

Modelos de respuesta para rendimiento y biomasa en función de la densidad de población en genotipos de Cacahuate (*Arachis hypogaea* L.)

ESCALANTE-ESTRADA, José Alberto Salvador†, RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, María Teresa, ESCALANTE-ESTRADA, Yolanda Isabel*

**Postgrado en Botánica Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Carretera México- Texcoco Km 36.5. Montecillo Mpio de Texcoco Edo. de Méx. CP.56230.*

†*Instituto de Investigación Científica, Área de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo, Gro. Méx.*

Recibido Mayo 16, 2014; Aceptado Noviembre 17, 2014

Resumen

La semilla del cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) es importante por su aporte de ácidos grasos insaturados, como el oleico y linoleico, además de su contenido de proteínas, principalmente globulinas, albúminas y glutaminas. Otros compuestos importantes son los carbohidratos, los cuales constituyen el 18% de los cotiledones, el principal es la sacarosa. Es rico también, en potasio, magnesio, fósforo, sulfuro y en vitaminas como: riboflavina, tiamina y ácido nicotínico. Dentro de los usos medicinales, estudios recientes demuestran evidencias del papel anticáncer de los fitoesteroles, en especial beta-sitosterol sobre los síntomas de hiperplasia prostática benigna, para mejorar el flujo urinario (www.naturalmedicina.net). Además, se indica que su consumo regular protege contra enfermedades del corazón, hipertensión y como anticoagulante (Escalante et al., 2013). El Estado de Guerrero México, ocupa el sexto lugar nacional en siembra y producción de Cacahuete con 2,377 ha y un rendimiento medio de 1.76 ton ha⁻¹, bajo condiciones de lluvia estacional. Los municipios con mayor superficie sembrada son Coahuayutla (430 ha), Mochitlán (400 ha), Huitzucó (350 ha) e Iguala (279 ha), con un rendimiento medio de 0.58, 2.3, 2.25 y 2.07 t ha⁻¹, respectivamente (SIAP, 2012). Dicha variabilidad en el rendimiento puede deberse en parte, a la variación en tipo de suelo, los elementos del clima, al cultivar utilizado y al manejo del cultivo (Escalante et al., 2013), dentro del cual la densidad de población (DP) puede ser determinante para el incremento en el rendimiento, que puede estar en función de la duración del ciclo de crecimiento, hábito de crecimiento del cultivar utilizado, fertilización y disponibilidad de agua, entre otros factores. La DP dependiendo del arreglo topológico (AT), es una práctica agrícola que determina la capacidad del cultivo para interceptar la radiación fotosintéticamente activa (RFA), hacer un uso más eficiente del agua y nutrientes (Escalante et al., 2011). Algunos estudios señalan que el AT y el aumento en DP no afectan los días a ocurrencia de las fases fenológicas del cacahuete, aunque independientemente de la arquitectura del cultivar, disminuyen la acumulación de biomasa y rendimiento de fruto planta (Giayetto et al., 2006), pero no afecta la distribución de materia seca en los órganos de la planta (Zapata et al., 2012). Una DP apropiada implicaría que el cacahuete cubra de manera rápida el espacio disponible y reducir la incidencia de maleza. La respuesta en la producción de biomasa y rendimiento de fruto de los cultivares regionales de cacahuete a la DP, puede ser descrita mediante modelos matemáticos.

Respuesta, Rendimiento, Biomasa, Cacahuete, Genotipos.

Abstract

The seed of peanut (*Arachis hypogaea* L.) is important for its contribution of unsaturated fatty acids such as oleic and linoleic addition to its protein content, mainly globulins, albumin and glutamine. Other important compounds are carbohydrates, which constitute 18% of the cotyledons, the principal is sucrose. It is also rich in potassium, magnesium, phosphorus, sulfur and vitamins such as riboflavin, thiamin and nicotinic acid. Among the medicinal uses, recent studies show evidence of anticancer phytoesters role in beta-sitosterol special about symptoms of benign prostatic hyperplasia, improve urinary flow (www.naturalmedicina.net). Furthermore, it indicates that regular consumption protects against heart disease, hypertension and as an anticoagulant (Escalante et al., 2013). The State of Guerrero Mexico ranks sixth nationally in planting and production of Peanut with 2,377 ha and an average yield of 1.76 t ha⁻¹ under conditions of seasonal rainfall. The municipalities with the largest acreage are Coahuayutla (430 ha), Mochitlán (400 ha), Huitzucó (350 ha) and Iguala (279 ha), with an average yield of 0.58, 2.3, 2.25 and 2.07 t ha⁻¹, respectively (SIAP, 2012). This variability in performance may be due in part to variation in soil type, climate elements, the cultivar used and crop management (Escalante et al., 2013), in which the population density (DP) can be decisive for the increase in yield, which may be a function of the cycle of growth, growth habit of cultivar used, fertilization and water availability, among other factors. The DP depending on the topological arrangement (AT) is an agricultural practice that determines the ability of the crop to intercept the photosynthetically active radiation (PAR), make more efficient use of water and nutrients (Escalante et al., 2011) use. Some studies indicate that the AT and increased DP does not affect day to occurrence of phenological phases of peanut, but regardless of the architecture of the cultivar, decreased biomass accumulation and fruit yield plant (Giayetto et al., 2006) but does not affect the distribution of dry matter in the plant organs (Zapata et al., 2012). Proper DP imply that the peanut quickly cover the available space and reduce the incidence of weeds. The response in biomass production and fruit yield of regional peanut cultivars to the DP, can be described by mathematical models.

Response, Performance, Biomass, Peanut, genotypes.

Citación ESCALANTE-ESTRADA, José Alberto Salvador, RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, María Teresa, ESCALANTE-ESTRADA, Yolanda Isabel. Modelos de respuesta para rendimiento y biomasa en función de la densidad de población en genotipos de Cacahuete (*Arachis hypogaea* L.). Foro de Estudios sobre Guerrero. Mayo 2014 – Abril 2015, 1-2:33-38

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: y_escalante@yahoo.com.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La semilla del cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) es importante por su aporte de ácidos grasos insaturados, como el oleico y linoleico, además de su contenido de proteínas, principalmente globulinas, albúminas y glutaminas. Otros compuestos importantes son los carbohidratos, los cuales constituyen el 18% de los cotiledones, el principal es la sacarosa. Es rico también, en potasio, magnesio, fósforo, sulfuro y en vitaminas como: riboflavina, tiamina y ácido nicotínico. Dentro de los usos medicinales, estudios recientes demuestran evidencias del papel anti-cáncer de los fitoesteroles, en especial beta-sitosterol sobre los síntomas de hiperplasia prostática benigna, para mejorar el flujo urinario (www.naturalmedicina.net). Además, se indica que su consumo regular protege contra enfermedades del corazón, hipertensión y como anticoagulante (Escalante *et al.*, 2013). El Estado de Guerrero México, ocupa el sexto lugar nacional en siembra y producción de Cacahuete con 2,377 ha y un rendimiento medio de 1.76 ton ha⁻¹, bajo condiciones de lluvia estacional. Los municipios con mayor superficie sembrada son Coahuayutla (430 ha), Mochitlán (400 ha), Huitzucó (350 ha) e Iguala (279 ha), con un rendimiento medio de 0.58, 2.3, 2.25 y 2.07 t ha⁻¹, respectivamente (SIAP, 2012). Dicha variabilidad en el rendimiento puede deberse en parte, a la variación en tipo de suelo, los elementos del clima, al cultivar utilizado y al manejo del cultivo (Escalante *et al.*, 2013), dentro del cual la densidad de población (DP) puede ser determinante para el incremento en el rendimiento, que puede estar en función de la duración del ciclo de crecimiento, hábito de crecimiento del cultivar utilizado, fertilización y disponibilidad de agua, entre otros factores.

La DP dependiendo del arreglo topológico (AT), es una práctica agrícola que determina la capacidad del cultivo para interceptar la radiación fotosintéticamente activa (RFA), hacer un uso más eficiente del agua y nutrimentos (Escalante *et al.*, 2011). Algunos estudios señalan que el AT y el aumento en DP no afectan los días a ocurrencia de las fases fenológicas del cacahuete, aunque independientemente de la arquitectura del cultivar, disminuyen la acumulación de biomasa y rendimiento de fruto planta (Giayetto *et al.*, 2006), pero no afecta la distribución de materia seca en los órganos de la planta (Zapata *et al.*, 2012). Una DP apropiada implicaría que el cacahuete cubra de manera rápida el espacio disponible y reducir la incidencia de maleza. La respuesta en la producción de biomasa y rendimiento de fruto de los cultivares regionales de cacahuete a la DP, puede ser descrita mediante modelos matemáticos.

Objetivos

Los objetivos del presente estudio fueron determinar: a) el modelo matemático que explique la respuesta en la producción de biomasa y rendimiento del fruto por planta y superficie a la densidad de población; b) el efecto del aumento en densidad de población sobre la acumulación y distribución biomasa en los cultivares de cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) Río Balsas y Criollo regional cultivados en Tlaxmalac, Estado de Guerrero, México.

Metodología

El estudio se realizó durante la estación de lluvias, en Tlaxmalac (18° 22' N y, 99° 25' O, 850.0 msnm y clima cálido, el más seco de los subhúmedos).

Municipio de Huitzucó, Guerrero, con precipitación anual de 1591.7 mm, temperatura media máxima anual de 33.3°C, media mínima anual 17.1°C y media anual de 22.5°C, el suelo franco arenoso con pH 7.2, sin problemas de salinidad, un contenido de 20 kg de N asimilable ha⁻¹ y 78 kg P₂O₅ ha⁻¹. Los tratamientos consistieron en la siembra de los cultivares (CVS) de cacahuate de tipo erecto “Río Balsas” y un Criollo regional el 21 de mayo, con densidades de población (DP) de 50 mil, 75 mil, 100 mil y 125 mil plantas ha⁻¹ (26, 20, 14 y 8 cm de distancia entre matas, respectivamente) en surcos a 0.80 m de distancia. El cultivo fue fertilizado con 100 kg de N (50% antes de la siembra y 50% en la primer escarda, a los 35 días después de la siembra, dds) y 66 kg de P₂O₅. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Durante el desarrollo del cultivo se registró la temperatura máxima (T máx) y mínima (T mín), así como la precipitación (mayo–septiembre). Se calculó las unidades calor (UC) por el método residual, el cual utiliza la siguiente relación: $UC = (T_{max} + T_{min})/2 - TB$; donde: T_{max} = Temperatura máxima diaria (°C); T_{min} = Temperatura mínima diaria (°C); TB = Temperatura base del cultivo que para el caso del cacahuate se consideró 10 °C. Se registró el tiempo a ocurrencia de las fases fenológicas como días a emergencia (VE), a inicio de floración (R1) y a madurez de cosecha (R8). En R8, las plantas se cosecharon y se separaron en raíz, tallo, hojas y frutos para determinar el peso de la materia seca (PMS) de cada estructura y el total o biomasa total (suma del PMS; BT), después de someter el material a un secado en estufa con circulación de aire forzado a 80 °C por un lapso de 72 horas. El PMS acumulada en el fruto fue el rendimiento (RG). A las variables en estudio se les aplicó un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey 0.05.

Resultados

Elementos del clima y fenología. Durante el ciclo del cultivo, la temperatura mínima promedio osciló entre 12 y 19 °C y la temperatura máxima promedio entre 32 y 36 °C. La suma de la precipitación pluvial fue de 764 mm. No se observaron diferencias entre cultivares y densidad de población en los dds a ocurrencia a VE, R1 y R8, la cual fue a los 10, 35 y 128 dds, respectivamente. Respuesta semejante fue reportada por Zapata *et al.* (2012). Las UC acumuladas fueron de 190,294 y 1151 °C d, respectivamente.

Biomasa (materia seca), su distribución en la planta y rendimiento de fruto. En el cuadro 1 y 2, que presenta la acumulación y distribución de materia seca (MS) o biomasa en cada órgano de la planta y la total (BT) por unidad de superficie, para los CVS Río Balsas y Criollo, respectivamente, se observan diferencias significativas por efecto de la DP y CVS, solamente para la MS acumulada en el fruto (RG) y en la BT. Con la DP de 100 mil y 125 mil plantas por ha, se encontró la mayor acumulación y distribución de MS en el fruto y BT. En los CVS y DP en estudio, la acumulación y distribución de materia seca fue más alta en fruto, seguido del tallo, hojas y raíz. En relación a los CVS, Río Balsas superó en RG y BT al Criollo en 40% y 12%, respectivamente (Cuadro 3). En la Figura 1 en donde se muestra la respuesta de la BT y RG en kg por ha, se observa que la respuesta a la DP para BT y RG de ambos CVS fue del tipo logarítmica, lo que indica incrementos al elevar la DP (Cuadro 3). Así, se observa que Criollo en relación a Río Balsas, presentó mayor respuesta en BT al aumento en DP, indicado por un mayor valor de la pendiente (b). En contraste, para RG el CV Río Balsas presentó una respuesta más alta a la DP respecto al CV Criollo.

En cuanto al efecto de la DP sobre la BT y RG por planta, se observó que la tendencia se ajustó a un modelo exponencial, en donde la pendiente (b) fue negativa, que indica que tanto la BT y RG de ambos CVS de cacahuate disminuye conforme aumenta la DP. La tasa de reducción de BT y RG por planta en respuesta al aumento en DP fue similar entre CVS.

DP (miles de plantas ha ⁻¹)	Materia seca (g m ⁻²)				Biomasa (g m ⁻²)
	raíz	tallo	hoja	fruto	
125	8 (1)	109 (21)	29 (6)	385 (72) a	531 a
100	8 (1)	102 (19)	30 (7)	385 (73) a	525 a
75	9 (2)	114 (25)	36 (8)	302 (65) b	461 b
50	7 (1)	117 (28)	30 (7)	273 (64) b	427 b
Tukey 0.05	3	20	10	70	60
Media	8 (1)	110 (23)	31 (6)	336 (70)	486
Prob.F	NS	NS	NS	**	*

Tabla 1 Materia seca y su distribución en raíz, tallo, hoja y fruto de Cacahuate (*Arachis hypogaea*), cv Río Balsas en función de la densidad de población. Tlaxmalac, Guerrero. Valor dentro del paréntesis es la distribución (%) respecto a la biomasa total

DP (miles de plantas ha ⁻¹)	Materia seca (g m ⁻²)				Biomasa (g m ⁻²)
	raíz	tallo	hoja	fruto	
125	8 (1)	177 (35)	35 (7)	293 (57) a	513 a
100	6 (1)	171 (36)	34 (7)	257 (56) a	458 a
75	7 (2)	140 (36)	31 (8)	207 (54) b	385 b
50	6 (2)	130 (35)	35 (9)	203 (54) b	374 b
Tukey 0.05	4	50	10	45	55
Media	7 (2)	154 (36)	34 (7)	240 (55)	432
Prob.F	NS	NS	NS	**	**

Tabla 2 Materia seca y su distribución en raíz, tallo, hoja y fruto de Cacahuate (*Arachis hypogaea*) genotipo Criollo regional, en función de la densidad de población. Tlaxmalac, Guerrero. Valor dentro del paréntesis es la distribución (%) respecto a la biomasa total

Cultivares	DP (miles de plantas ha ⁻¹)	Raíz (g)	Tallo (g)	Hoja (g)	Fruto (g)	Biomasa total (g)
Río Balsas		8 (1)	110 b (23)	31 (6)	336 b (70)	486 a
Criollo		7 (2)	154 a (36)	34 (7)	240 a (55)	432 b
Tukey 0.05		3	20	12	60	50
Prob.F		NS	**	NS	**	**
125		8 (2)	143 (27)	32 (6)	339 a (65)	522 a
100		7 (1)	136 (28)	32 (6)	321 a (65)	491 a
75		8 (2)	127 (30)	33 (8)	254 b (60)	422 b
50		7 (2)	123 (31)	32 (8)	238 b (59)	400 b
Tukey 0.05		4	30	10	55	52
Prob.F		NS	NS	NS	**	**

Tabla 3 Materia seca por m² y su distribución en raíz, tallo, hoja y fruto de Cacahuate (*Arachis hypogaea*) promedio de cultivares y densidad de población. Tlaxmalac, Guerrero. Valor dentro del paréntesis es la distribución (%) respecto a la biomasa total

En columnas valores con letra similar son estadísticamente iguales (Tukey 0.05). DP: es la densidad de población en miles de plantas ha⁻¹. *, ** Indica diferencias significativas a Probabilidad de F de 5% y 1%, respectivamente. NS indica diferencias no significativas a probabilidad de F de 5%.

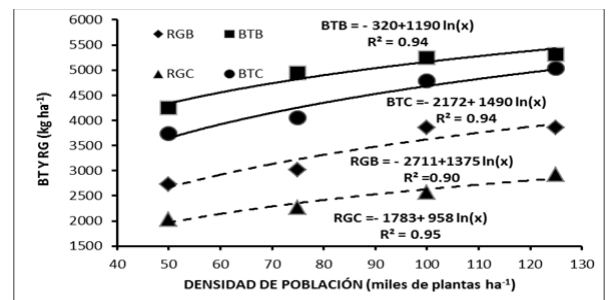


Figura 1 Biomasa total (BT) y rendimiento de fruto (RG) en kg ha⁻¹ de los cultivares de Cacahuate Río Balsas (B) y Criollo (C) en Tlaxmalac Gro.

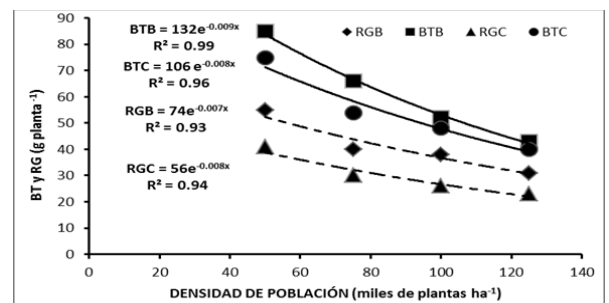


Figura 2 Biomasa total (BT) y rendimiento de fruto (RG) en g planta⁻¹ de los cultivares de Cacahuate Río Balsas (B) y Criollo (C) en Tlaxmalac Gro.

Discusión

Los CVS en estudio mostraron semejanza en cuanto a los días a ocurrencia de fases fenológicas a los 10, 35 y 128 dds y UC de 190,294 y 1151 °C d, para VE (emergencia), R1 (inicio de floración) y R8 (madurez fisiológica). Los cambios en DP no afectaron a dichas variables, lo que indica que son características estables en respuesta a la competencia intraespecífica. Ambos CVS presentaron diferencias en la acumulación y distribución de MS por efecto de la DP particularmente en el fruto. La acumulación y distribución de MS fue más alta en fruto, seguido del tallo, hojas y raíz. En ambos CVS, la BT y RG se incrementó al elevar la DP, los valores más altos correspondieron a las DP de 100 mil y 125 mil plantas por ha. El CV Río Balsas presenta ventajas fisiológicas sobre el Criollo, puesto que al tener una duración similar en el ciclo del cultivo (128 días) fue más eficiente en distribuir MS hacia el fruto, lo que derivó en un RG más alto y de un uso más eficiente de RFA, nutrimentos y agua lo que generó una mayor BT. El modelo que explica la respuesta a la DP para BT y RG de ambos CVS fue del tipo logarítmico ($Y=a + b \ln x$), indica incrementos al elevar la DP. Así, se observa que Criollo en relación a Río Balsas, presentó mayor respuesta en BT al aumento en DP, indicado por un mayor valor de la pendiente (b). En contraste, Río Balsas presentó una respuesta más alta en RG a la DP respecto al Criollo, lo que sugiere una mayor potencia en la demanda fisiológica representada por un posible mayor número de frutos. El BT y RG por planta, presentó una tendencia a disminuir conforme aumenta la DP y puede ser explicada con un modelo exponencial ($Y=ae^{bx}$) con pendiente (b) negativa. La tasa de reducción de BT y RG por planta fue similar entre CVS, lo que indica, que tanto Río Balsas y Criollo son semejantes en sensibilidad a los cambios en DP.

Finalmente, estos resultados sugieren que, para lograr un mayor incremento en el RG de cacahuete, se debe utilizar DP altas (100 mil plantas por ha, con patrón de siembra de 40* 80 cm), particularmente utilizando el CV Río Balsas.

Conclusión

La producción de biomasa y rendimiento de fruto por unidad de superficie se incrementa al aumentar la densidad de población. El modelo que explica el incremento es de tipo logarítmico. La producción de biomasa y rendimiento de Río Balsas es superior al del Criollo. En ambos cultivares la biomasa y rendimiento por planta se reduce al aumentar la densidad de población. La respuesta se ajusta a un modelo exponencial con pendiente negativa. La acumulación y distribución de materia seca al aumentar la densidad de población, se incrementa solamente en el fruto.

Referencias

Escalante Estrada José Alberto Salvador, Rodríguez González María Teresa y Escalante Estrada Yolanda Isabel. 2011. Rendimiento y asignación de materia seca en cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) en función de la densidad de población, nitrógeno y fósforo. Memorias del XVI Foro de estudios sobre Guerrero. Acapulco Gro. 25 de noviembre 2011:93-99.

Escalante Estrada José Alberto Salvador, Rodríguez González María Teresa y Escalante Estrada Yolanda Isabel 2013. Biomasa, índice de cosecha y rendimiento de cultivares de cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) en función del nitrógeno en tres localidades del Estado de Guerrero. Memorias del XVIII Foro de estudios sobre Guerrero. Acapulco Gro. 29 de noviembre (121):1 -6.

Servicio de información agroalimentaria y pesquera. SIAP 2012. Avance de siembras y cosechas (En línea):<http://www.siap.gob.mx>. (Consultado el 20 de agosto de 2014).

Giayetto, O.; Fernández, E.; Cerioni, G.2006. Fecha y modelos de siembra, In: Fernandez, E., Giayetto,O. (eds.), *El cultivo de maní en Córdoba*. Universidad Nacional de Rio Cuarto. Rio Cuarto, Argentina, pp. 157-169.

Zapata Nelson, Marisol Vargas y Felipe Vera (2012). Crecimiento y productividad de dos genotipos de maní (*Arachis hypogaea* L.) según densidad poblacional establecidos en Ñuble, Chile. IDESIA (Chile) 30(3): 47-54.