

ARTICULOS GENERALES

Influencia del espaciamiento entre surcos sobre índices de crecimiento de dos cultivares de soya

Influences of spacing among rows on indexes of growth of two soybean cultivar

Ahmed Chacón Iznaga^{1*}, Sandra Cardoso Romero¹, Amílcar Barreda Valdés¹, Ariany Colás Sánchez¹, Reinaldo Alemán Pérez¹, Gudelia Rodríguez Valdés², Caridad Sánchez Moré³, Isabel Águila Linares³

1. Departamento de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias, UCLV. Carretera a Camajuaní km 5 ½. Santa Clara, Villa Clara, Cuba. C/P: 54830.

2. Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP) de la Universidad Central de las Villas

3. Sede Universitaria Municipal de Cifuentes

E-mail: ahmedci@uclv.edu.cu

RESUMEN. En la época lluviosa (mayo 2007) se desarrolló una investigación sobre un suelo Pardo mullido medianamente lavado (Inceptisol), con el objetivo de evaluar la influencia de la variación del espaciamiento entre surcos sobre índices de crecimiento de los cultivares de soya Incasoy-24 e Incasoy-27. En cuatro espaciamientos se midió la altura de la planta y se calcularon el área foliar, el índice de área foliar, la tasa de asimilación neta y el potencial fotosintético. Se observó que los máximos valores de altura e índice de área foliar corresponden a los menores espaciamientos utilizados (0.45 y 0.60 m), mientras que los mejores resultados del área foliar y la tasa de asimilación neta son variables en los espaciamientos seleccionados según los diferentes momentos evaluados.

Palabras clave: Crecimiento, *Glycine max* (L.) Merr., espaciamiento, índices.

ABSTRACT. During the rainy season (May 2007) an investigation was developed on a Brown soil (Inceptisol), with the objective of assessment the influence of spacing among rows variation on indexes of growth of the soybean cultivars Incasoy-24 and Incasoy-27. In four spacing the height of the plant was measured and the foliar area, foliar area index, rate of net assimilation and photosynthetic potential were calculated. It was observed that the maximum values of height of the plant and foliar area index were obtained in the smaller spacing utilized (0.45 y 0.60 m), while the best results in the foliar area index and the rate of net assimilation is variable in the selected spacing according to the different assessment moments.

Key words: Growth, *Glycine max* (L.) Merr., spacing, indexes.

INTRODUCCIÓN

Con la difusión internacional del consumo de soya [*Glycine max* (L.) Merr.] en la alimentación humana, la industria alimentaria en Cuba incluyó entre sus renglones leche y quesos elaborados a partir de la leguminosa, y posteriormente se introdujo como extensor de productos cárnicos, entre otras variantes (González y Jiménez, 2005).

En este cultivo el empleo inadecuado de densidades de población y distanciamientos entre surcos, propicia una ineficiente intercepción de la luz solar que resulta en una baja producción de fotosintatos y en consecuencia se obtiene un bajo rendimiento de grano. A nivel fisiológico, en bajas densidades aumenta el número de nudos

potenciales y disminuye el aborto de flores, además se conoce que al incrementarse la densidad, la misma cantidad de fotoasimilados es capaz de alimentar un mayor número de nudos reproductivos en detrimento del crecimiento vegetativo, aunque se especifica que esta respuesta a la densidad se daría únicamente en cultivares con hábito de crecimiento indeterminado (Ferraris *et al.*, 2003).

En correspondencia con lo anterior Carpenter y Board (1997) refieren que ante variaciones en la densidad, el cultivo de soya ajusta el área foliar por planta y mantiene estable el índice de área foliar, o sea, conserva su nivel de cobertura de forma invariable.

La investigación tiene como objetivo evaluar la influencia de la variación del espaciamiento entre

surcos sobre índices de crecimiento de dos cultivares de soya.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la Estación Experimental Agrícola “Álvaro Barba Machado” perteneciente a la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, durante la época lluviosa

(primavera, 16 de mayo del 2007). Los datos climáticos se obtuvieron de la Estación meteorológica de la propia unidad de investigación (Tabla 1).

Tabla 1. Datos climáticos promedios correspondientes al período de investigación

Meses	Tmáx	Tmed	Tmín	HR máx	HR med	HR mín	Ll
	°C			%			mm
Mayo	30.59	24.70	20.72	96.94	82.39	54.48	196.60
Junio	31.40	25.83	22.65	97.70	86.17	60.73	334.10
Julio	33.13	26.79	23	96.48	81.35	50.42	184.50
Agosto	32.25	26.50	23.03	96.32	83.74	58.55	167.50

Leyenda

Tmáx- Temperatura máxima; **Tmín**- Temperatura mínima; **Tmed**- Temperatura media

Hr máx- Humedad relativa máxima; **Hr med**- Humedad relativa media; **Hr mín**- Humedad relativa mínima

Ll- Acumulado de lluvias

El suelo predominante es Pardo mullido medianamente lavado según la nueva versión de clasificación de los suelos de Cuba de Hernández *et al.* (1999). Se utilizó un diseño en Bloques al Azar con tres réplicas donde los tratamientos empleados fueron las variedades Incasoy-24 e Incasoy-27 procedentes del Instituto de Ciencias Agrícolas (INCA) y los subtratamientos los espaciamientos entre surcos 0.45 m, 0.60 m, 0.70 m y 0.90 m, manteniéndose constante en todos los casos la distancia de 0.04 m entre plantas.

La siembra se efectuó de forma manual, con un posterior raleo a los siete días de la emergencia, conservándose la distancia entre plantas establecida. Se realizó el control mecánico de malezas en el momento necesario.

Los índices de crecimiento altura de la planta, área foliar, índice de área foliar, tasa de asimilación neta y potencial fotosintético, se evaluaron en 7 plantas tomadas al azar dentro de los dos surcos centrales de cada parcela. El primero se evaluó a los 15; 30 y 50 días de la emergencia (Ve) y los restantes a los 15; 30; 35 y 50 días de Ve.

La altura de la planta se midió desde el nivel del suelo hasta el último nudo, con la utilización de una

regla milimetrada. El área foliar se calculó por el método de “Dibujo en papel”, calcándose los folíolos (10 tomados al azar) que se cortaron por los bordes y se pesaron en una balanza de precisión Kerns prs 320-3, con la previa determinación de la relación área-peso del papel utilizado (Cain y Castro, 1971), para lo cual se cortó y pesó un cuadrado de papel de 1 dm² del mismo tipo que fue utilizado para dibujar el contorno de los folíolos. Finalmente se calculó el área foliar mediante la fórmula:

$$AF = \frac{A_C P_{F10} PT}{P_C P_{h10}} ; \text{ expresada en dm}^2$$

AF- Área Foliar total de la planta; Ac- Área de un cuadrado de papel de 1 dm²

Pc- Peso del cuadrado de papel de 1 dm²; P_{f10}- Peso de diez figuras de papel;

PT- Peso fresco (g) de todos los folíolos de la planta;

Ph10- Peso fresco (g) de los diez folíolos de la planta.

El Índice de Área Foliar (IAF) corresponde a la superficie foliar que cubre una determinada superficie de suelo en la cual se desarrolla el cultivo y permite tener una idea de la superficie fotosintetizante potencialmente apta para captar la radiación solar incidente. Se empleó la fórmula:

$$IAF = \frac{AF}{A}$$

AF- Área Foliar total de la planta; A- Área vital de la planta

La Tasa de Asimilación Neta (TAN) es la producción de materia seca elaborada por la planta, determinada fundamentalmente por el balance entre la fotosíntesis y la respiración. Se calculó mediante la fórmula,

$$TAN = \frac{2(P_2 - P_1)}{(AF_2 + AF_1)(t_2 - t_1)}; \text{ expresada en g dm}^{-2} \text{ d}^{-1},$$

donde según el intervalo evaluado:

P₁ - Peso inicial de la materia seca total (g); P₂ - Peso final de la materia seca total (g);

AF₂ - Área Foliar final; AF₁ - Área Foliar inicial.

t₁ - tiempo inicial; t₂ - tiempo final.

El Potencial Fotosintético (PF) es la superficie de AF de hojas vivas que ha trabajado a lo largo del ciclo de la planta. Se calculó mediante la fórmula,

$$PF = \frac{(AF_2 + AF_1)t}{2}; \text{ expresado en dm}^2 \text{ d}^{-1},$$

donde según el intervalo evaluado:

AF₂ - Área Foliar final; AF₁ - Área Foliar inicial; t- tiempo que media en cada intervalo.

Para el procesamiento estadístico de los resultados, se aplicaron análisis de varianza (ANOVA), en correspondencia con el esquema de campo utilizado, comprobándose el cumplimiento de los supuestos básicos para el análisis de la varianza, en particular la homogeneidad de la misma. Se determinó la correlación entre algunas variables, según la época de siembra. Se aplicaron las pruebas de Duncan (1955) para las comparaciones de medias, empleándose el paquete Statgraphics plus 5.0 del 2000.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1) Altura de la planta

En la variedad Incasoy-24 este índice de crecimiento fue afectado por la distancia entre surcos, observándose en la figura 1 que las plantas más altas se obtuvieron en las menores distancias (0.45 m y 0.60 m), correspondiéndose los máximos resultados a 0.45 m donde las plantas

al final del ciclo alcanzaron una altura promedio por encima de 80.36 cm, sin embargo esta respuesta no fue consistente en todos los momentos evaluados, dado que a los 50 días de la emergencia (Ve) la mayor altura se logró a 0.60 m con 46.56 cm, aunque este valor no mostró diferencias significativas con el de la menor distancia.

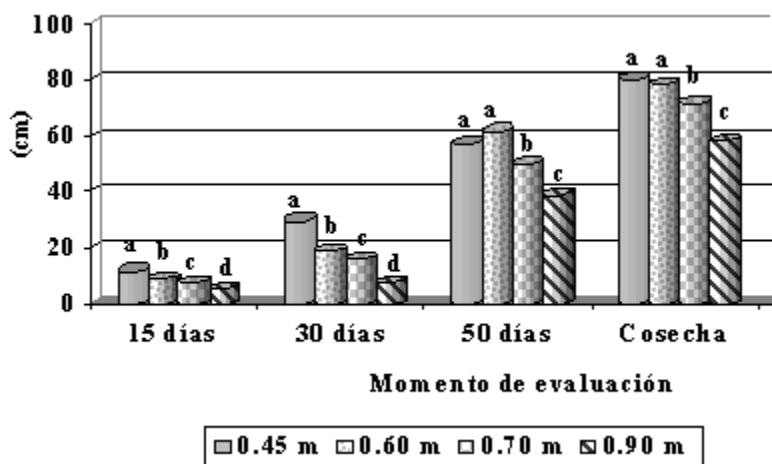


Figura 1. Altura de la planta (variedad Incasoy-24) según momento de evaluación

*Medias con letras no comunes en igual momento de evaluación difieren para Duncan (p < 0.05)

En la variedad Incasoy-27 las plantas lograron mayor altura en las menores distancias (0.45 m y 0.60 m), lo que se corresponde con los máximos resultados a 0.60 m en todos los momentos de evaluación del cultivo (figura 2).

En correspondencia con lo anterior, al final del ciclo las plantas sembradas en esta distancia

alcanzaron una altura promedio de 82.70 cm y la diferencia promedio con relación a las demás distancias, estuvo por encima de los 9 cm y específicamente con respecto a las plantas sembradas a 0.90 m que fue el mayor de todos con una altura que sobrepasó los 17 cm, aunque en el primer momento de evaluación esta diferencia no superaba los 3.60 cm

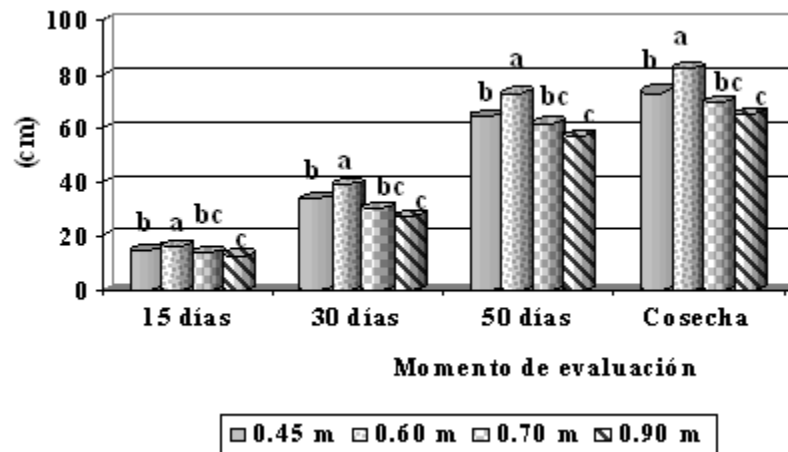


Figura 2. Altura de la planta (variedad Incasoy-27) según momento de evaluación

*Medias con letras no comunes en igual momento de evaluación difieren para Duncan ($p < 0.05$)

Ponce *et al.* (1997), refieren que un cultivar de soya para la primavera debe tener una altura superior a 80 cm, por lo que los resultados obtenidos en Incasoy-24 (0.45 m) e Incasoy-27 (0.60 m) están en correspondencia con estos autores e igualmente coinciden con Thomas y Raper (1981) cuando expresan que las temperaturas ideales para el crecimiento de los cultivares de soya son las próximas a 30 °C, además estas condiciones térmicas estuvieron acompañadas por valores de humedad relativa que reflejaron promedios entre 81.35 y 86.17 %, destacándose que la humedad relativa máxima estuvo por encima del 90 % (tabla 1).

2) Área foliar

En Incasoy-24 los máximos valores de área foliar en los diferentes momentos evaluados, estuvieron distribuidos entre las distancias de 0.45 m, 0.60 m y 0.90 m, no obstante en la tercera evaluación realizada a los 50 días de Ve, la respuesta de las plantas en todas las distancias fue similar (tabla 2). Se observó que entre el momento inicial (15 días de Ve) y el momento

final (50 días de Ve) de la evaluación, el incremento promedio en este índice osciló en el rango de 18.36 a 28.22 dm².

En Incasoy-27 el máximo valor de área foliar se obtuvo a los 0.70 m en los cuatro momentos evaluados, excepto a los 30 días de Ve donde el mejor resultado (4.37 dm²) se logró en la distancia de 0.90 m, no obstante este valor no difiere estadísticamente del alcanzado en la distancia de 0.70 m. Entre la primera y la última evaluación realizada, el área foliar aumentó entre 4.53 y 6.05 dm² (tabla 2).

En este sentido Carpenter y Board (1997) refieren que ante variaciones en la densidad de siembra, el cultivo de la soya ajusta el área foliar por planta y mantiene estable su nivel de cobertura, por otro lado Sylvester (2000) refiere que una planta de soya recién establecida cuenta con suficiente superficie foliar para captar el estímulo fotoperiódico.

Tabla 2. Área foliar de los cultivares según espaciamiento entre surcos

Espaciamiento entre surcos (m)	Incasoy-24				Incasoy-27			
	AF ₁	AF ₂	AF ₃	AF ₄	AF ₁	AF ₂	AF ₃	AF ₄
	<i>dm²</i>							
0.45	1.42b	3.65b	6.18a	29.64 a	2.04 c	4.06 a	5.25 b	8.09 ab
0.60	1.68a	3.58b	6.02a	29.29 a	2.37 b	3.96 a	5.32 b	6.90 b
0.70	1.44b	3.92ab	6.76a	26.84 a	2.88 a	4.11 a	6.54 a	8.58 a
0.90	1.43b	4.21a	7.36a	19.79 b	2.83 a	4.37 a	5.39 b	7.77 ab
E.E. (ȳ) ±	0.03	0.34	0.52	1.61	0.08	0.19	0.30	0.44

* Medias con letras no comunes en igual columna difieren para Duncan (p < 0.05)

Leyenda:

1; 2; 3 y 4- momentos de evaluación (15; 30; 35 y 50 días de la emergencia respectivamente)

AF- Área Foliar.

3) Índice de área foliar (IAF)

Los máximos IAF se observaron en la distancia de 0.45 m en ambos cultivares (tabla 3), mientras que las plantas sembradas a 0.90 m además de diferir completamente del resto, presentaron los menores

valores promedio. En Incasoy-24 se comprobó que a medida que se incrementa la separación entre surcos, disminuye el IAF, al igual que en Incasoy-27, aunque en esta última el valor promedio obtenido en 0.70 m es superior al de 0.60 m, no obstante no difieren estadísticamente.

Tabla 3. Índice de área foliar de los cultivares según espaciamiento entre surcos

Espaciamientos entre surcos (m)	Incasoy-24				Incasoy-27			
	IAF ₁	IAF ₂	IAF ₃	IAF ₄	IAF ₁	IAF ₂	IAF ₃	IAF ₄
0.45	0.79a	2.03a	3.44 a	16.47a	1.13 a	2.26 a	2.92 a	4.49 a
0.60	0.70b	1.49b	2.51b	12.21b	0.99 b	1.65 b	2.22 b	2.87 b
0.70	0.51c	1.40b	2.41b	9.58c	1.03 b	1.47 b	2.34 b	3.06 b
0.90	0.40d	1.17c	2.04c	5.50d	0.79 c	1.21 c	1.50 c	2.16 c
E.E. (ȳ) ±	0.01	0.12	0.18	0.67	0.03	0.09	0.14	0.21

* Medias con letras no comunes en igual columna difieren para Duncan (p < 0.05)

Leyenda

IAF- Índice de Área Foliar.

1; 2; 3 y 4- momentos de evaluación (15; 30; 35; 50 y 70 días de la emergencia respectivamente)

Los resultados obtenidos coinciden con Rincón y Silva (1992), cuando expresan que los cultivos anuales inician la acumulación de área foliar a partir de la emergencia, en la cual la intercepción de la radiación es casi 0, pero el IAF se incrementa y eventualmente intercepta la mayoría de la radiación foliar.

0.45 m, excepto en la segunda evaluación donde este correspondió a 0.60 m (tabla 4). Una situación similar se reflejó en la variedad Incasoy-27, aunque en la primera evaluación el máximo resultado correspondió a las plantas sembradas a 0.90 m, no obstante las de 0.45 m mostraron semejanzas estadísticas con relación a este índice de crecimiento.

4) Tasa de asimilación neta (TAN)

En la variedad de soya Incasoy-24 los mayores valores de TAN se presentaron en la distancia de

Tabla 4. Tasa de asimilación neta de los cultivares según espaciamiento entre surcos

Espaciamientos entre surcos (m)	Incasoy-24			Incasoy-27		
	TAN ₁	TAN ₂	TAN ₃	TAN ₁	TAN ₂	TAN ₃
	<i>g dm⁻² d⁻¹</i>					
0.45	0.041a	0.112b	0.021a	0.023ab	0.594a	0.069a
0.60	0.021c	0.186a	0.015b	0.019b	0.618a	0.063a
0.70	0.034b	0.045d	0.024a	0.016bc	0.196c	0.034b
0.90	0.017d	0.067c	0.017b	0.026a	0.271b	0.032b
E.E. (\bar{y}) \pm	0.002	0.007	0.001	0.001	0.038	0.003

* Medias con letras no comunes en igual columna difieren para Duncan ($p < 0.05$)

Leyenda

TAN- Tasa de Asimilación Neta

1; 2 y 3- momentos de evaluación (15 a 30 días; 30 a 35 días y 35 a 50 días de la emergencia respectivamente)

En este sentido en Incasoy-24 la mayor TAN se obtuvo en los dos primeros momentos de evaluación, mientras que en Incasoy-27 los máximos valores se observaron en la segunda y tercera evaluación.

En ambos cultivares los valores de TAN fueron menores en el momento inicial con respecto al segundo período donde se alcanzaron los resultados máximos, para decrecer posteriormente de manera continua en la evaluación final.

En correspondencia con los resultados anteriores Chiesa *et al.* (2000), señalan que la TAN es alta cuando las plantas son pequeñas y la mayoría de las hojas están expuestas a la luz solar directa. A medida que el cultivo crece y el IAF se incrementa, más hojas comienzan a sombrearse, causando una disminución de la TAN cada vez que la estación de crecimiento progresa.

5) Potencial fotosintético

Los mejores resultados en el potencial fotosintético se observaron en las plantas sembradas a mayor distancia (0.70 y 0.90 m), excepto en la variedad Incasoy-24 que en el último intervalo de evaluación mostró mejor respuesta en los espaciamientos más cortos, con 268.69 y 264.89 $dm^2 d$ para 0.45 y 0.60 m respectivamente (tabla 5).

En el primer intervalo evaluado las dos variedades mostraron una tendencia significativa a incrementar el potencial fotosintético en la misma medida en que se ampliaba el espaciamiento entre surcos.

Los resultados obtenidos están en correspondencia con la mayor o menor superficie foliar que presentaron las variedades al ser evaluadas, en este sentido los cambios en los espaciamientos entre surcos no produjeron diferencias significativas en el potencial fotosintético evaluado entre los 30 y 35 días de la emergencia.

Tabla 5. Potencial fotosintético de los cultivares según espaciamiento entre surcos

Espaciamientos entre surcos (m)	Incasoy-24			Incasoy-27		
	PF ₁	PF ₂	PF ₃	PF ₁	PF ₂	PF ₃
	<i>dm² d</i>					
0.45	38.04b	24.58a	268.69a	45.77b	23.27a	99.72ab
0.60	39.44ab	24.00a	264.89a	47.49b	23.21a	91.66b
0.70	40.17ab	26.68a	251.95a	52.46a	26.62a	113.38a
0.90	46.86a	30.44a	203.65b	53.98a	24.41a	98.74ab
E.E. (\bar{y}) \pm	2.57	2.09	13.40	1.62	1.11	5.02

Medias con letras no comunes en igual columna difieren para Duncan ($p < 0.05$)

Leyenda

PF- Potencial Fotosintético

1; 2 y 3- intervalos de evaluación (15 a 30 días; 30 a 35 días y 35 a 50 días de la emergencia respectivamente)

Por otro lado, en el último intervalo de evaluación, en Incasoy-24 se observó una respuesta inversa, dado que con el incremento de las distancias entre surcos hubo una disminución en los valores del potencial fotosintético.

En la tabla 5 se observa que entre los 35 y 50 días de Ve la variedad Incasoy-27 no mostró diferencias estadísticas entre el menor y el mayor espaciamiento entre surcos, además con respecto a este índice de crecimiento en ambos casos (0.45 y 0.90 m) las plantas tuvieron una respuesta similar con las sembradas a 0.60 m.

CONCLUSIONES

1. La variación del espaciamiento entre surcos influyó en los índices de crecimiento evaluados en los dos cultivares de soya.

2. En los menores espaciamientos entre surcos se obtuvieron los máximos valores de la altura e IAF en ambas variedades

3. Los máximos valores de área foliar y potencial fotosintético en Incasoy-27 se obtuvieron de forma constante en el espaciamiento de 0.70 m.

4. Los mejores resultados de la tasa de asimilación neta en ambos cultivares, se observaron de forma variable en diferentes espaciamientos según el momento de evaluación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cain, S.A. y G.M. Castro (1971). Manual of vegetation Analysis. Hafner Publishing Company, Inc. New York. 325 pp.

2. Carpenter, A. C. y J. E. Board (1997). Branch yield components controlling soybean yield stability across plant populations. Crop Sci. 37: 885-891.

3. Chiesa, J.; S. F. Luque y M. G. Cantarero (2000). Fijación de carbono por los cultivos. En sitio web: <http://vaca.agro.uncor.edu/~ceryol/documentos/ecofisiologia/>. Consultado [11-02-06].

4. Duncan, D. C. (1955). Multiple range and multiple F tests. Biometrics.

6. González, L. J. y Santa Jiménez Acosta (2005). Soya: conociendo al frijol mágico. En sitio web: <http://saludparalavida.sld.cu/modules.php?name=News&file=article&sid=58> Consultado [25-11-05].

7. Ferraris, G.; Lucrecia Couretot y N. González (2003). Densidad de siembra y espaciamientos en Soja: efecto sobre los rendimientos y la estructura de la planta. Proyecto Regional Agrícola, campaña 2002/03. En sitio web: <http://www.elsitioagricola.com/articulos/ferraris/> Consultado [25-01-05].

8. Hernández, A; J. Pérez; D. Bosch; R. Rivero; E. Camacho y J. Ruiz (1999). Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. AGRINFOR. p 37-38.

9. Ponce, M; Ortiz, R y de la Fé, C. (1997). Nuevas variedades para la primavera en Cuba. Incasoy-24 e Incasoy-27. INCA. Habana. Cuba.

10. Rincón, C.A. y L.C. de Silva (1992). Fenología, área foliar y producción de materia seca en tres variedades de soya (*Glycine max* (L.) Merr) bajo riego en condiciones de sabana. En sitio web: http://www.redpav-fpolar.info.ve/agrotrop/v42_3-4/v423a040.html Consultado [25-01-05].

11. Sylvester, I. (2000). La Soja. En sitio web: <http://www.monografias.com>. [Consultado 24-11-05].

Thomas, J.F. y Raper, C. D. J. (1981). Day and night temperature influence on carpel initiation and growth in soybean. Bot. Gaz., (142): 183-184.

Recibido: 19/10/2009

Aceptado: 22/04/2010