

*Artículo científico***TASA ABSOLUTA DE CRECIMIENTO EN VARIEDADES DE SOYA [*GLYCINE MAX* (L.) MERRILL.] DESARROLLADAS EN CAMPO CON DOS CONDICIONES HÍDRICAS**

Melba Cabrera Lejardi y María Julia Mendoza Estévez

**RESUMEN**

Para conocer el comportamiento de la Tasa Absoluta de Crecimiento de ocho variedades comerciales de soya [*Glycine max* (L.) Merrill.], se desarrollaron experimentos en áreas del INIFAT, sobre suelo Ferralítico Rojo, utilizando un diseño de bloques al azar. En el área experimental se establecieron dos condiciones hídricas de mayor y menor riego por aniego. Se determinó la materia seca de las plantas en las distintas etapas ontogenéticas del cultivo (30, 51 y 79 días después de la siembra). Se determinó como Índice de Crecimiento, la Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC) y se evaluaron los componentes del rendimiento. Los principales resultados muestran que a los 79 dds las plantas alcanzaron la mayor TAC en las dos condiciones hídricas y se destacan las variedades 'Flora', 'Júpiter', 'INIFAT-382' y 'Cubasoy-120'. Los menores porcentajes de inhibición de la TAC en las condiciones de baja humedad fueron para las variedades 'Flora' con 7,22 %, seguida por 'INIFAT V-9' con 11,25 y 'Júpiter' con 22,99, las demás están en el rango de 27,5- 50 % de inhibición. El peso seco de los granos por planta muestra el mayor valor en la variedad 'Cubasoy-120', le siguen en orden 'INIFAT-382', 'Flora' y 'Júpiter'; sin embargo, la variedad que tuvo un mínimo porcentaje de inhibición del peso seco de los granos por planta en las condiciones de menor humedad fue 'Flora' con 1,18 %, seguida por 'INIFAT-382' con 35,28 %, 'Júpiter' con 39,14 % y 'Cubasoy-120' con valores más altos de 55,6 %. Estos resultados ponen de manifiesto la mejor adaptación de las variedades 'Flora', 'Júpiter' e 'INIFAT-382' a las condiciones de baja humedad. Este trabajo permitió conocer el potencial productivo de cada una de las variedades y su comportamiento bajo condiciones de baja humedad, lo que posibilita un mejor aprovechamiento de la diversidad de esta especie.

**Palabras clave:** crecimiento, materia seca, productividad**Absolute growth rate in soy varieties (*Glycine max* L. Merr) developed in the field with two water conditions****ABSTRACT**

In order to know the behavior of the Absolute Growth Rate of eight commercial soybean varieties [*Glycine max* (L.) Merrill.], experiments were carried out at INIFAT areas, on Red Ferralitic soil, using a randomized block design. In the experimental area, two hydric conditions of greater and lesser irrigation by flooding were established. The dry matter of the plants in different ontogenetic stages of the crop was determined

---

Lic. Melba Cabrera Lejardi, Investigador Auxiliar del Departamento de Recursos Fitogenéticos y Semillas del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT). Calle 188 No. 38754 entre 397 y Linderos, Santiago de la Vega, La Habana, Cuba. E-mail: [rhfisiologia@inifat.co.cu](mailto:rhfisiologia@inifat.co.cu)

(30, 51 and 79 days after sowing). As growth index was determined, the Absolute Growth Rate (AGR) and yield components were evaluated. The main results show that at 79 days after sowing, the plants reached the highest AGR in both water conditions, particularly 'Flora', 'Jupiter', 'INIFAT-382' and 'Cubasoy-120' varieties. The lowest percentages of TAC inhibition in the low humidity conditions were for the varieties 'Flora' with 7.22 %, followed by 'INIFAT V-9' with 11.25 % and 'Jupiter' with 22.99 %, the others are around 27.5- 50.0 % inhibition. 'Cubasoy-120' variety show the highest grains per plant dry weight in relation to the rest, followed by in decreasing 'INIFAT-382', 'Flora' and 'Jupiter', however the variety that had a minimum inhibition of the dry weight of the grains per plant in the conditions of lower humidity was 'Flora' with 1.18 %, followed by 'INIFAT-382' with 35.28 %, 'Jupiter' with 39.14 % and 'Cubasoy-120' variety with higher values of 55.6 %. The best adaptation of the 'Flora', 'Jupiter' and 'INIFAT-382' varieties to low humidity conditions is shown. This work allowed to know the productive potential of each of the varieties and their behavior under low humidity conditions, which allows a better use of the diversity of this species.

**Key words:** growth, dry matter, productivity

### **INTRODUCCION**

En el trópico, las sequías periódicas, causadas por la distribución irregular de las lluvias, son responsables de reducciones importantes en el rendimiento del cultivo de la soya [*Glycine max* (L.) Merrill.], las cuales se agravan cuando la disminución de agua disponible coincide con estados críticos del desarrollo del cultivo o cuando se siembran variedades que en periodos se salen de los regímenes de lluvias (Toledo, 2018).

La acumulación y distribución de biomasa en los vegetales son características genotípicas fácilmente afectadas por el ambiente y su interacción (Paini *et al.*, 2018). Así, la proporción de biomasa asignada a hojas, tallos y raíces en cada momento del desarrollo depende de la cinética de crecimiento y de la tasa de distribución, que están gobernadas por el área foliar, el clima y la disponibilidad de los nutrientes.

La producción de soya en Cuba, requiere de nuevos cultivares adaptados a las condiciones del clima tropical, con ciclos cortos, de corte mecanizado y alto potencial de rendimiento. La disponibilidad por los productores de variedades con estas características permitirá garantizar

altas producciones con bajos insumos, por lo que resulta factible para la agricultura cubana (Toledo *et al.*, 2020).

Por tal motivo, al tener una mayor biodiversidad de variedades de soya con adaptación climática, se podrá incrementar el área cultivada y mantener la estabilidad de su producción en Cuba. En respuesta a esa necesidad el objetivo de este trabajo fue evaluar la Tasa Absoluta de Crecimiento de variedades comerciales de soya, bajo dos condiciones hídricas en campo, como un indicador que permita conocer la eficiencia fisiológica y el potencial productivo de cada una de ellas.

### **MATERIALES Y METODOS**

Los experimentos se desarrollaron en condiciones de campo en áreas del INIFAT en el Lote 2 y en ellos se evaluaron ocho variedades comerciales de soya ('INIFAT V-9', 'INIFAT 382', 'Cubasoy-120', 'Cubasoy-23', 'Júpiter', 'Conquista', 'Doko' y 'Flora').

La siembra se efectuó sobre suelo Ferralítico Rojo (diciembre 2014-2015) y se incorporó materia orgánica (estiércol) al área experimental, que consto de 20 parcelas con 6 canteros cada una, de 6 m de largo. Se utilizó un diseño de

bloques al azar, donde cada variedad fue replicada dos veces en cada condición hídrica.

Los riegos se efectuaron por aniego. Los primeros se realizaron en el área experimental completa después de la siembra. Una vez establecidas las plántulas, el área experimental se dividió en dos partes: en una se continuó aplicando el riego y en la otra se retiró, para evaluar la respuesta de las plantas en las dos condiciones hídricas.

En total se aplicaron tres riegos después de establecidas las plántulas (5 enero, 10 febrero y 5 de marzo) y a finales de ese mes se suspendió para que las plantas secan, ya próximas a la cosecha. Los días que llovió el riego no se efectuaron, mientras la humedad del suelo fue visible. Se realizaron las atenciones culturales según Instructivo Técnico del Cultivo (Esquivel, 1997).

Durante el ciclo de desarrollo del cultivo se realizaron muestreos destructivos de las plantas a los 36, 51 y 79 días después de la siembra (dds), para ello se tomaron 20 plantas al azar de las distintas réplicas y cada condición hídrica. Se

determino el contenido de materia seca de las distintas partes de la planta (a través del secado en estufa a 70 °C por 72 horas), para determinar el índice de crecimiento, la Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC) expresada en (mg día<sup>-1</sup>), la cual permite determinar el incremento del material vegetal por unidad de tiempo, de las variedades, según la fórmula propuesta por Di Benedetto y Tognetti (2016):  $TAC = dP / dT$

Dónde:

P = P2 - P1 (diferencia de la materia seca dos momentos P2 y P1).

dT = T2 - T1 (diferencia entre el tiempo 2 y 1).

Al final del ciclo de desarrollo se realizó la cosecha a través de la toma de 30 plantas, donde se evaluaron los componentes del rendimiento: número de vainas y granos y se determinó el peso de los granos por planta como Índice de Rendimiento.

Se determino también el Índice de Estrés (IE) de la TAC y del peso seco de los granos, así como el Porcentaje de Inhibición (PI) con y sin aplicación del riego, por la siguiente fórmula:

$$IE = \frac{\text{Valor indicador plantas menos hidratadas}}{\text{Valor indicador plantas más hidratadas}} \times 100.$$

Donde:

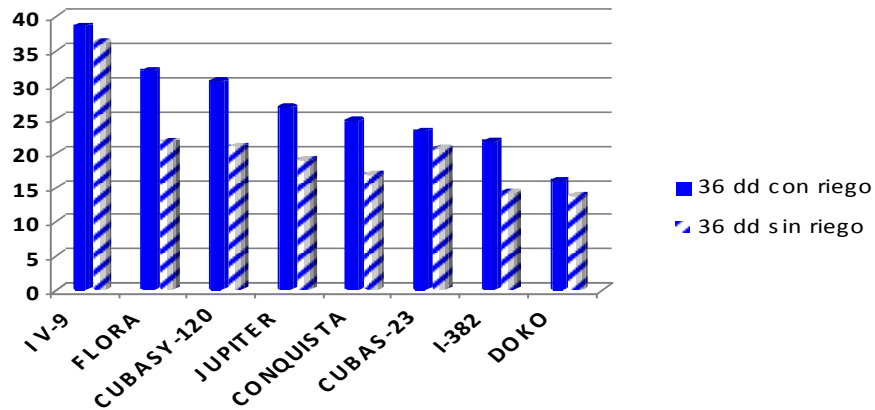
IE = (Índice de Estrés)

PI = 100 - IE

Los datos de porcentaje fueron transformados calculando el arcoseno de la raíz cuadrada en (P/100) y posteriormente se realizó un análisis de Varianza de Clasificación Simple y el Test de Turkey HSD, según el Software Estadístico Infostat (versión 2008), para un nivel de probabilidad del 5 %.

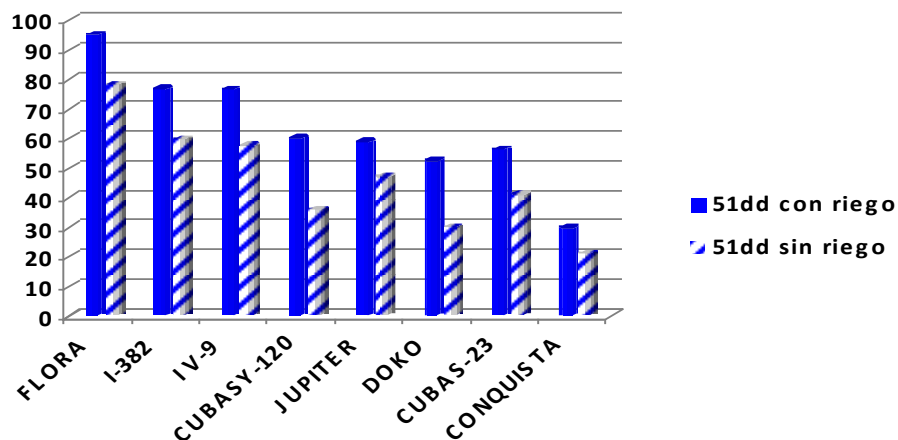
## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La Tasa Absoluta de Crecimiento a los 36 dds con riego y sin riego (Figura 1) muestra de forma descendente el comportamiento de las variedades, las cuatro primeras ('INIFAT V-9, 'Flora', 'Cubasoy-120' y 'Júpiter') alcanzaron los mayores valores, los cuales están por encima de 35 mg día<sup>-1</sup>, el resto están por debajo de este valor. Para todas las variedades se muestra la disminución de los valores de la TAC, cuando el riego no fue aplicado.



**Figura 1.** Comportamiento de la Tasa Absoluta de Crecimiento a los 36 días después de la siembra (dds), con y sin aplicación de riego.

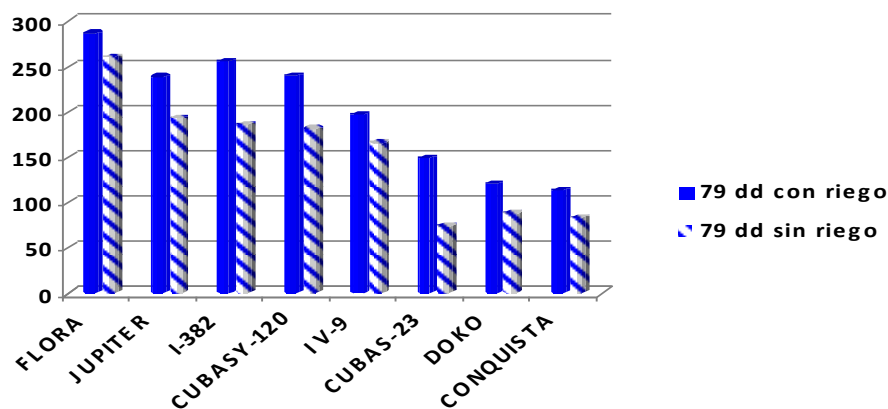
A los 51 dds cambia el orden de las variedades, pero se mantienen con valores más altos 'INIFAT V-9', 'Flora' y 'Cubasy-120', de forma general los valores aumentaron como se esperaba, pues las plantas ya estaban en un periodo más avanzado de su desarrollo (Figura 2).



**Figura 2.** Comportamiento de la Tasa Absoluta de Crecimiento a los 51 días después de la siembra (dds), con y sin aplicación de riego.

La distribución de materia seca entre los diferentes órganos de una planta es el resultado final de un conjunto ordenado de procesos metabólicos y de transporte que gobiernan el flujo de asimilados a través de un sistema fuente/sumidero. Estos procesos no son estáticos y pueden cambiar diariamente y a lo largo del período de desarrollo de la planta.

Como es de esperarse en el tercer muestreo, a los 79 dds (Figura 3), se obtiene la mayor acumulación de materia seca, lo cual es debido a que existe una mayor producción de fotosintatos que están comprometidos con el proceso de fructificación y llenado de los granos, lo cual concuerda con lo planteado por Cabrera *et al.* (2019).



**Figura 3.** Comportamiento de la Tasa Absoluta de Crecimiento a los 79 días después de la siembra (dds), con y sin aplicación de riego.

Los valores encontrados están por encima de  $100 \text{ mg.día}^{-1}$  llegando hasta los  $267,8 \text{ mg.día}^{-1}$  en el caso de las plantas que recibieron más riego, con respecto a las que no lo recibieron, las cuales presentaron valores más bajos.

Es de destacar que se mantienen las cuatro primeras variedades, pero cambian el orden de las mismas, se desplaza 'INIFAT V-9' y va hacia los primeros lugares 'Flora' y 'Júpiter', seguida de 'INIFAT-382' y 'Cubasoy-120', debe de existir una correspondencia del comportamiento entre la Tasa de Crecimiento, que equivale a decir acumulación de materia seca con los rendimientos alcanzados.

La diferencia encontrada en los periodos evaluados se expresa en el comportamiento de los procesos de crecimiento y desarrollo propio de los genotipos. La proporción de biomasa asignada a hojas, tallos y raíces en cada momento del desarrollo depende de la cinética de crecimiento y de la tasa de distribución, que están gobernadas por el área foliar, clima y disponibilidad de nutrimentos (Herrera *et al.*, 2019).

Si se asume que la producción y distribución de materia seca es una sucesión de cambios y reacciones bioquímicas, culminante en la

formación de los órganos de interés agrícola en las especies cultivadas (Barrientos *et al.*, 2015), se coincidirá en que las variables Tasa Absoluta de Crecimiento y Tasa Relativa de Crecimiento, permiten medir la eficiencia fisiológica como respuesta a las condiciones de manejo agronómico.

Al comparar la TAC con y sin aplicación de riego, de las diferentes variedades a los 79 dds, donde las plantas han alcanzado un mayor desarrollo vegetativo y reproductivo y están más cerca de la maduración del fruto, se observa que para todas las variedades el índice de estrés es alto y por lo tanto los porcentajes de inhibición son bajos, solo en un caso, en la variedad 'Cubasoy-23' alcanzó el 50 % de inhibición, que ya si es un valor restrictivo para el desarrollo de la planta, las otras variedades están por debajo de ese valor.

Se destacan con los menores porcentajes de inhibición la variedad 'Flora' con 7,23 %, seguida por 'INIFAT V-9' con 11,26 % y 'Júpiter' con 22,99 % con diferencias significativas entre ellas, las demás están en el rango de 27,24- 50,78 %, presentando la mayor inhibición la variedad 'Cubasoy-23' (Tabla 1).

**Tabla 1.** Comparación de la TAC con y sin aplicación de riego, índice de estrés y el porcentaje de inhibición de las variedades en estudio. Letras diferentes representan diferencias significativas para  $p < 0,05$ .

VARIEDADES	TASA ABSOLUTA DE CRECIMIENTO (mg.día <sup>-1</sup> )			
	CON RIEGO	SIN RIEGO	I. ESTRES	% INHIBICION
FLORA	285,89	265,23	92,77	7,23 a
JUPITER	257,71	198,46	77,00	22,99 c
INIFAT-382	254,71	185,34	72,76	27,24 d
CUBASOY-120	23,72	170,67	71,49	28,51 d
INIFAT V-9	186,11	165,15	88,73	11,26 b
CUBASOY-23	148,29	72,98	49,21	50,78 e
DOKO	119,56	86,84	72,63	27,37 d
CONQUISTA	122,53	88,43	72,17	27,83 d

Generalmente, la soya irrigada acumula mayor cantidad de materia seca, área foliar y tiene más alto rendimiento por semillas que la soya sin irrigar (Toledo, 2018). Así pues, cada déficit de agua reduce más o menos la actividad fisiológica en torno a la productividad, un bajo déficit hídrico causa un cierto cierre de las estomas, con ello una reducción en la conductividad y por tanto la consecuente disminución de la actividad fotosintética.

González *et al.* (2020) en numerosos trabajos han encontrado que si no todas, muchas de las reacciones químicas que tienen lugar en el proceso de la respiración son enzimáticas y desde su función hasta su estructura son afectados por el estatus de agua de la planta.

Las reducciones observadas en las velocidades de crecimiento bajo pequeños potenciales de agua en la hoja pueden explicarse por el incremento de la velocidad de respiración, asociado con el incremento de la temperatura de la planta y con la reducción de la asimilación de CO<sub>2</sub>.

Del orden que alcanzaron las variedades con respecto a la Tasa Absoluta de Crecimiento, es de destacar la variedad 'INIFAT V-9', que, aunque no muestra los valores mas altos de la

acumulación de materia seca con y sin aplicación de riego, bajo las condiciones sin riego fue capaz de desarrollarse a un punto que solo tuvo el 11,26 % de inhibición, aspecto importante a tener en cuenta desde el punto de vista de la tolerancia a condiciones de baja humedad.

El peso seco de los granos por planta, el componente del rendimiento más importante obtiene el mayor valor en la variedad 'Cubasoy-120', con diferencia significativa con el resto de las variedades, le siguen en orden 'INIFAT-382', 'Flora' y 'Júpiter', es de destacar que en los análisis que se han hecho de los diferentes índices evaluados el mejor comportamiento siempre este alrededor de estas variedades (Tabla 2).

Con menos riego se mantienen con los mayores valores del peso seco de los granos por planta las mismas variedades, pero en este caso el orden varia, el primer valor lo tiene la variedad 'Flora', seguida de 'INIFAT-382', después 'Cubasoy- 120' y por último 'Júpiter', de forma general y como es de esperarse todos los componentes del rendimiento disminuyen con las disminución de la humedad del suelo.

**Tabla 2.** Comparación del peso seco de los granos/planta, el Índice de estrés y el Porcentaje inhibición respecto a las plantas con riego. Letras diferentes representan diferencias significativas para  $p < 0,05$ .

<b>VARIEDADES</b>	<b>RIEGO</b>	<b>NO RIEGO</b>		
	<b>PESO SECO GRANOS / PLANTA(g)</b>	<b>PESO SECO GRANOS / PLANTA(g)</b>	<b>INDICE ESTRÉS</b>	<b>PORCENTAJE INHIBICION (%)</b>
<b>FLORA</b>	0,25	0,25	98,81	11,85 a
<b>CUBASY-120</b>	0,37	0,16	44,34	55,65 d
<b>JUPITER</b>	0,22	0,13	60,85	39,14 b
<b>INIFAT V-9</b>	0,13	0,03	28,11	71,88 e
<b>INIFAT -382</b>	0,27	0,17	64,74	35,26 b
<b>CUBAS-23</b>	0,16	0,06	41,56	58,43 d
<b>DOKO</b>	0,13	0,03	28,78	71,21 e
<b>CONQUISTA</b>	0,13	0,06	50,35	49,64 c

Según Toledo (2018), en una experiencia realizada planteó que las diferencias en el déficit hídrico en las horas del mediodía fueron asociadas con pérdidas significativas en el rendimiento, probablemente causadas por la sensibilidad de la fotosíntesis y otros procesos, a los déficits de agua.

González *et al.* (2021) reportaron en varios de sus trabajos el efecto provocado por una restricción hídrica sobre la floración, el rendimiento y sus componentes, citando que un suministro de agua no adecuado disminuye sobre todo el número de vainas por planta y que son menos afectados el número de granos por vaina y el peso medio de los granos. Cuando se compara el índice de estrés y el porcentaje de inhibición del peso seco de granos promedio por planta para todas las variedades con respecto a las plantas más irrigadas (Tabla 2), sucede que la variedad que tuvo un porcentaje de inhibición ínfimo fue 'Flora' con 11,85 %, seguida por 'INIFAT-382' con 35,26 % y 'Júpiter' con 39,14 % que, aunque en estos últimos casos no son tan bajos, al menos están por debajo del 50 % de inhibición, que corresponde a la inhibición más severa.

La variedad 'Cubasoy-120', que ha manifestado un buen comportamiento fisiológico, tuvo valores de inhibición mayor de 55,65 %, lo cual no era de esperarse pues debió tener valores más bajos. Desde el punto de vista de la tolerancia de las plantas a la sequía, los cultivares tolerantes son aquellos capaces de mantener o al menos reducir los rendimientos lo menos posible bajo condiciones de estrés

La limitación de humedad del suelo sobre el comportamiento de los cultivos influye reduciendo el porte de la planta, el tamaño del área asimiladora de la hoja y la cantidad de lugares de almacenamiento potencial para la materia seca producida. El efecto del estrés hídrico sobre el crecimiento y el rendimiento depende del grado de estrés y del estado de desarrollo en el cual este ocurre.

Al igual que cualquier cultivo, la producción de granos en la soya está ligada a la capacidad del cultivo de capturar los recursos que estén disponibles (agua, nutrientes, radiación, CO<sub>2</sub>). La temperatura regula la intensidad de captura de estos recursos. El momento durante el ciclo del cultivo en que esos recursos estén disponibles determinará las variaciones en el rendimiento de dicha oleaginosa, dado que

afectará de diferente manera la definición de los dos principales componentes del rendimiento del cultivo: el número de semillas y el peso de las mismas (Gaso, 2018).

El rendimiento de un cultivo viene dado por la capacidad de acumular biomasa como materia fresca y seca en los órganos que se destinan a la cosecha y un incremento proporcional de la biomasa destinada a estos órganos garantiza un incremento del rendimiento. De esta manera, la distribución de materia seca entre los diferentes órganos de la planta tiene un papel fundamental en la productividad de un cultivo (Herrera *et al.*, 2019)

En las plantas ocurren una serie de procesos metabólicos que rigen el flujo de asimilados a través de un sistema fuente/sumidero. Las actividades que ocurren en este proceso no son estáticas y pueden cambiar diariamente y a lo largo del período de desarrollo de la planta.

### CONCLUSIONES

A los 79 dds las plantas de todas las variedades alcanzaron la mayor Tasa Absoluta de Crecimiento en las dos condiciones hídricas.

Los menores porcentajes de inhibición de la Tasa Absoluta de Crecimiento y el peso seco de los granos por planta, en las condiciones de baja humedad fueron para las variedades 'Flora' y 'Júpiter', lo que pone de manifiesto la mejor adaptación de estas variedades a las condiciones de baja humedad.

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Barrientos, H.; Del Castillo, C.R. y García, M. (2015). Análisis de crecimiento funcional, acumulación de biomasa y translocación de materia seca de ocho hortalizas cultivadas en invernadero. RIIARN, 2(1): 7-18. La Paz. ISSN (impresa): 2409-1618. ISSN (digital): 2512-6868.

Cabrera, M.; Gutiérrez, L.; Calderón, S.; Mendoza, M.J. y Marrero, S (2019). Comportamiento fisiológico de cultivares comerciales de soja [*Glycine max* (L.) Merrill.] en condiciones de campo. Agrotecnia de Cuba, 43(1): 87 –97. ISSN (digital): 2414- 4673.

Di Benedetto, A. y Togenetti, J. (2016). Técnicas de análisis de crecimiento de plantas: su aplicación a cultivos intensivos. RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias, 42(3): 258-260. ISSN (impresa): 0325-8718.

Esquivel, M.A. (1997): El cultivo de la soja en Cuba. Manual Técnico. Agro Acción Alemana (AAA) y Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA), Holguín, Cuba, 100 p.

Gaso, D. (2018). Respuesta del rendimiento de soja a la densidad de siembra en ambientes de productividad contrastante. Agrociencia. Uruguay, 22 (2): 25-35. ISSN (impresa): 1510-0839. ISSN (digital): 2301-1548.

González, F.; Cisneros, E.; Herrera, J.; López, T. y Cid, G. (2020). Predicción del rendimiento de la soja (*Glycine max* L) utilizando el modelo AquaCrop en suelo Ferralítico. Ingeniería Agrícola, 2306-1545. ISSN: e-2227-8761- p. <https://rcta.unah.edu.cu>.

Herrera, O.; Maqueira, L.A.; Torres, W. (2019). Variabilidad del rendimiento en cultivares de soja (*Glycine max* L.). Parte I. Época de frío. Cultivos Tropicales, 40(1): 8 p. ISSN (impresa): 0258-5936. ISSN (digital): 1819-4087.

Painii, M.V.F.; Camarera, M.F.; Santillan, M.O. y Garcés, F.F.R. (2018). Interacción genotipo x ambiente de genotipos de soja en Ecuador. Revista Fitotecnia Mexicana.

Filogenética, 41(4): 433 – 441. ISSN: 2310 – 2799.

Toledo, D.D.; De la Osa, N.Y.; González, M.T.; Delgado, M.A. y Hurtado, V. (2020). SOYIG-20 y SOYIG-22: nuevas variedades de soya (*Glycine max* L. Merrill) introducidas para las condiciones climáticas de Cuba. Cultivos Tropicales,

41(1). ISSN (impresa): 0258-5936. ISSN (digital): 1819-4087.

Toledo, R. (2018): Aspectos sobre agua y nutrientes en soja (*Glycine max*). Cereales y Oleaginosas, Facultad de Ciencias Agropecuarias- UNC, 936. ISSN (digital): 1819-4087. Disponible en: <https://ansenuza.unc.edu.ar>

Fecha de recepción: 21 noviembre 2022

Fecha de aceptación: 12 enero 2023

Agrotecnia de Cuba

ISSN impresa: 0568-3114

ISSN digital: 2414- 4673

<http://www.grupoagricoladecuba.gag.cu>

