**AGROCENTRO 2019**

**Título**

Evaluación de indicadores fisiológicos en los cultivares de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) en las diferentes fases fenológicas

***Title***

*Evaluation of morphophysiological indicators in the cultivars of common bean (Phaseolus vulgaris L.) in the different phenological phases*

**Nombre y Apellidos1, Nombre y Apellidos2, …**

1-Elier Mora Pérez. UCLV Marta Abreu, Cuba. E-mail: [eliermp@uclv.cu](mailto:eliermp@uclv.cu)

2- Georget Robert Tartabull Beadle, Cuba.

3- Arahis Cruz Limonte, UCLV Marta Abreu, Cuba. E-mail: [arahiscl@uclv.edu.cu](mailto:arahiscl@uclv.edu.cu)

4- Sinesio Torres García, UCLV Marta Abreu, Cuba. E-mail: [sinesio@uclv.cu](mailto:sinesio@uclv.cu)

**Resumen:**

La investigación se desarrolló en la Finca “San José” perteneciente a la CCS “El Vaquerito” del pequeño agricultor Guillermo Sosa ubicada en las Antillas, carretera Camajuaní Km 5½, en el municipio de Santa Clara, provincia Villa Clara, en los Laboratorios de Fisiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y en el CIAP de la Universidad Central de las Villas “Marta Abreu” en el periodo comprendido entre diciembre del 2017 y mayo de 2018. Fueron utilizados los cultivares Güira 89, Conservador, Hatuey 24 y Fortificado 05 procedentes de la colección de semillas del Centro de Investigaciones Agropecuarias. Se empleó un diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres réplicas. La siembra se realizó de forma manual, con un marco de 0,70 m x 0,05 m, a una profundidad de 3 cm aproximadamente. El objetivo general de esta investigación fue evaluar indicadores fisiológicos en los cultivares de frijol común en las diferentes fases fenológicas. Se determinaron el peso fresco y peso seco por plantas; área foliar por plantas, índice de área foliar; porciento de materia seca; tasa de asimilación neta; tasa relativa de crecimiento, tasa absoluta de crecimiento y razón de área foliar.

**Palabras Clave:** índice de área foliar, porciento de materia seca, razón de área foliar, tasa absoluta de crecimiento, tasa de asimilación neta, tasa relativa de crecimiento.

***Abstract:***

*The research was developed in the "San José" farm belonging to the CCS "El Vaquerito" of the small farmer Guillermo Sosa located in the Antilles, Km 5½ Camajuaní road, in the municipality of Santa Clara, Villa Clara province, in the Physiology Laboratories Vegetable of the Faculty of Agricultural Sciences and in the CIAP of the Central University of the Villas "Marta Abreu" in the period between December of the 2017 and May of 2018. The cultivars Güira 89, Conservador, Hatuey 24 and Fortificado 05 were used. of the seed collection of the Center for Agricultural Research. A randomized block design with four treatments and three replications was used. Seeding was done manually, with a frame of 0.70 m x 0.05 m, at a depth of approximately 3 cm. The general objective of this research was to evaluate physiological indicators in common bean cultivars in the different phenological phases. Fresh weight and dry weight were determined by plants; leaf area by plants, leaf area index; percent dry matter; net assimilation rate; relative growth rate, absolute growth rate and leaf area ratio.*

***Keywords:*** *leaf area index, dry matter percentage, leaf area ratio, absolute growth rate, net assimilation rate, relative growth rate.*

**1. Introducción**

El frijol común (Phaseolus vulgaris L.) es la leguminosa alimenticia más importante en el trópico de América Latina y África oriental y meridional; es cultivado generalmente por pequeños agricultores en estas regiones (Beebe et al., 2008). América central, es actualmente la región de mayor consumo y segundo en producción, con un 31% de la producción mundial (FAO, 2014).

También es buena fuente de fibra cuyo valor varía de 14-19 g /100 g del alimento crudo, del cual hasta la mitad puede ser de la forma soluble. Los principales componentes químicos de la fibra en el frijol son las pectinas, pentosas, hemicelulosa, celulosa y lignina. Además, este alimento también es una fuente considerable de calcio, hierro, fósforo, magnesio y zinc y de las vitaminas tiamina, niacina y ácido fólico (Fernández et al., 2010).

En Cuba, el consumo de frijol goza de una larga tradición y gran demanda, se siembran alrededor 100 000 ha anuales de frijol común (Álvarez et al., 2014). El percápita anual normado para la distribución a la población es de 6,9 kg, sin tener en cuenta el consumo de los comedores institucionales. Constituye uno de los granos más importantes en la alimentación del pueblo, siendo un alimento de preferencia en la dieta diaria, su aceptable contenido de proteínas lo sitúan como un cultivo estratégico del país. (Hernández et al 2017).

En la provincia de Villa Clara en el año 2016 se sembraron un total de 10 876 00 ha del cultivo, alcanzándose un rendimientos agrícolas de 1,0 t ha-1 y una producción total de 10 876 00 t (MINAG, 2017). En el año 2017 las importaciones de frijol común fueron de 14 400 t con un costo de 20,3 millones de dólares para un precio de $1,410 la tonelada.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente la problemática a resolver es la selección de cultivares mejor adaptados a nuestras condiciones climáticas, teniendo en cuenta los indicadores fisiológicos, para obtener mejores rendimientos.

El presente trabajo tiene como objetivo general, evaluar indicadores fisiológicos en los cultivares de frijol común Güira 89, Conservador, Hatuey 24 y Fortificado 05 en las diferentes fases fenológicas, sembrados en la finca “San José” perteneciente a la CCS “El Vaquerito”.

**2. Metodología**

La investigación se desarrolló en la Finca “San José” perteneciente a la CCS “El Vaquerito” del pequeño agricultor Guillermo Sosa ubicada en las Antillas, carretera Camajuaní Km 5½, en el municipio de Santa Clara, provincia Villa Clara, en los Laboratorios de Fisiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, y en el CIAP de la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas. Los experimentos de campo se realizaron en un suelo Pardo mullido medianamente lavado según la nueva versión de clasificación de los suelos de Cuba (Hernández et al., 2015) en el período comprendido de enero 2017 a mayo 2018.

El fríjol común presenta una fenología en la que se distinguen las etapas de desarrollo vegetativo que van desde germinación hasta tercera hoja trifoliada (V0 a V4); y las reproductivas que van desde prefloración hasta y madurez fisiológica (R5 a R9) (Polanía, 2011).

Los cultivares de frijol que se utilizaron son Fortificado 05, Hatuey 24, Conservador, Güira 89 procedentes de la colección de semillas del Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP). Se empleó un diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres réplicas. La siembra se realizó manual, con un marco de siembra de 0,70 m x 0,05 m, se depositó una semilla por nido, a una profundidad de 3 cm aproximadamente. Las atenciones culturales al cultivo se desarrollaron según el Instructivo Técnico MINAGRI (2010) y se realizaron tres riegos de agua, en la siembra, al inicio de la floración y en el llenado de las legumbres.

Determinación de indicadores fisiológicos

Para la determinación del Peso fresco (PF) se tomaron cinco plantas por réplica, cuando la planta estaba en la fase fisiológica V4 (tercera hoja trifoliada) a los 32 y en la fase fenológica R5 a los 46 días a partir de la germinación).

Para la determinación del peso seco (PS) se tomaron las muestras de las plantas colectadas y se secaron, se usó para ello una estufa a 70 ºC durante 72 h hasta peso constante.

Para el peso seco (PS) y Peso fresco (PF) se utilizó la balanza analítica de precisión.

El Porciento de masa seca se determinó por la siguiente fórmula:

% MS = (PS / PF) 100

Donde:

% MS: porciento de materia seca

PS: peso seco

PF: peso fresco

Para determinar el área foliar (AF) se empleó el método dimensional. Se le midió el largo por ancho a todos los limbos, de cada planta y se calculó el coeficiente de área foliar por la siguiente fórmula:

f=Ah/ (l. a)

Donde:

Ah: área de la hoja (método del trazado sobre papel)

l : Largo del limbo de la hoja

a : Ancho del limbo de la hoja en la zona más ancha (centro del limbo)

f : Coeficiente de área foliar (factor)

Posteriormente se realizó el cálculo del área foliar mediante la fórmula:

At = (l • a) f (para un grupo de hojas.)

Donde:

At: área foliar total

l : largo del limbo de la hoja

a : ancho del limbo de la hoja en la zona más ancha ( centro del limbo)

f : coeficiente de área foliar (factor)

El índice del área foliar (IAF)

Se determinó con la utilización de la siguiente fórmula

Donde:

AF= área foliar de la planta

AV = área vital

La tasa de asimilación neta (TAN)

Para el cálculo de este índice se empleó la fórmula:

Dónde:

PSf es el peso seco total de la planta en la segunda evaluación

PSi es el peso seco total de la planta en la primera evaluación

AFf es el área foliar en la segunda evaluación

AFi es el área foliar en la primera evaluación

Tf y Ti son las edades a las que se realizaron las evaluaciones, final e inicial, respectivamente

El peso seco total es igual a la suma de los pesos secos de hojas, tallos y legumbres

Tasa Relativa de Crecimiento (TRC)

Se calculó mediante la fórmula propuesta por Hunt (2002)

Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC)

Esta variable se calculó por la fórmula propuesta por Hunt (2002) que es como sigue:

Razón del área foliar (RAF)

Se calculó por la fórmula

Procesamiento estadístico

Para el procesamiento estadístico se utilizaron los paquetes de programas STATGRAPHICS Centurión XV.II. Soportado sobre Microsoft Windows 8 Enterprise © 2012. Después de comprobar los supuestos de homogeneidad de varianza y normalidad se realizó un análisis de varianza simple, para comparación de medias y la prueba de Fisher para determinar las diferencias entre tratamientos.

Cuando no hubo homogeneidad de varianza se aplicó la prueba no paramétrica de Kruscal wallis según correspondió con un nivel de confianza del 95 %.

**3. Resultados y discusión**

Los valores de peso fresco se comportaron entre 48,07 g el mínimo y 68,45 g el máximo en la fenofase V4; y entre 68,96 g y 75,59 g en la fenofase R5, no teniendo diferencia significativa entre los tratamientos. Según Ortega y Rodés (1986) el peso fresco o masa fresca aunque en cierta medida indica un grado de crecimiento no es muy aconsejable puesto que el contenido de agua de los tejidos es muy variable con las horas del día, las estaciones del año, la edad del tejido y el grado de humedad del suelo, y difiere también para especies y variedades bajo las mismas condiciones ambientales.

Tabla 1. Peso fresco por planta (gramos) de los cultivares en las fenofases V4 (59 días) y R5 (70 días).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Cultivar** | **Fenofases** | |
| **V4** | **R5** |
| Güira 89 | **48,07** | 68,96 |
| Conservador | 60,76 | 68,97 |
| Hatuey 24 | 67,56 | **75,59** |
| Fortificado 05 | 68,45 | 73,71 |
| **EE±** | 7,6104 | 6,9482 |

Los valores de materia seca estuvieron dentro del rango de 7.07 g en el cultivar Güira 89 y 14.33 g en el cultivar Hatuey 24, a pesar de no haber diferencia significativa entre los cultivares (Tabla 4). Además este indicador representa el aumento de peso y por tanto sirve para medir la capacidad productiva de las plantas, esto concuerda con lo expresado por (Vázquez *et al* 1995) y (Torrres *et al* 2001).

Tabla 2. Peso seco por planta (gramos) de los cultivares en las fenofases V4 (59 días) y R5 (70 días).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Cultivar** | **Fenofases** | |
| **V4** | **R5** |
| Güira 89 | **7,07** | 13,46 |
| Conservador | 8,37 | 11,45 |
| Hatuey 24 | 10,76 | **14,33** |
| Fortificado 05 | 10,05 | 13,61 |
| **EE±** | 1,3728 | 1,2896 |

Los porcientos de materia seca oscilaron entre 13,67 a 15,15 en la fenofase V4, y de 17,32 a 19,42 en R5. Este aspecto nos brinda un índice de la intensidad del gasto de sustancia seca, bajo ambas condiciones de luz y oscuridad). Barceló *et al*. (1995)

Tabla 3. Porciento de masa seca por planta de los cultivares en las fenofases V4 (59 días) y R5 (70 días).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Cultivar** | **Fenofases** | |
| **V4** | **R5** |
| Güira 89 | 14,8 | **19,42** |
| Conservador | **13,67** | 17,32 |
| Hatuey 24 | 15,15 | 18,73 |
| Fortificado 05 | 14,88 | 18,65 |
| **EE±** | 0,8028 | 0,9762 |

El cultivar Güira 89 tuvo la mayor área foliar en la fase fenológica V4 con 3,44 dm2 a su teniendo diferencia significativas con los demás cultivares en muestreo. Los resultados no coinciden con los de Aguilera (2009) al comparar los valores de área foliar de las variedades los valores de área foliar oscilaron entre 1,88 y 3,44 dm2, valores un poco por debajo de los expuestos por el mismo.

Figura .1 Área foliar de los cultivares en la fenofase V4 (59días)

El cultivar con mayor área foliar en la fase fenológica R5 fue el Güira 89, el cual no tuvo diferencia significativa con el Hatuey 24, pero si con los otros cultivares evaluados. Con respecto a este indicador Rincón *et al*. (1997), refieren las importantes implicaciones que tiene la cantidad de área foliar que posee una planta para su crecimiento y producción de materia seca, así como para su persistencia, ya que determina una mayor o menor captación de energía lumínica durante el proceso de crecimiento.

Figura 2. Área foliar de los cultivares en la fenofaseR5 (70 días)

En el índice de área foliar el cultivar con los mayores valores en las fenofases V4 y R5 fue Güira 89, el cual no tuvo diferencia significativa con el cultivar Hatuey 24, pero si con los demás cultivares. Según Alemán (2000) en la medida que aumenta la densidad de población se produce una disminución del área foliar por planta y al mismo tiempo aumenta el índice de área foliar.

Figura 3. Índice de área foliar de los cultivares en las fenofase V4 y R5

La tasa de asimilación neta osciló entre 0,10 y 0,15 g dm-² días-1, este indicador refleja más eficacia que tiene la planta en la producción de fotoasimilados y muestra la velocidad de fotosíntesis neta de la misma, según (Escalante & Kohashi 1993).

En la tasa de crecimiento relativo el cultivar que más se destaco fue Güira 89 con 0,06 g días-1, el cual tuvo diferencias significativas con los demás cultivares evaluados. También en la tasa de absoluta de crecimiento y la razón de área foliar el cultivar Güira 89 tuvo los mayores valores con 0,63 g días-1 y 0,44 dm² g-1 respectivamente, teniendo diferencias significativas los otros cultivares. Estos indican el grado de eficiencia en la producción de las plantas según (Vázquez *et al* 1995).

**Tabla 6. Tabla de tasas y razón de área foliar**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Cultivares | TAN g dm-²días-1 | TCR g días-1 | TAC g días-1 | RAF dm² g-1 |
| Güira 89 | 0,15 | 0,06**a** | 0,63**a** | 0,44**a** |
| Conservador | 0,10 | 0,03**b** | 0,31**b** | 0,25**b** |
| Hatuey 24 | 0,11 | 0,03**b** | 0,36**b** | 0,27**b** |
| Fortificado 05 | 0,12 | 0,03**b** | 0,36**b** | 0,25**b** |
| EE± | 0,0252 | 0,0082 | 0,0770 | 0,0405 |

**4. Conclusiones**

Se determinaron los pesos seco, fresco y % de masa seca de los cultivares Fortificado 05, Hatuey 24, Conservador, Güira 89 en las fases fenológicas V4 y R5, no teniendo diferencias significativas en los diferentes tratamientos.

El cultivar Güira 89 tuvo los valores más altos de área foliar en la fase fenológica V4 y en R5, siendo un aspecto clave en los indicadores (TAN, IAF, RAF), teniendo diferencias significativas con los otros cultivares.

Los mayores incrementos de fotosíntesis neta (tasa de asimilación neta) y eficiencia en la producción de las plantas (tasa de crecimiento relativo) fueron en el cultivar Güira 89 teniendo diferencia significativas con los demás cultivares evaluados.

**5. Referencias bibliográficas**

Alemán, C (2000) Evaluación de seis sistemas de explotación en el cultivo de frijol común Phaseolus vulgaris, arg. utilizando un estimulante en el clon IAN 873, Livingston Izabal. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Guatemala, URL. 87 pág. http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2014/06/09/Salguero-Edwin.pdf consultado 21 de junio del 2016.

Álvarez FA, Benítez GR, Rodríguez AE, Grande MO, Torres MM, Pérez RP (2014) Guía técnica para la producción de frijol común y maíz. 7 – 21.

Álvarez, FA.; Benítez, GR.; Rodríguez AE.; Grande, MO.; Torres, MM.; Pérez, RP (2014) Guía técnica para la producción de frijol común y maíz. 7 – 21.

Barceló, J.; G. Nicolás, B. Sabater y R. Sánchez. Fisiología Vegetal. Ediciones Pirámides S.A., Madrid, 1995. 661p.

Beebe, S., I. M. RAO, C. CAJIAO and M. GRAJALES. 2008. Selection for drought resistance in common bean also improves yield in phosphorus limited and favorable environments. Crop Science, 48 (2): 582-592.

Escalante EJA, Kohashi SJ (1993) El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados, Montecillo. 84 pp.

FAO (2014). Dirección de Estadísticas: FAOSTAT (en línea). Consultado el 12 de marzo de 2016. Disponible en http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/home/S

Fernández, A.C., Nishida, W., Da Costa Proenca, R.P. 2010. Influence of soaking on the nutrition qualityof common bean (Phaseolus vulgaris) cooked with or whitout the soaking water: a review. International Journal of Food Science and Technology 45:2209-2218.

Flores de la Cruz Marisol Jazmín, et al. Diferencias fenológicas, morfológicas y de componentes del rendimiento entre una forma silvestre y domesticada de frijol común. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 9 (1): 7, 2018.

Hernández Jiménez, A.; Pérez Jiménez, J. M.; Bosch Infante, D. y Castro Speck, N. 2015. Clasificación de los Suelos de Cuba 2015.) Ediciones INCA, Cuba, 2015. 91 p. ISBN: 978-959-7023-77-7

Hernández, D; Díaz, M; Quiñones, R; Santos, R; Portal, N; Herrera, L (2017). Empleo de rizobacterias para la protección de plantas de frijol frente al tizón ceniciento (Macrophomina phaseolina).

Hunt, R., D.R. Causton, B. Shipley y P. Askew. 2002. A modern tool for classical lant rowth analysis. Annals of botany 90: 485-488. Disponible en línea en: www.aob.oup.journals.org.

MINAGRI (2017) Producción de granos en la provincia de Villa Clara en el año 2016. Ministerio de la Agricultura. Villa Clara. 6 p.

MINAGRI.2010. Instructivo Técnico para el cultivo del frijol. Dirección de Cultivos Varios, MINAGRI, La Habana, 35p.

Ortega Delgado, E. y Rodés García, Rosa. Manual de Prácticas de Laboratorio de Fisiología Vegetal. Editorial Pueblo y Educación, C. de La Habana, 1986, 196Pp.

Ortiz Pérez, R. 2016. Protocolo para la producción local de semilla de frijol. Ediciones INCA, Cuba, 2016.45p. ISBN: 978-959-7023-7

Polanía, J. A., Rao, I. M., Mejia, S., Beebe, S. E., &Cajiao, C. H. (2012). Morpho-physiological characteristics of common bean (Phaseolus vulgaris L.) related todrought adaptation. Acta Agronómica.

Rincón, L.; Saez, J.; Pérez, A.; Pellicer, C.; Gómez, M.D 1997. Crecimiento y absorción de nutrientes de melón bajo invernadero. Investigación Agraria. Producción y Protección Vegetales 13 (1-2), 111-120.http://www.inia.es/gcontrec/pub/rincon\_1161159819250.pdf consultado 21 de junio del 2016

Torrres García, S. Manual de Prácticas de Fisiología Vegetal para el Segundo Semestre, 2001. En Biblioteca de Facultad y en soporte magnético en carpeta de 2do año agronomía.

Vázquez Becalli, Edith y Torres García, S. Fisiología Vegetal. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana, Cuba. 1995. 451 p.