



CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL FRIJOL CHINO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE ESPALDERA Y CLIMA

[GROWTH AND YIELD OF COWPEA BEAN IN RELATION TO TRELLISES TYPE AND CLIMATE]

Patricio Apáez-Barrios*, José Alberto S. Escalante-Estrada y María Teresa Rodríguez-González

Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Postgrado en Botánica. Km 36.5 carr. México-Texcoco 56230. Montecillo, Texcoco, Edo. de México, México.

jasee@colpos.mx, mate@colpos.mx

*Autor para correspondencia: apaez.patricio@colpos.mx.

RESUMEN

El cultivo del frijol chino (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) requiere de espaldera, lo que incrementa los costos de producción. El maíz y girasol pueden servir como espalderas vivas para reducir costos. Se estudió la influencia del tipo de espaldera sobre el crecimiento y rendimiento del frijol chino. La siembra se realizó en época de lluvias en clima cálido (Guerrero, México) y templado (Edo. de México, México). Se evaluaron la tasa de asimilación neta (TAN), tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y tasa de crecimiento relativo (TCR). A la cosecha se determinó el rendimiento de semilla (RS), número de semillas (NS), peso de 100 semillas (P100S), número de vainas (NV) y semillas por vaina (SV). El frijol chino en espaldera convencional (malla de plástico y soportes de madera) y clima cálido presentó TAN, TCC y TCR más alta, que generó mayor RS (68 g m⁻²), NS (329 semillas m⁻²) y NV (19 vainas m⁻²), mientras que con espaldera de maíz en clima templado se encontró el más bajo RS (0.3 g m⁻²), NS (4 semillas m⁻²) y NV (0.4 vainas m⁻²) como resultado de TAN, TCC Y TCR más baja. El frijol chino en clima cálido y con espaldera convencional presentó tasas de crecimiento más altas y mayor rendimiento que en clima templado.

Palabras clave: *Vigna unguiculata*, espaldera viva, espaldera convencional, índices de crecimiento.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de satisfacer los requerimientos alimenticios constituye el fundamento del sector agrícola del país. En la actualidad, el consumo de proteína animal ha declinado debido a su alto costo; en consecuencia, ha surgido la posibilidad de incrementar las cantidades de proteína vegetal.

SUMMARY

Cultivation of Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) requires trellises, which increases production costs. Corn and sunflower have are alternatives as live trellises to reduce costs. The influence of type of trellis on the growth and yield of cowpea was determined. Sowing was made during the rainy season in hot (Guerrero, Mexico) and temperate (State of Mexico, Mexico) climate. The growth indices evaluated were net assimilation rate (NAR), crop growth rate (CGR) and relative growth rate (RGR). In addition, seed yield (SY), number of seeds (NS), weight of 100 seeds (W100S), number of pods (NP) and seeds by pod (SP) were recorded at harvest. Cowpea in conventional trellis (plastic mesh and wood supports) and hot climate had the highest NAR, CGR and RGR, which generated greater SY (68 g m⁻²), NS (329 seeds m⁻²) and NV (19 pods m⁻²), while with corn trellis and temperate climate cowpea had the lowest SY (0.3 g m⁻²), NS (4 seeds m⁻²) and NV (0.4 pods m⁻²), as a result of lower values in NAR, PGR and RGR. Cowpea in hot climate and conventional trellis showed higher growth rates and higher yields than in temperate climate.

Keywords: *Vigna unguiculata*, living trellises, conventional trellises, growth index.

El frijol chino (*Vigna unguiculata*) en grano posee un alto valor nutritivo en cuanto a proteína (26.3 %), carbohidratos (51 %) y fibra (7 %) (Elias *et al.*, 1976; Benito *et al.*, 2008). Presenta variedades de crecimiento determinado e indeterminado; estas últimas requieren el uso de espalderas, para lo cual comúnmente se utilizan postes de concreto o madera y malla de plástico que incrementan los costos de

producción (Nair, 1997). La alternativa para reducir costos es el uso de espalderas vivas como el maíz y girasol, que por su tallo erecto pueden servir para tal fin, además de que se obtendrían dos productos.

Al respecto, el maíz es el alimento básico en México; de forma tradicional se consume como tortilla, la cual aporta la mitad de las calorías y la tercera parte de las proteínas consumidas por la población (Massieu y Lechuga, 2002), y el girasol es un cultivo que produce semillas ricas en aceite y proteínas, que desde la antigüedad ha sido usado como alimento, medicina, en tintes para uso textil y cestería. En la actualidad, el aceite obtenido de la semilla se utiliza en la cocina, en la producción de margarinas y en otros usos industriales como la producción de ceras, fosfátinas, lecitinas y tocoferoles (Alba y Llanos, 1990). Varios estudios han demostrado que con el uso de espalderas vivas el frijol presenta disminución en el crecimiento y distribución de fotoasimilados hacia el grano (40 % menos) y en consecuencia en el rendimiento (Tsubo y Walker, 2004).

La falta de conocimiento de los mecanismos que regulan el crecimiento y la asignación de materia seca en el cultivo de frijol chino es muy limitada. Los estudios detallados del crecimiento de las plantas permiten cuantificar diferentes aspectos del mismo, la duración del ciclo, definición de etapas de desarrollo y distribución de fotoasimilados por órgano. Gifford *et al.* (1984) señalan que dentro de las bases fotosintéticas para incrementar el rendimiento a la cosecha, se debe contemplar una mayor distribución de materia seca hacia la estructura del rendimiento agronómico (semilla).

El análisis de crecimiento es básico para comprender mejor los procesos fisiológicos que determinan la producción vegetal (Escalante-Estrada y Kohashi-Shibata, 1993). El peso de la materia seca es el criterio más apropiado para medir el crecimiento y magnitud del sistema de absorción de la planta, referido frecuentemente al área foliar total (Radford, 1967). El área foliar es la medida usual del tejido fotosintético de un cultivo. El tamaño y la duración del aparato fotosintético está relacionado con el rendimiento (Escalante-Estrada, 1999). Asimismo, el mayor crecimiento del dosel vegetal proporciona una mayor intercepción de luz, lo cual incrementa la fotosíntesis y producción de biomasa (Escalante-Estrada, 1999). La acumulación de materia seca por planta depende del índice de área foliar (IAF), duración del área foliar (DAF) y tasa de asimilación neta (TAN) (Escalante-Estrada y Kohashi-Shibata, 1982).

El análisis de crecimiento ha tratado de explicar matemáticamente la velocidad de acumulación de materia seca en función del tiempo y la eficiencia del dosel vegetal (Escalante y Kohashi, 1993). Para estimar los índices de eficiencia en el crecimiento es necesario obtener el peso seco de las plantas, órganos y área foliar en intervalos de tiempo durante el desarrollo del vegetal (Radford, 1967; Hunt, 1981; Beadle, 1988), lo cual brinda información más precisa de la eficiencia con que las plantas acumulan y traslocan fotosintetizado. Vélez *et al.* (2007) señalan que la tasa de acumulación de materia seca (MS) del frijol común (*Phaseolus vulgaris*) en asociación con maíz disminuye 57 % con respecto a la espaldera convencional. Por otra parte, Pinheiro y Filho (2000), al estudiar la respuesta fisiológica del frijol chino en espaldera de maíz encontraron una disminución del 45 % en la tasa de acumulación de materia seca ($1.8 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$) con respecto al testigo ($3.9 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$).

En frijol chino los estudios sobre la distribución de materia seca y tasas de crecimiento en función del clima y tipo de espaldera son limitados. El objetivo de esta investigación fue determinar la influencia del tipo de espaldera sobre el crecimiento y rendimiento del frijol chino en climas contrastantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante la estación de lluvias (temporal) de 2009 en dos regiones con clima contrastante: a) Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, en Cocula, Guerrero, México ($18^{\circ} 19' \text{ Lat. N}$ y $99^{\circ} 39' \text{ Long. O}$, a altitud de 640 m), con clima Aw, que corresponde a cálido subhúmedo con lluvias en verano, promedio anual de temperatura de 26.4° C y precipitación promedio anual de 767 mm (García, 2005); el suelo es de textura arcillosa, con pH de 7.1, conductividad eléctrica de 0.232 dS m^{-1} , materia orgánica de 1.69 %, 0.08 % de N total y 14 ppm de fósforo; y b) Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México, México ($19^{\circ} 29' \text{ Lat. N}$ y $98^{\circ} 54' \text{ Long. O}$, a altitud de 2250 m), con clima Cw que corresponde al menos seco de los áridos con régimen de lluvias en verano, temperatura media anual de 14.6° C y precipitación media anual de 500 mm (García, 2005); el suelo es de textura arcillosa, con pH de 7.8, conductividad eléctrica de 0.69 dS m^{-1} , contenido de materia orgánica de 3.8 %, N total de 3.8 % y 17 ppm de fósforo.

Los tratamientos fueron dos climas (cálido y templado) y tres tipos de espaldera: a) frijol chino en espaldera convencional (FS, soporte de madera y malla de plástico), b) frijol chino en espaldera de maíz

(FM), y c) frijol chino en espaldera de girasol (FG). La siembra en clima templado se realizó el 27 de mayo y en clima cálido el 08 de junio de 2009 a una densidad de 6.2 plantas m⁻² de frijol (62,000 planta ha⁻¹); densidad similar se utilizó en maíz y girasol. Tanto el frijol chino como las espalderas vivas se sembraron simultáneamente. El diseño experimental fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue una parcela de 5.0 x 2.4 m.

La fertilización se hizo con 100-100-100 de N-P-K para el frijol chino y la espaldera viva; se aplicó todo el fósforo y potasio y la mitad de nitrógeno a los 15 días después de la siembra (dds) y el resto a los 45 dds. Durante el ciclo del cultivo, se realizaron muestreos destructivos de dos plantas dentro de la parcela útil de cada tratamiento a los 29, 75 y 100 dds, para contabilizar el número de hojas verdes por m² (NHV), el área foliar en cm² (sin incluir peciolas) con un integrador de área foliar (LI-COR 3100), y el índice de área foliar (IAF), a partir de la siguientes relaciones:

$IAF = (AF/NP) * DP / 10,000 \text{ cm}^2$, donde AF = área foliar (cm²), NP = número de plantas muestreadas y DP = número de plantas por m².

$DAFT = \sum (IAF_1 + IAF_2) (T_2 - T_1) / 2$, donde: DAFT = duración del área foliar total, \sum = suma de la duración del área foliar de cada uno de los muestreos realizados, IAF₁ = índice de área foliar en un tiempo inicial (T₁, en días), IAF₂ = índice de área foliar en un tiempo final (T₂, en días).

También se calculó la tasa media de crecimiento del cultivo (TCC), la tasa media de crecimiento relativo (TCR) y la tasa media de asimilación neta (TAN), mediante las ecuaciones siguientes (Hunt, 1981; Escalante y Kohashi, 1993):

$TCA = [(PS_2 - PS_1) / (T_2 - T_1)]$, donde: PS₂ y PS₁ representan el peso seco de la planta en los tiempos T₂ y T₁, respectivamente.

$TCR = (\ln PS_2 - \ln PS_1) / (T_2 - T_1)$, donde: ln PS₂ y ln PS₁ son el logaritmo natural del peso seco de la planta en el tiempo T₂ y T₁, respectivamente.

$TAN = [(PS_2 - PS_1) / (AF_2 - AF_1)] / [(\ln AF_2 - \ln AF_1) / (T_2 - T_1)]$, donde: PS₂ y PS₁ representan el peso de la materia seca del cultivo, ln AF₂ y ln AF₁ al logaritmo natural del área foliar en el tiempo T₂ y T₁, respectivamente.

La cosecha del frijol chino se realizó a madurez fisiológica con base en el criterio presentado por

Escalante y Kohashi, (1993), y se determinó el rendimiento de semilla (RS, peso de semilla al 10 % de humedad, g m⁻²), número de semillas normales por m² (NS), peso de 100 semillas (P100S), número de vainas normales por m² (NV) y semillas por vaina (SV).

A las variables de crecimiento y rendimiento se les aplicó un análisis de varianza combinando clima (C), espaldera (E) e interacción C*E, mediante el SAS (SAS, 2002). Las variables con diferencia significativa (P ≤ 0.5) se separaron mediante la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento del cultivo

El número de hojas verdes (NHV), índice de área foliar (IAF) y duración del área foliar total (DAFT) mostraron cambios significativos por efecto de clima (C), tipo de espaldera (E) y la interacción clima * espaldera (C*E) (Tabla 1).

El NHV, IAF y DAFT para todos los tratamientos se incrementó a partir de la emergencia del cultivo hasta alcanzar su valor máximo a los 100 dds. El mayor NHV se encontró en clima cálido (213 hojas m⁻²) y el más bajo en clima templado (155 hojas m⁻²). El frijol chino presentó el mayor NHV cuando se desarrolló en espaldera convencional (300 hojas m⁻²) y superó al de espaldera de maíz y girasol en 175 y 172 hojas m⁻², respectivamente. En la interacción clima con espaldera, el frijol chino en espaldera convencional en clima cálido (334 hojas m⁻²) superó en 25 % al sembrado en clima templado (267 hojas m⁻²). El NHV del frijol chino en espaldera de maíz y girasol en clima cálido fue superior en 47 % y 62 % al de clima templado (Tabla 1).

El IAF y DAFT presentaron una tendencia similar al NHV. El IAF y la DAFT más altos se observaron a los 100 dds en clima cálido (0.9 y 51 días, respectivamente), que fue superior a la siembra en clima templado (0.7 y 41 días, respectivamente). El frijol chino cultivado con espaldera convencional presentó el mayor IAF y DAFT (1.16 y 62 días, respectivamente) y superó a la siembra con espaldera de maíz (0.65 y 37 días, respectivamente) y girasol (0.65 y 39 días, respectivamente). En cuanto a la interacción clima * espaldera, el IAF y DAFT del frijol chino en espaldera convencional en ambos climas superaron al resto de los tratamientos. Los valores de IAF y DAFT más bajos se observaron en espaldera viva en clima templado (Tabla 1). Esto se atribuye a que durante gran parte del ciclo del cultivo ocurrió un

déficit hídrico y temperaturas bajas, siendo estos los principales elementos agrometeorológicos que regulan los procesos metabólicos de las plantas (Ford, 1999).

El más bajo NHV, IAF y DAFT del frijol chino en espaldera viva se atribuye en parte al sombreado que

ejerce la espaldera viva sobre el frijol chino y a la posible competencia por nitrógeno, lo que provoca una reducción en el tamaño y actividad del aparato fotosintético (Vélez *et al.*, 2007).

Tabla 1. Número de hojas verdes (NHV, m⁻²), índice de área foliar (IAF) y duración de área foliar total (DAFT, días) de frijol chino bajo diferentes tipos de espaldera en clima cálido y templado. Verano 2009.

Clima	Tipo de espaldera	NHV			IAF			DAFT
		Días después de la siembra						
		29	75	100	29	75	100	
Cálido	FS	57 ^{a¶}	230 ^a	334 ^a	0.2 ^a	1.0 ^a	1.3 ^a	69 ^a
	FM	25 ^{bc}	100 ^c	148 ^c	0.1 ^b	0.4 ^c	0.7 ^{cd}	41 ^{bc}
	FG	24 ^c	107 ^c	159 ^c	0.1 ^b	0.5 ^b	0.75 ^c	45 ^{bc}
Templado	FS	26 ^b	147 ^b	267 ^b	0.1 ^b	0.5 ^b	1.0 ^b	56 ^{ab}
	FM	17 ^d	72 ^d	101 ^d	0.1 ^b	0.3 ^d	0.6 ^{de}	34 ^c
	FG	15 ^e	68 ^d	97 ^d	0.1 ^b	0.3 ^d	0.5 ^e	33 ^c
Clima	Cálido	36 ^a	146 ^a	213 ^a	0.13 ^a	0.6 ^a	0.9 ^a	51 ^a
	Templado	19 ^b	96 ^b	155 ^b	0.1 ^b	0.4 ^b	0.7 ^b	41 ^b
Tipo de espaldera	FS	41 ^a	189 ^a	300 ^a	0.15 ^a	0.75 ^a	1.16 ^a	62 ^a
	FM	21 ^b	86 ^b	125 ^b	0.10 ^b	0.36 ^c	0.65 ^b	37 ^b
	FG	19 ^c	87 ^b	128 ^b	0.10 ^b	0.4 ^b	0.65 ^b	39 ^b
Media general		27	121	184	0.1	0.5	0.9	46
Prob F	Clima	**	**	**	**	**	**	*
	Esp	**	**	**	**	**	**	**
	Clima * Esp	**	**	**	**	**	**	**
Tukey 0.05	Clima	0.8	9.3	15.3	0	0.03	0.07	9.6
	Esp	0.9	12.3	11.5	0	0.03	0.08	8.6
	Clima * Esp	1.5	20.3	21.5	0	0.05	0.13	15.3

¶Promedios seguidos de la misma letra en cada columna, son iguales estadísticamente, según Tukey (P = 0.05). * = P ≤ 0.01. ** = P ≤ 0.05, respectivamente, NS = no significativo. DSH_{0.05} = diferencia significativa honesta al 5 % de probabilidad de error, FS = frijol en espaldera convencional, FM = frijol chino en espaldera de maíz, FG = frijol chino en espaldera de girasol.

Análisis de crecimiento

Tasa de asimilación neta (TAN)

En la Figura 1 se presenta la dinámica de la TAN, y se observa que las tasas más altas para todos los tratamientos se presentaron desde la emergencia hasta los 29 dds, y disminuyeron conforme avanzó el ciclo de desarrollo del cultivo hasta su madurez fisiológica, cuando se observaron los valores más bajos. En promedio el frijol chino en espaldera convencional tanto en clima cálido como templado presentó las TAN más altas con 0.051 g m⁻² día⁻¹ y 0.050 g m⁻² día⁻¹, respectivamente, seguido del frijol chino en espaldera de maíz (0.045 y 0.040 g m⁻² día⁻¹, respectivamente), y las más bajas en espaldera de girasol (0.038 y 0.041 g

m⁻² día⁻¹, respectivamente). La TAN más baja en frijol chino en espaldera viva se puede atribuir a la mayor competencia por nutrientes y luz, la cual se intensifica después de los 20 dds (Pessanha, 1980). Por su parte, la disminución de la TAN a través del ciclo del cultivo se puede atribuir al sombreado del frijol mismo, generado por el tamaño del dosel vegetal al transcurrir el ciclo del cultivo y al aumento de la senescencia de las hojas (Scott y Batchelor, 1979; Escalante-Estrada y Kohashi-Shibata, 1982).

Tasa de crecimiento del cultivo (TCC)

En la Figura 2 se presenta la dinámica de la TCC y se observa que en general la mayor acumulación de materia seca por día se presentó de los 75 a los 100

dds, siendo el frijol chino con espaldera convencional en clima cálido ($3.2 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) y templado ($2.5 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) el que presentó la mayor TCC. En clima cálido el frijol chino con espaldera de maíz ($1.2 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) superó en $0.5 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ al frijol con espaldera de girasol ($0.7 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$), y en clima templado el frijol en espaldera de girasol ($1.3 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) fue superior a la de maíz ($0.9 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$). La menor TCC en general se

presentó de los 100 dds hasta la madurez fisiológica. Resultados similares reportaron Díaz *et al.* (1995), quienes al evaluar el crecimiento y desarrollo del frijol trepador encontraron que para la siembra con espaldera convencional se generaron 2.86 g d^{-1} , mientras que con espaldera de maíz se observaron 0.91 g d^{-1} .

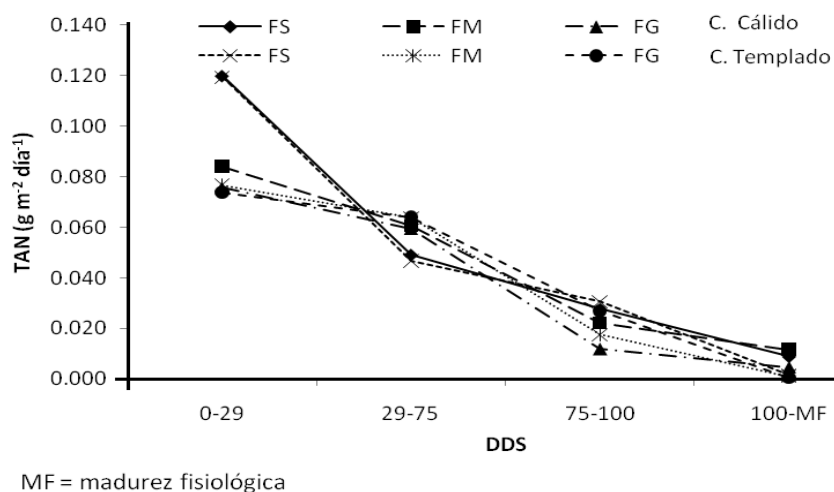


Figura 1. Dinámica de la tasa de asimilación neta (TAN) del frijol chino bajo diferentes tipos de espaldera en clima cálido y templado. Verano de 2009. FS = frijol en espaldera convencional, FM = frijol chino en espaldera de maíz y FG = frijol chino en espaldera de girasol.

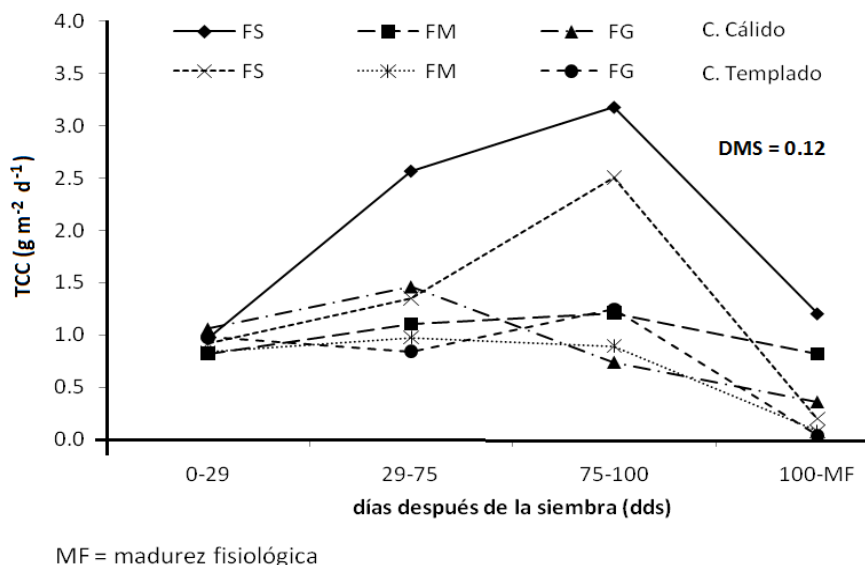


Figura 2. Dinámica de la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) del frijol chino bajo diferentes tipos de espaldera en clima cálido y templado. Verano de 2009. FS = frijol en espaldera convencional, FM = frijol chino en espaldera de maíz y FG = frijol chino en espaldera de girasol.

Tasa de crecimiento relativo (TCR)

La TCR mostró una dinámica similar a la TAN y se observa que en general las mayores tasas de crecimiento para todos los tratamientos se presentan de la emergencia hasta los 29 dds, y tendieron a disminuir a la madurez fisiológica. En ambos climas, el frijol

chino con espaldera convencional presentó las mayores TCR (Figura 3). En clima cálido, la TCR del frijol chino con espaldera de girasol ($0.077 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$) fue superior a la espaldera de maíz ($0.071 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$), mientras que en clima templado, el frijol con espaldera de maíz ($0.068 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$) fue ligeramente superior a la espaldera de girasol ($0.066 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$) (Figura 3).

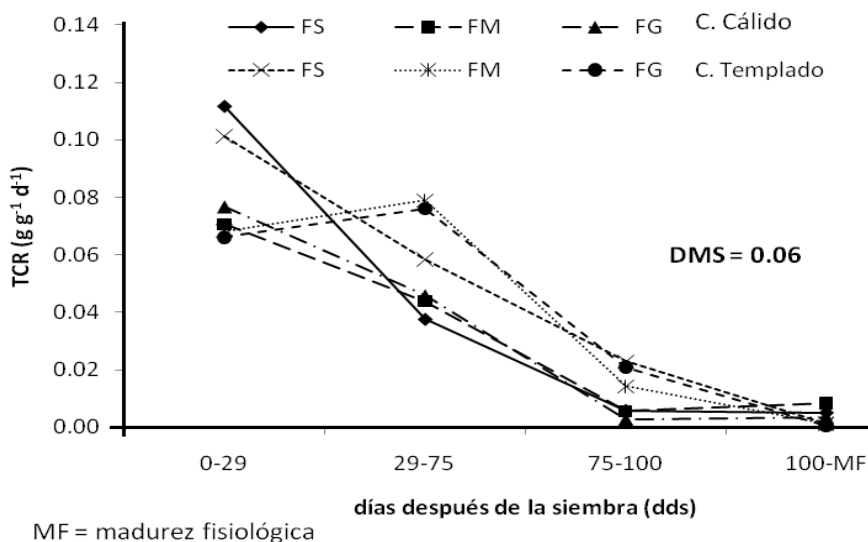


Figura 3. Dinámica de la tasa de crecimiento relativo (TCR) del frijol chino bajo diferentes tipos de espaldera en clima cálido y templado. Verano de 2009. FS = frijol en espaldera convencional, FM = frijol chino en espaldera de maíz y FG = frijol chino en espaldera de girasol.

Rendimiento de semilla (RS) y sus componentes

El rendimiento de semilla (RS) y sus componentes como el número de semillas por m² (NS), peso de 100 semillas (P100S), número de vainas por m² (NV) y semillas por vaina (SV) mostraron cambios significativos por efecto de clima (C), mientras que por tipo de espaldera (E) solo hubo diferencias estadísticas en RS, NS y NV. En cuanto a la interacción clima * tipo de espaldera (C * E) solamente el RS y NS mostraron diferencias estadísticas significativas (Tabla 2).

En clima cálido se encontró el mayor RS (44 g m^{-2}), NS (214 m^{-2}), P100S (21 g), NV (12 m^{-2}) y SV (17 vaina^{-1}), y fueron superiores a los de clima templado en 43 g m^{-2} , 197 semillas por m², 12 g en el P100S, 9 vainas por m² y 9 semillas por vaina, respectivamente. El bajo RS en clima templado se puede atribuir a un retraso en la floración y un periodo reproductivo corto posiblemente por la temperatura más baja en este clima (Galindo y Clavijo, 2009), que fue truncado por

ocurrencia de heladas (Davis *et al.*, 1991). En cuanto al tipo de espaldera, el mayor RS, NS y NV se encontró con espaldera convencional, al superar al frijol chino sembrado con maíz en 18 g m^{-2} , 98 semillas por m² y 9 vainas por m², y al frijol chino sembrado con girasol en 20 g m^{-2} , 114 semillas por m² y 9 vainas por m². Tendencias similares reportan Olowe *et al.* (2006), con la asociación frijol chino con soya y girasol en el sureste de Nigeria con un rendimiento del frijol chino en unicultivo de 93 g m^{-2} y al asociarlo con girasol de 39 g m^{-2} . Por su parte, Jana *et al.* (2000) estudiaron la eficiencia de la asociación maíz-frijol común y encontraron un RS (25 g m^{-2}) más bajo en la asociación que en unicultivo (76 g m^{-2}). Esto sugiere diferencias en el grado de competencia de las especies utilizadas como espaldera viva.

En la interacción clima-tipo de espaldera, el frijol chino con espaldera convencional sembrado en clima cálido presentó el mayor RS, NS, P100S, NV y SV y superó al de clima templado en 65 g m^{-2} , 286 semillas por m², 11 g el peso de 100 semillas, 11 vainas por m²

y 8 granos por vaina, seguido de la siembra en clima cálido de frijol chino con maíz con incrementos respecto al establecido en clima templado de 34 g m⁻², 168 semillas por m², 12 g el peso de 100 semillas, 10 vainas por m² y 9 semillas por vaina, y el más bajo fue la siembra de frijol chino con girasol que superó al sembrado en clima templado en 28 g m⁻², 134 semillas por m², 11 g el peso de 100 semillas, 7 vainas por m² y 8 semillas por vaina. No obstante, el lograr la

producción de semilla en clima templado sugiere la posibilidad de generar semilla adaptada a la región. No obstante que los suelos de Montecillo, Edo. de Méx. (clima templado), presentan un nivel de fertilidad más alto, el rendimiento de *V. unguiculata* fue superior en Cocula, Gro. (clima cálido), tal vez porque las condiciones de temperatura y mayor precipitación favorecieron una mayor expresión del crecimiento del cultivo.

Tabla 2. Rendimiento de semilla (RS, g m⁻²) y componentes del rendimiento de frijol chino bajo diferentes tipos de espaldera en clima cálido y templado. Verano 2009.

Clima	Tipo de espaldera	RS (g m ⁻²)	NS	P100S (g)	NV	SV
Cálido	FS	68 ^a	329 ^a	20 ^a	19 ^a	17 ^a
	FM	34 ^b	172 ^b	21 ^a	10 ^b	17 ^a
	FG	29 ^c	139 ^b	21 ^a	8 ^{bc}	17 ^a
Templado	FS	3 ^d	43 ^{bcd}	9 ^b	8 ^{bc}	9 ^b
	FM	0.3 ^e	4 ^d	9 ^b	0.4 ^c	8 ^b
	FG	1 ^e	5 ^{cd}	10 ^b	1 ^c	9 ^b
Clima	Cálido	44 ^a	214 ^a	21 ^a	12 ^a	17 ^a
	Templado	1 ^b	17 ^b	9 ^b	3 ^b	8 ^b
Tipo de espaldera	FS	35 ^a	186 ^a	15 ^a	14 ^a	13 ^a
	FM	17 ^b	88 ^b	15 ^a	5 ^b	12 ^a
	FG	15 ^c	72 ^b	15 ^a	5 ^b	13 ^a
Media general		22	115	15	8	13
Prob F	Clima	**	**	**	**	**
	Esp	**	*	NS	**	NS
	Clima * Esp	**	*	NS	NS	NS
Tukey 0.05	Clima	1	99	2	5	2
	Esp	1	71	2	5	1
	Clima * Esp	2	135	3	9	3

^aPromedios seguidos de la misma letra en cada columna, son iguales estadísticamente, según Tukey (p = 0.05) * ** = P ≤ 0.01 y 0.05, respectivamente, NS = no significativo. DSH_{0.05} = diferencia significativa honesta al 5 % de probabilidad de error. NS = número de semillas por m², P100S = peso de 100 semillas (g), NV = número de vainas por m² y SV = semillas por vaina. FS = frijol en espaldera convencional, FM = frijol chino en espaldera de maíz y FG = frijol chino en espaldera de girasol.

CONCLUSIÓN

El crecimiento del frijol chino varió en función del clima y tipo de espaldera. El frijol chino en clima cálido y con espaldera convencional presentó tasas de crecimiento más altas y mayor rendimiento que en clima templado. Los valores más altos de la tasa de asimilación neta y tasa de crecimiento relativo se presentaron de la emergencia a los 29 dds, mientras que las tasas de crecimiento del cultivo más altas se observaron de los 75 a los 100 dds. El mayor rendimiento del frijol chino en espaldera convencional

respecto de la espaldera viva se relacionó con las tasas de crecimiento más altas.

REFERENCIAS

- Alba, O. A., Llanos, C. M. 1990. El Cultivo del Girasol. Agroguías Mundiprensa. Madrid, España.
- Benito, I. R., García, O. E., Carmona, A., Rivera, C. J. 2008. Effect of legume dietary fiber on rat

- disaccharidase activity in vitro. *Nutrition & Food Science*. 38(4): 316-324.
- Beadle C. F. 1988. Análisis de crecimiento vegetal. In: Coombs J., Hall, D. O., Long, S. P., Scurlock, J. M. (eds.). *Técnicas en Fotosíntesis y Bioproduktividad*. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Edo. de México, México.
- Davis, D. W., Oelke, E. A., Oplinger, E. A., Doll, J. D., Hanson, C. V., Putman, D. H. 1991. *Cowpea. Alternative Field Crops Manual*. University of Wisconsin, Cooperative Extension, University of Minnesota: Center for Alternative Plant and Animal Products and the Minnesota Extension Service.
- Díaz, C., Rivera, J., Quiroz, J. 1995. Crecimiento y desarrollo del maíz y frijol trepador en monocultivo y asociación. *Actualidades Corpoica Medellín, Regional*. 4(9): 5-10.
- Elias, L. G., Hernández, M., Bressani, R. 1976. The nutritive value of precooked legume flours processes by different methods. *Nutrition Reports International*. 14: 385.
- Escalante-Estrada, J. A., Kohashi-Shibata, J. 1982. Efecto del sombreado artificial sobre algunos parámetros del crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) *Agrociencia*. 48: 29-38.
- Escalante-Estrada, J. A., Kohashi-Shibata, J. 1993. El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco. México.
- Escalante-Estrada, J. A. 1999. Área foliar, senescencia y rendimiento del girasol de humedad residual en función del nitrógeno. *Terra*. 17: 149-157.
- Ford, A. 1999. *Modeling the Environment*. Island Press. Washington D.C.
- Galindo, P., J. R., Clavijo P., J. 2009. Fenología del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L. var. Santa Isabel) en la sabana de Bogotá en campo abierto y bajo cubierta plástica. *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 10: 5-15.
- García, E. 2005. *Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen*. 4ª. Edición. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México.
- Gifford, R. M., Thorne, J. H., Hitz, W. D., Graquinta, R. T. 1984. Crop productivity and photoassimilate partitioning. *Science*. 225: 801-808.
- Hunt, R. 1981. *Plant Growth Analysis*. The Institute of Biology's Studies in Biology No. 96. Edward Arnold Publishers LTD. London.
- Jana, A. C., Krarup, P. B., Fuentes, R. P. 2000. Eficiencia de la asociación maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*). *Agro sur*. 28: 71-80.
- Massieu, T. Y., Lechuga, J. M. 2002. El Maíz en México: Biodiversidad y Cambios en el Consumo. Departamento de Sociología de la UNAM. México. pp. 281-303.
- Nair, P., K. R. 1997. *Agroforestería*. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo.
- Olowe, V. I. O., Ajayi, J. A., Ogunbayo, A. S. 2006. Potential of intercropping soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) and cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) with sunflower (*Helianthus annuus* L.) in the transition zone of south west Nigeria. *Tropical Agriculture Research & Extension*. 9: 91-102.
- Pessanha. 1980. Estudio sobre mixturas de cultivares de feijao (*Phaseolus vulgaris* L.). Tese PhD. Universidad Federal de Vicosa, Minas Gerais.
- Pinheiro, J. M., Filho, L. 2000. Physiological response of maize and cowpea to intercropping. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 35(5): 915-921.
- Radford, P. 1967. Growth analysis formulae, their use and abuse. *Crop Science*. 7(3): 171-175.
- SAS, 2002. *Statistical Analysis System Institute. SAS Proceeding Guide, Versión 9.0*. SAS Institute. Cary, NC. USA.

Scott, H. D., Batchelor, J. T. 1979. Dry weight and leaf area production rates of irrigated soybeans. *Agronomy Journal*. 71: 776-782.

Tsubo, M., Walker, S. 2004. Shade effect on *Phaseolus vulgaris* L. intercropped with *Zea mays* L. under well-watered conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 190(3): 168-176.

Vélez, V. L. D., Clavijo, P. J., Ligarreto M. G. A. 2007. Análisis ecofisiológico del cultivo asociado maíz (*Zea mays* L.) y frijol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*. 60(2): 3965-3984.

Submitted February 15, 2011 – Accepted May 19, 2011
Revised received June 17, 2011