autor para correspondencia. rdelgado@uat.edu.mx; delgado.rafael@colpos.mx
- 2 Programa de Botánica, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera Federal México - Texcoco km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. México.
- 3 Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento. Universidad Autónoma del Estado de México. Km. 15 Carretera Toluca - Ixtlahuaca entronque al Cerrillo, Toluca, Estado de México. C. P. 50200. México.

ABSTRACT

Bean trellises climbing indeterminate commonly are wooden structures, metal or concrete, and plastic netting that increase the cost of production. The aim of this study was to evaluate the effect of density and nitrogen on yield and profitability of snap bean intercropping with maize in temperate climate. Sow was done in Montecillo, State of Mexico, and rainfall regime. It was used as living trellis blue native maize for snap bean, cv Hav-14 indeterminate climbing growth habit (Type IV). The treatments were: a) density of one, two and three snap bean plants (4, 8 and 12 pl m⁻², respectively) by a corn; b) 0, 75 and 150 kg ha⁻¹ of N, generating nine combinations of treatments. The highest yield and number of snaps beans was achieved with two snap bean plants and 150 kg ha⁻¹ of N. Regardless of the treatments, the fourth and fifth cut the highest yield was found. The greater efficiency in water use, the higher net income and the higher net return was achieved with densities of two snap bean plants per hill and the highest level of nitrogen. These results are achieved with 950 °C and 190 mm ETc.

Keywords

water use efficiency • agronomic efficiency • evapotranspiration • heat units
• phenology

INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) se ha cultivado principalmente para consumirse como grano seco, no así como ejote, el cual presenta alta calidad nutritiva, 28% de proteína, 22% de fibra detergente ácida y 1,8% de calcio (base seca), vitaminas principalmente del complejo B (12, 15, 25) y medicinal, estudios clínicos demuestran que su consumo ayuda a reducir el riesgo de cáncer de colon, enfermedades cardiovasculares y diabetes (3, 17).

Datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)(26), indican que el consumo *per cápita* de frijol ejotero en México se ha incrementado en los últimos años de 0,9 a 1,1 kg. Sin embargo, para atender la demanda de frijol ejotero (FE) es necesario aumentar la producción y mejorar su calidad nutricional, a través, de la selección de cultivares apropiados, que se adapten a diversos ambientes y condiciones de manejo.

Por otra parte, la siembra de FE, se ha realizado en unicultivo para los de hábito determinado (tipo I y II) y los de hábito indeterminado (tipo III y IV), que requieren un soporte para su crecimiento, se han sembrado en espaldera convencional o asociado con otra especie (6, 7).

El manejo de dicho agrosistema debe caracterizarse, para que el FE exprese su máxima producción y calidad. Las espaldaderas del frijol de crecimiento indeterminado trepador comúnmente son estructuras de madera, metálicas o de concreto, así como malla de plástico (19, 25) que incrementan el costo de producción.

Para reducir dicho costo, se ha utilizado como espaldera viva, al maíz, girasol y algunos frutales.

La asociación de frijol con maíz constituye una buena opción, ya que ambas especies por sus diferencias morfológicas (sistema radical y vástago) y fisiológicas

(el frijol tiene un punto de saturación de luz inferior al maíz) se complementan mutuamente en el uso de los recursos (agua, radiación, nutrimentos) (2, 19, 20).

El rendimiento y la eficiencia en el uso de los insumos agrícolas de un cultivo dependen del genotipo, condiciones agroclimáticas y las prácticas de manejo del cultivo (5); y dentro de éstas, la fertilización nitrogenada y la densidad de población se consideran como unas de las de mayor importancia, para incrementar el rendimiento del FE (18, 23).

Peck y MacDonald (1983) al evaluar en campo dosis de nitrógeno en frijol ejotero, reportaron incrementos en el rendimiento de ejote cuando se suministró una mayor cantidad de N.

Por otra parte, Tolera *et al.* (2005) indican que a mayor densidad de población de frijol asociado con maíz, se hace un mejor aprovechamiento de los recursos agrícolas y en consecuencia se obtiene un mayor rendimiento de grano.

Por lo que la hipótesis planteada es que el aumento de la densidad de plantas y suministro de nitrógeno incrementarán el rendimiento de FE en asociación con maíz en clima templado.

Objetivos

Evaluar el efecto de la densidad de siembra y fertilización nitrogenada sobre el rendimiento, eficiencia en el uso del agua, eficiencia agronómica y rentabilidad del frijol ejotero en espaldera viva de maíz.

Determinar la cantidad de calor y evapotranspiración acumulada durante el ciclo del frijol ejotero.

MATERIALES Y MÉTODOS

La siembra de ambas especies se realizó el 17 de mayo de 2010, el cultivar sembrado para FE fue Hav-14 de hábito de crecimiento indeterminado trepador (Tipo IV) y para maíz el cv. San Miguelito de la raza Chalqueño, de color azul, altura de 2,50 a 3,00 m. La distancia entre matas fue de 0,30 m y 0,80 m entre hileras, la unidad experimental fue de cuatro surcos de 5 m de longitud con orientación este a oeste, la parcela útil la constituyeron los dos surcos centrales. Se llevó a cabo, durante la temporada de lluvias estacionales en Montecillo, México (19°28'4,26" latitud norte y 98°53'42,18" longitud oeste con una altitud de 2250 m).

El clima es el menos seco de los áridos con lluvias en verano, una temperatura media anual de 14,6°C y una precipitación anual de 558 mm (BS1) (16). Período libre de heladas promedio de 170 d, media de crecimiento de grados día de mayo a octubre de 26-28°C d, promedio de horas de brillo solar de mayo a octubre de 1110 h.

El suelo es de textura arcillo-limosa (27), medianamente alcalina (pH de 7,8), la conductividad eléctrica de 1,7 dSm⁻¹ (sin problemas de salinidad).

Respecto de las propiedades químicas, el contenido de materia orgánica es alto, de 3,4%, y el nitrógeno total de 0,158% (alto).

El tratamiento consistió en la siembra manual a densidad de: una, dos y tres plantas de frijol ejotero (4, 8 y 12 pl m⁻², D1, D2, D3, respectivamente) por una de maíz con 0, 75 y 150 kg·ha⁻¹ de N utilizando como fuente a la urea (N0, N75 y N150, respectivamente), aplicado en dos momentos, en la siembra y en la segunda escarda. Esto generó nueve combinaciones de tratamientos.

El diseño experimental fue de bloques completamente al azar con arreglo en parcelas divididas y cuatro repeticiones. Durante el ciclo del cultivo se registraron las etapas fenológicas, de acuerdo con los criterios presentados en Escalante y Kohashi (1993).

De la estación agrometeorológica del Colegio de Postgraduados, se recopilaron datos sobre temperatura máxima ($T_{m\acute{a}x}$, °C) y mínima ($T_{m\acute{i}n}$, °C), precipitación (PP, mm) y evaporación (E_v , mm).

La evapotranspiración del cultivo (ET_c) ($\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$) se calculó mediante la ecuación (1):

$$ET_c = E_v * K_e * K_c,$$

donde

E_v = evaporación del tanque tipo A

K_e = coeficiente para el evaporímetro (0,6)

K_c = coeficiente del cultivo (0,65 para frijol)

Asimismo, se calculó las unidades calor (UC) ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}^{-1}$), mediante el método residual:

$$UE = \sum \left[\left((T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{i}n}) / 2 \right) - T_b \right];$$

donde

$T_{m\acute{a}x}$ = Temperatura máxima

$T_{m\acute{i}n}$ = Temperatura mínima

T_b = temperatura base 10°C para frijol (9)

Se evaluó el rendimiento de ejote en fresco (RE , $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) y número de ejotes de longitud mayor a 10 cm (NE , m^{-2}), por corte, realizados a intervalos de 3 d y el RE y NE total.

La eficiencia en el uso del agua (EUA , $\text{g m}^{-2} \text{mm}^{-1}$) se calculó con la relación (9):

$$EUA = RE / ET_c$$

donde

RE = rendimiento de ejote

ET_c = evapotranspiración del cultivo

La eficiencia agronómica del N, considerada como el incremento en el rendimiento económico de un cultivo por unidad de fertilizante aplicado, se calculó con la siguiente relación (11, 24):

$$EA = (REF - RET) / F$$

donde

REF = rendimiento de ejote del cultivo fertilizado

RET = rendimiento de ejote del testigo y

F = cantidad del fertilizante aplicado (10)

Para conocer el ingreso neto de los distintos tratamientos evaluados, se realizó un análisis económico a la variable rendimiento de ejote, utilizando la relación propuesta por Volke (1982).

$$IN = Y * P_y - (\sum X_i P_i + CF)$$

donde

IN = ingreso neto

Y = $RE \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$

P_y = precio por kg,

$\sum X_i P_i$ = suma del costo variable

CF = costo fijo

Costo fijo (CF) = incluye manejo del cultivo, manejo de plagas y enfermedades, manejo de maleza, mano de obra, transporte, cosecha.

Costo variable (CV) = precio y cantidad de semilla y fertilizante.

Costo total (CT) = Costo fijo + Costo variable.

Ingreso total (IT) = rendimiento por el precio de kilo de ejote ($\$5,00$).

Ingreso neto (IN) = ingreso total - costo total.

Tasa de retorno (TR) = IN/CT .

A las variables evaluadas se les aplicó un análisis de varianza (ANAVA) y la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fenología y elementos del clima

La ocurrencia de las etapas fenológicas en el FE fue similar entre tratamientos. Así, la emergencia (E) fue a los 9 días después de la siembra (dds), la floración (R6) a los 65 dds e inicio de formación de vaina a partir de los 72 dds y hasta los 95 dds fecha del último corte. La ocurrencia de las fases fenológicas fue similar a la reportada para la misma región (7, 25) con frijol de hábito de crecimiento indeterminado en asociación con girasol.

Durante el ciclo del cultivo la T_{máx} osciló entre 25 y 34°C, esta última fue más frecuente en la etapa vegetativa y la T_{mín} fluctuó entre 5 y 11°C durante todo el ciclo. El total de PP durante el ciclo del cultivo fue de 355 mm, de la cual 45% (169 mm)

ocurrió durante la etapa vegetativa y el 55% (186 mm) durante la etapa reproductiva. En contraste, la Ev, más alta ocurrió durante la etapa vegetativa (valores superiores a los 80 mm), y la más baja durante la etapa reproductiva (30 mm), esto indica que el período de mayor déficit hídrico se presentó durante la etapa vegetativa debido a la temperatura más alta y escasa precipitación (figura 1). Cabe señalar que un déficit hídrico se observó durante la primera decena de agosto, durante la etapa de R6 y formación de vaina, que probablemente pudo afectar el NE y en consecuencia el RE.

Esto concuerda con lo reportado por Ojeda *et al.* (2013) quienes mencionan que en condiciones meteorológicas adversas, pocas plantas de frijol alcanzaron la floración afectando en consecuencia el rendimiento.

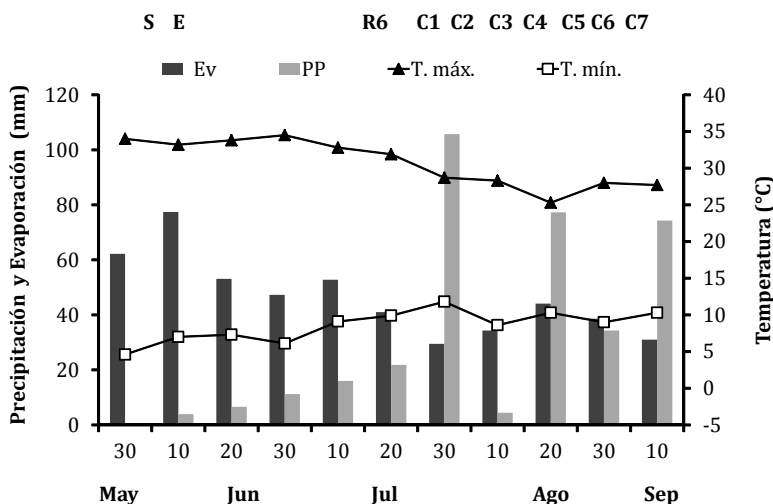


Figura 1. Fenología, suma decenal de la precipitación (PP, mm) y evaporación (Ev, mm), promedio decenal de la temperatura máxima (T.máx.), mínima (T.mín.) durante el desarrollo del experimento. S: Siembra, E: Emergencia, R6: Floración, C1-C7: cortes de ejote. Montecillo, México. Verano 2010.

Figure 1. Phenology, precipitation (PP, mm) and evaporation (EV, mm), maximum and minimum temperature during the course of the experiment. S: Sow, E: Emergency, R6: Anthesis, C1-C7: harvest snap beans. Montecillo, México. Summer 2010.

Unidades calor y evapotranspiración

Las UC acumuladas de siembra (S) a último corte fueron de 950°C d, distribuidos en 110°C d S a E, 675°C d E a inicio de R6 y 164°C d de inicio de R6 a formación de vaina del último corte. Valores cercanos a los reportados en este trabajo fueron encontrados en *Phaseolus vulgaris* L. cv. Cleo por Ferreira *et al.* (2006) al evaluar la calidad de vaina para la industria.

La ETc de la S a la E fue de 21 mm, de E a R6 110 mm y de R6 a formación de vaina del último corte 59 mm. La ETc total fue de 190 mm.

En la figura 2, se observa que la acumulación de UC y ETc durante el ciclo del FE, se ajustó a una ecuación lineal con cambios en 26,60°C y 17,29 mm por día desde la S a formación de vaina del último corte, respectivamente.

Rendimiento y número de ejotes

Se realizaron siete cortes, con una frecuencia de tres a cuatro días.

La dinámica de cortes muestra que durante el cuarto y quinto corte se obtiene el mayor NE y en consecuencia el mayor RE por corte (figura 3, pág. 21).

Esto concuerda a lo reportado por Felefel y Mirdad (2014), quienes mencionan que a mayor número de ejotes un mayor rendimiento, así mismo coincide con una mayor disponibilidad de agua durante este período (tercera decena de agosto).

Por otra parte, el ANAVA mostró diferencias significativas para el RE y NE (tabla 1, pág. 21), densidad de plantas (D) y para nitrógeno (N), la interacción D*N. Con D2 el NE y el RE superaron en 72% y 72%, respectivamente a D1 (tabla 2, pág. 21). Con 150 kg·ha⁻¹ de N, se logró el mayor NE y RE y superó al testigo en 44% para ambas variables.

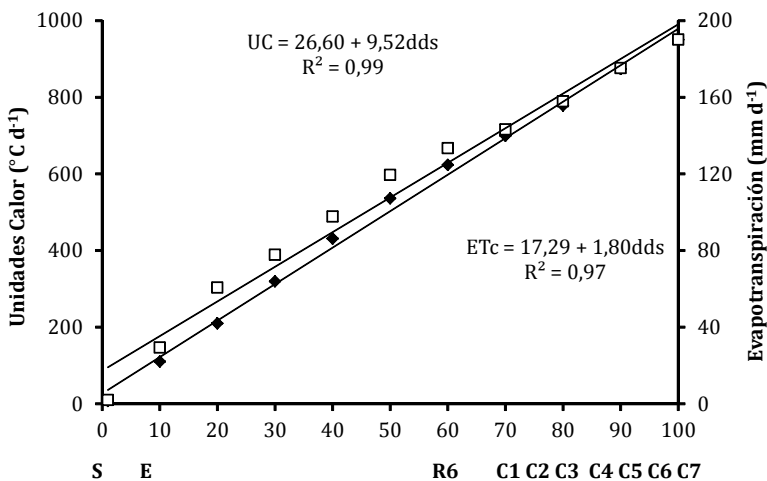


Figura 2. Unidades calor y evapotranspiración acumulada en frijol ejotero con espaldera de maíz. S: Siembra, E: Emergencia, R6: Floración, C1-C7: cortes de ejote. Montecillo, México. Verano 2010.

Figure 2. Accumulated heat units and evapotranspiration in snap bean with living trellis of maize. S: Sow, E: Emergency, R6: Anthesis, C1-C7: harvest snap beans. Montecillo, México. Summer 2010.

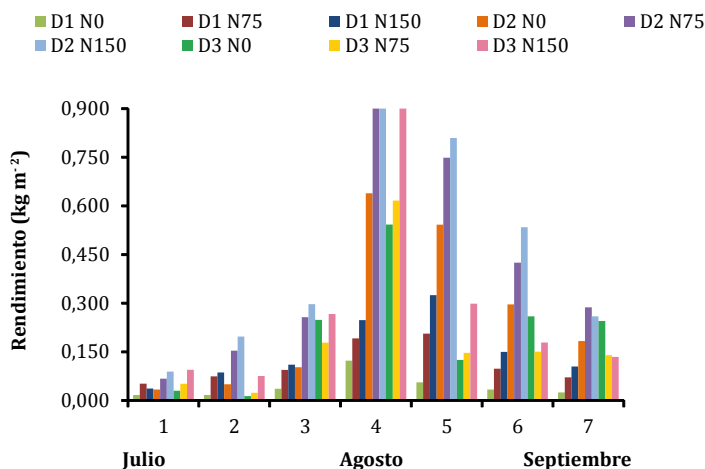


Figura 3. Número de cortes de ejote en Montecillo, México. Verano. 2010.
Figure 3. Number of cuts of snap bean in Montecillo, Mexico. Summer. 2010.

Tabla 1. Análisis de varianza del número de ejotes (NE), rendimiento de ejote (RE) y eficiencia en el uso del agua (EUA) en función de la densidad, fertilización nitrogenada y su interacción. Montecillo, México. Verano 2010.

Table 1. Analysis of variance of the number of snap beans (NB), snap bean yield (BY) and water use efficiency (WUE) in function of density, nitrogen fertilization and their interaction. Montecillo, México. Summer 2010.

	NE	RE	EUA
Densidad de siembra (D)	***	***	***
Fertilización nitrogenada (N)	***	***	***
Interacción (D*N)	**	**	**
CV (%)	10,95	17,04	20,32

** , *** Significancia P<0,05 y 0,001, respectivamente. ** , *** significance P <0.05 and 0.001, respectively.

Tabla 2. Número de ejotes (NE), rendimiento de ejote (RE), eficiencia en el uso del agua (EUA) y eficiencia agronómica en función de la densidad y fertilización nitrogenada. Montecillo, México. Verano 2010.

Table 2. Number of snap beans (NE), yield snap bean (YB), water use efficiency (WUE) and agronomic efficiency of nitrogen (AEN) in function of the density and nitrogen fertilization. Montecillo, Mexico. Summer 2010.

Tratamiento	NE (m ²)	RE (g m ⁻²)	EUA (g m ⁻² mm ⁻¹)	EAN (g g ⁻¹ N)
D1	186 c	0 719 c	2,5 c	56,9
D2	668 a	2 640 a	9,1 a	113,7
D3	450 b	1 588 b	5,5 b	33,9
N0	314 c	1 154 c	4,0 c	---
N75	421 b	1 715 b	5,7 b	74,8
N150	571 a	2 078 a	7,2 a	61,4

Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (p < 0,05).

Different letters indicate significant differences between treatments (p < 0.05).

Con la interacción de D2N75 y D2N150 se logró el NE y RE más alto, consecuencia de un mayor número de plantas y una mejor distribución de plantas de FE por m⁻² y N aplicado (tabla 3). Esto concuerda con lo reportado por Fageria y Santos (2008), quienes mencionan que el aumento en nitrógeno incrementa el número de vainas por planta. También, Escalante y Kohashi (1993) y Escalante *et al.* (2006) indican que bajo condiciones de lluvia estacional con densidad de población alta y una apropiada fertilización nitrogenada, que es necesaria para cubrir las necesidades de una densidad de población más alta, se logra un mayor rendimiento.

Eficiencia en el uso del agua y eficiencia agronómica del N

La mayor eficiencia en el uso del agua se logró con D2 en relación con D1, respecto del N la EUA más alta se encontró con N150 que superó en 44% a N0.

En ambos casos la mayor eficiencia puede deberse a una amplia cobertura del suelo por el cultivo, generado por el

aumento en el número de plantas e incremento de N.

La interacción que presentó el EUA más alta fue D2N150 (tabla 3). Dicho comportamiento se debió, a una mayor cobertura del suelo (10), y un mejor aprovechamiento y eficiencia en el uso del agua.

Por otra parte, la eficiencia agronómica del N más alta fue con D2 y 75 kg·ha⁻¹ de N, con lo que se ratifica a lo reportado por Escalante y Rodríguez (2006), quien menciona que mediante la combinación de una densidad alta y con aplicación de N, se logra una mayor eficiencia en el uso de dicho nutrimento (4).

Análisis económico

De acuerdo con el análisis económico con capital ilimitado (sin restricciones de capital por parte del agricultor) los tratamientos con mayor ingreso neto (IN) fueron D2 N150 y D2 N75 (tabla 4, pág. 23) con \$ 143 248 y \$ 130 350 respectivamente.

El IN más bajo se obtuvo con D1N0.

Tabla 3. Número de ejotes (NE), rendimiento de ejote (RE), eficiencia en el uso del agua (EUA) y eficiencia agronómica del nitrógeno (EAN) en función de la interacción entre densidad y fertilización nitrogenada. Montecillo, México. Verano 2010.

Table 3. Number of snap beans (NE), yield snap bean (YB), water use efficiency (WUE) and agronomic efficiency of nitrogen (AEN) in function of the interaction between density and nitrogen fertilization. Montecillo, Mexico. Summer 2010.

Tratamiento	NE (m ²)	RE (g m ⁻²)	EUA (g m ⁻² mm ⁻¹)	EAN (g g ⁻¹ N)
D1 N0	88 h ¹	308 h	1,1 h	---
D1 N75	179 g	788 g	2,7 g	64,0
D1 N150	292 f	1 061 f	3,7 f	50,2
D2 N0	469 d	1 848 d	6,4 c	---
D2 N75	684 b	2 893 b	10 b	139,3
D2 N150	852 a	3 181 a	11 a	88,8
D3 N0	384 e	1 307 e	4, e	---
D3 N75	398 e	1 465 e	5,1 d	21,0
D3 N150	568 c	1 994 c	6,9 c	45,8

Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

Different letters indicate significant differences between treatments ($p < 0,05$).

Con base a la tasa de retorno (TR), la mayor ganancia se obtiene con D2N150. En este sentido, Yilmaz *et al.* (2008), al estudiar las ventajas de asociar maíz-frijol bajo diferentes densidades de población, indican que se obtuvo el mayor IN y TR, cuando se sembraron altas densidades de población.

Por lo que, dichos resultados concuerdan con los presentados en este estudio. Es por ello que se indica que para elevar la rentabilidad del agrosistema FE-Maíz se requiere el uso de poblaciones altas y aplicación de N.

CONCLUSIONES

La fenología del frijol ejotero no presentó diferencias respecto con los tratamientos evaluados. El mayor rendimiento de ejote se presentó con la densidad de población de dos plantas y 150 kg·ha⁻¹ de N. Existió una relación positiva entre el rendimiento de ejote y la mayor eficiencia en el uso del agua y eficiencia agronómica del nitrógeno. Además, el mayor ingreso total, ingreso neto y tasa de retorno se obtuvo con el tratamiento D2 N150. El rendimiento de ejote se relacionó con la acumulación de unidades calor, la evapotranspiración y la radiación fotosintéticamente activa.

Tabla 4. Análisis económico en la producción de frijol ejotero en función de la interacción entre densidad y fertilización nitrogenada. Montecillo, México. Verano 2010.

Table 4. Economic analysis in the production of snap beans in function of the interaction between density and nitrogen fertilization. Montecillo, México. Summer 2010.

Tratamiento	CF	CV	CT	RE	IT	IN	TR
	\$			kg ha ⁻¹	\$		
D1 N0	7 000	2 290	9 290	3 079 i	15 393 i	6 103 i	0,7 f
D1 N75	7 000	3 757	10 757	7 881 h	39 406 h	28 649 h	2,7 e
D1 N150	7 000	5 224	12 224	10 606 g	53 030 g	40 806 g	3,3 d
D2 N0	7 000	5 850	12 850	18 476 d	92 378 d	79 528 d	6,2 b
D2 N75	7 000	7 317	14 317	28 933 b	144 667 b	130 350 b	9,1 a
D2 N150	7 000	8 784	15 784	31 806 a	159 032 a	143 248 a	9,1 a
D3 N0	7 000	8 840	15 840	13 072 e	65 359 f	49 519 f	3,1 d
D3 N75	7 000	10 307	17 307	14 649 e	73 243 e	55 936 e	3,2 d
D3 N150	7 000	11 774	18 774	19 941 c	99 705 c	80 931 c	4,3 c

Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (p < 0,05).

Different letters indicate significant differences between treatments (p < 0.05).

BIBLIOGRAFÍA

1. Allen, G. R.; Pereira, L. S.; Raes D.; Smith, M. 2007. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO. Riego y Drenaje. Manual 56. Roma. Italia. 298 p.
2. Awal, M. A.; Koshi, H.; Ikeda, T. 2006. Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. *Agricultural Forest Meteorology*. 139: 74-83.
3. Bennink, M. 2005. Eat beans for good health. *Annual Report of Bean Improvement Cooperative*. 48:1-5.
4. Córdova-Sánchez, S.; Cárdenas-Navarro, R.; Peña-Cabriales, J. J.; Salgado-García, S.; Castelán-Estrada, M.; Lobbit-Phellipe, C.; Vera-Núñez, J. A. 2013. Fijación biológica de nitrógeno por cuatro fabáceas en suelos ácidos de Tabasco, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 45(1): 01-09.
5. Cui-Zen, L.; Zhang, F.S.; Chen, X. P.; Dou, Z. X.; Li, J. L. 2010. In-season nitrogen management strategy for winter wheat: maximizing yields, minimizing environmental impact in an over-fertilization context. *Field Crops Research*. 116: 140-146.
6. Delgado, M. R.; Escalante, E. J. A. S.; Rodríguez, G. M. T.; Morales, R. E. J. 2011. Rendimiento y uso equivalente de la tierra en el agrosistema compuesto girasol-frijol. p. 119-128. In: R. Díaz Ruiz; J. F. Álvarez Gaxiola; A. Huerta de la Peña (eds.). *Desarrollo de la agricultura sostenible: Alternativas Tecnológicas y Enfoques Sociales*. Colegio de Postgraduados. Puebla, México. 311 p.
7. Díaz, L. E.; Escalante, E. J. A. S.; Rodríguez, G. M. T.; Gaytán, A. 2010. Producción de frijol ejotero en función del tipo de espaldera. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 16: 215-221.
8. Escalante, E. J. A. S.; Kohashi, S. J. 1993. El rendimiento y crecimiento de frijol. Manual para la toma de datos. Ed. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 84 p.
9. Escalante, E. J. A. S. 1995. Aprovechamiento del recurso agua en cultivos de secano. *Agroproductividad*. 1: 28-32.
10. Escalante, E. J. A. S.; Escalante, E. L. E.; Rodríguez, G. M. T. 2001. Producción de frijol en dos épocas de siembra: Su relación con la evapotranspiración, unidades calor y radiación solar en clima cálido. *Terra Latinoamericana*. 19:309-315.
11. Escalante, E. J. A.; Rodríguez, G. M. T. 2006. Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Yield in relation to growth habit, plant density and nitrogen fertilization. *Annual Report of Bean Improvement Cooperative*. 49: 253-254.
12. Esquivel, E. G.; Acosta, G. J. A.; Rosales, S. R.; Pérez, H. P.; Hernández, C. M.; Navarrete, M. R.; Muruaga, M. J. S. 2006. Productividad y adaptación de frijol ejotero en el valle de México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 12(1): 119-126.
13. Fageria, N. K.; Santos, A. B. 2008. Yield physiology of dry bean. *Journal of Plant Nutrition*. 31(6): 983-1004.
14. Feleafel, M. N.; Mirdad, Z. M. 2014. Influence of organic nitrogen on the snap bean grown in sandy soil. *International Journal of Agriculture and Biology*. 16: 65-72.
15. Ferreira, M. E.; De Varennes, A.; Viera, M. I. 2006 Predicting pod quality of Green beans for processing. *Science Horticulture*. 109: 207-211.
16. García, A. E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, Ed. UNAM. México. 217 p.
17. Hangen, L.; Bennink, M. R. 2000. Consumption of black beans and navy beans reduced azoximethane induced colon cancer in rats. *Nutrition and Cancer*. 44: 60-65.
18. Kho, M. R. 2000. On crop production and the balance of available resources. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 80: 71-85.
19. Morales, R. E. J.; Escalante, E. J. A.; Tijerina, C. L.; Volke, H. V. H.; Sosa, M. E. 2006. Biomasa, rendimiento, eficiencia en el uso del agua y de la radiación solar del agrosistema girasol-frijol. *Terra Latinoamericana*. 24(1): 55-64.
20. Ogindo, H. O.; Walker, S. 2005. Comparison of measured changes in seasonal soil water content by rained maize-bean intercrop and component cropping in semi-arid region in South Africa. *Physics and Chemistry of the Earth*. 30(11-16): 799-808.

21. Ojeda, F. S.; Amela García, M. T.; Hoc, P. S. 2013. Variability in the indument of *Phaseolus vulgaris* var. *aborigineus* (Fabaceae). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.* 45(1): 303-309.
22. Peck, N. H.; MacDonald, G. E. 1983. Snap bean responses to nitrogen fertilization. *Agronomy Journal.* 76: 247-253.
23. Peixoto, N.; Morales, A. E.; Monteiro D. J. 2001. Selection of climbing snap bean lines for the state of Goias. *Horticultura. Brasileira.* 19: 85-88.
24. Pichardo, R. J. C.; Escalante, E. J. A.; Rodríguez, G. M.; Sánchez, G. P. 2007. Eficiencia agronómica del nitrógeno, en el uso del agua y de la radiación en el rendimiento del haba (*Vicia faba* L.) con aplicación dividida de nitrógeno. *Terra Latinoamericana.* 25(2): 145-154.
25. Salinas, R. N.; Escalante, E. J. A. S.; Rodríguez, G. M. T. 2008. Rendimiento y calidad nutrimental de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) en fechas de siembra. *Revista Fitotecnia Mexicana.* 31(3): 235-241.
26. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2010. Versión digital. Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/>. (consultado en noviembre de 2013).
27. Soil Survey Staff. 2010. Claves para la Taxonomía de Suelos, 11th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC. USA. 372 p.
28. Tolera, A.; Tannand, T.; Pant, L. M. 2005. Grain yield and LER of maize-climbing bean intercropping as affected by inorganic, organic fertilizers and population density in western Oromiya, Ethiopia. *Asian Journal of Plant Sciences.* 4(5): 458-465.
29. Volke, H.V. 1982. Optimización de insumos de la producción en la agricultura. Ed. Colegio de Postgraduados. Centro de Edafología. México. 61 p.
30. Yilmaz, S.; Mehmet, A.; Mustafa, E. 2008. Identification of advantages of maize-legume intercropping over solitary cropping through competition indices in east mediterranean region. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 32: 111-119.

AGRADECIMIENTOS

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