

COMPORTAMIENTO DE ALGUNAS VARIEDADES DE FRIJOL COMUN (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) CON DIFERENTE GRADO DE TOLERANCIA A LA SEQUÍA EN CONDICIONES DE CAMPO

Melba Cabrera Lejardi, Nelson León Nicolau, María Julia Mendoza Estévez, Heidi López Alonso, Yanin Ortega Lemus y Sonia Marrero Granado

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de algunas variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) provenientes del Banco de Germoplasma y del Programa de Mejoramiento del frijol común del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt”, con distinto grado de tolerancia a la sequía, en condiciones de campo. Se realizaron dos experimentos en áreas del INIFAT sobre suelo Ferralítico Rojo, utilizando un diseño de bloques al azar con cuatro replicas. Solo le fue aplicado un riego de germinación. Se sembraron 21 variedades de granos de color rojo, negro y blanco, de ellas se seleccionaron seis con distinto grado de tolerancia, como modelos para realizar los análisis. Se determinaron caracteres morfológicos y del rendimiento de las plantas y se calculó la Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC), en dos momentos del ciclo de desarrollo del cultivo. Los caracteres de crecimiento y rendimiento en las seis variedades evaluadas reflejaron un comportamiento acorde al grado de tolerancia que presentaron las variedades en un estado de desarrollo temprano. En cuanto a la materia seca de hoja, tallo y raíz, podemos decir que los mayores valores se presentan en las variedades Bat 93-1 y P-2258, que son consideradas tolerantes, seguidas por las variedades P-246 y P-2240 y con los valores más bajos la P-2170 y P-2173. Es de destacar que la variedad P-2258 presenta la mayor acumulación de materia seca de las hojas y la raíz, aspectos estos de gran importancia desde el punto de vista de la tolerancia al estrés hídrico. La TAC para todas las variedades fue mayor en el periodo floración-fructificación, permitiendo una mayor acumulación de materia seca, que posibilita el suministro de fotosintatos a los puntos de crecimiento y llenado del grano. Las variedades más tolerantes hacen un uso más eficiente de la distribución de la materia seca producida, lo que se refleja en los rendimientos obtenidos.

Palabras claves: sequía, frijol, tolerancia

Behavior of bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.) with different degree of drought tolerance on field condition

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the behavior of some varieties of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) coming from the Bank of Germoplasm and of the Program of Improvement of the Institute of Fundamental Research on Tropical Agriculture “Alejandro of Humboldt”, with different degree of tolerance to the drought, under field

Lic. Melba Cabrera Lejardi, Investigadora Auxiliar del Grupo de Fisiología Vegetal y Postcosecha del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt” (INIFAT), Cuba

✉ fisiologiarh@inifat.co.cu

conditions. They were carried out two experiments in areas of the INIFAT on Red Ferralitic soil, using a design of blocks at random with four replies. Along it was applied a germination watering. Varieties (21) of grains of red, black and white color were sowed; of them six were selected with different degree of tolerance, as models to carry out the analyses. Characters morphology were determined and of the yield of the plants and the Absolute Rate of Growth was calculated (TAC), in two moments of the cycle of development of the cultivation. The characters of growth and yield in the six evaluated varieties reflected an in agreement behavior to the degree of tolerance that they presented the varieties early in a development state. As for the dry matter of leaf, shaft and root, we can say that the biggest values are presented in the varieties Bat 93-1 and P-2258 that are considered tolerant, continued by the varieties P-246 and P-2240 and with the lowest values the P-2170 and P-2173. The variety P-2258 presents the biggest accumulation in dry matter of the leaves and the root, aspects these of great importance from the point of view of the tolerance to the hydric stress. The TAC for all the varieties was bigger in the period floration-fructification, allowing a bigger accumulation of dry matter that facilitates the fotosintatos supply to the points of growth and filled of the grain. The most tolerant varieties make a more efficient use of the distribution of the produced dry matter, what is reflected in the obtained yields.

Key words: drought, bean, tolerance

INTRODUCCIÓN

El frijol es un cultivo de pequeños agricultores en América Latina y África Oriental y occidental, donde es a menudo cultivado en condiciones no favorables y con mínimos insumos. (Beebe *et al.*, 2008).

En Cuba el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), ha sido cultivado tradicionalmente, encontrándose entre los cultivos económicos más importantes, no solamente por su alto valor nutricional sino por el hábito de su consumo por la población. Sin embargo los rendimientos del cultivo del frijol en nuestro país se ha caracterizado en los últimos 20 años por ser bajos, no sobrepasando el valor medio de 0,7 T/ ha (ONE, 2010).

Estos bajos rendimientos y la poca estabilidad en su producción están dados fundamentalmente porque esta se ve afectada por una serie de factores, siendo entre ellos la disponibilidad de agua durante el ciclo del cultivo que limita la expresión genotípica de las variedades, además la falta de cultivares adaptados al medio ambiente, incluso a los cambios climatológicos a nivel global, por lo que la utilización de variedades con tolerancia a la sequía constituye una de las estrategias para lograr estabilizar los rendimientos. Se hace necesario aprovechar la diversidad genética de las especies silvestres y cultivadas, para lograr la estabilidad y mejorar las cosechas, ya que no todas las variedades presentan la misma respuesta al déficit de humedad, lo que indica la variabilidad en la respuesta hídrica.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de algunas variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) con diferente grado de tolerancia a la sequía en un estado de desarrollo temprano en condiciones de campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos experimentos en condiciones de campo en áreas del INIFAT, en diciembre del 2007 y 2008, sobre suelo Ferralítico Rojo, utilizando un diseño de bloques al azar con cuatro replicas. Las parcelas fueron de cinco surcos de 10 m de largo y la distancia de siembra 0,75 x 0,08 cm. Solo le fue aplicado un riego de germinación y las precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo.

Se utilizaron 21 variedades de diferentes colores provenientes del Banco de Germoplasma y del Programa de Mejoramiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris*), del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt” (INIFAT). Para este estudio se seleccionaron seis variedades que en una evaluación previa presentaron diferente grado de tolerancia a la sequía BAT 93-1 y P-2258 (tolerantes), P-456 y P-2240 (intermedias), y P-2170 y P-2173 (susceptibles).

Se realizaron muestreos destructivos de las plantas en las distintas fases fenológicas del cultivo, para lo cual se tomaron 20 plantas al azar de cada réplica. Se evaluó: la altura de las plantas, número de nudos y de hojas y la materia seca de hoja tallo y raíz. Al final en la cosecha se tomaron 20 plantas y se evaluaron: el número de vainas, granos por planta y peso de los granos. Se evaluó el rendimiento total en Kg/ha.

Se calculó la Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC), en dos momentos, desde el período vegetativo temprano hasta el inicio de la floración (I) y desde esta hasta la fructificación (II).

$TAC = \frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1}$, donde:

P_1 = Peso seco en el tiempo 1

P_2 = Peso seco en el tiempo 2

T_1 = Tiempo 1

T_2 = Tiempo 2

Se realizó un Análisis de Varianza de Clasificación Simple y el Test de Rangos Múltiples de Duncan (Programa Estadístico del Departamento de Matemática Aplicada del INCA, 1991).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los mayores valores de la altura de las plantas la obtuvo la variedad Bat 93-1 con diferencia significativa con el resto de las variedades, entre las otras variedades también existe diferencia aunque los valores van siendo menores de las más tolerantes a las menos (Tabla 1).

Según Barrios *et al.*, (2009) la limitación de la humedad del suelo influye en el cultivo reduciendo el tamaño de la planta entre otros índices de crecimiento, en nuestro caso no estamos comparando humedades del suelo, pero las plantas se desarrollaron bajo condiciones de baja humedad y lo que se manifiesta es la respuesta varietal a esa condición. Para el número de hojas existe diferencia significativa entre todas las variedades, destacándose la variedad P-2258, mientras que el número de nudos no presenta diferencia entre las cuatro primeras variedades, pero si entre estas y las dos últimas que tampoco difieren entre sí (Tabla 1).

En cuanto a la materia seca de la hoja, el tallo y la raíz, se puede decir que los mayores valores se presentan en las variedades Bat 93-1 y P-2258, que son consideradas tolerantes, seguidas por las variedades P-246 y P-2240 y con los valores más bajos la P-2170 y P-2173. Es de destacar que la variedad P-2258 presenta la mayor acumulación de materia seca de las hojas y la raíz aspectos estos de gran importancia desde el punto de vista de la tolerancia al estrés hídrico (Tabla 1).

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 (Abebe *et al.*, 2009).

En las hojas es donde se realiza la fotosíntesis y se almacenan gran parte de los fotosintatos que posteriormente serán distribuidos a otras partes de crecimiento de la planta, así como el llenado de los granos.

Tabla 1. Características del crecimiento en seis variedades de fríjol en condiciones de campo

GENOTIPOS	ALTURA	NÚMERO		MATERIA SECA (g)		
		HOJAS	NUDOS	HOJA	TALLO	RAIZ
BAT 93-1	46,25a	17,50 b	10,0 a	3,015 b	1,462 a	0,502 b
P-2258	44,15 b	21,50 a	10,0 a	4,347 a	1,463 a	0,570 a
P-456	32,05 c	11,75 d	9,50 a	1,934 d	0,943 b	0,242 c
P-2240	30,10 d	13,75 c	10,0 a	2,113 c	0,950 b	0,275 c
P-2170	22,05 e	11,50 d	8,25 b	1,774 e	1,008 b	0,146 e
P-2173	18,25 f	10,00 e	8,00 b	1,552 f	0,908 d	0,163 d
ES X	0,16	0,38	0,23	0,21	0,15	0,08
CV	0,72	3,81	3,47	2,45	0,08	0,23

Diferencia significativa $p = 0,001$

A su vez un mayor peso de la raíces, puede indicar una mayor densidad o profundidad de las mismas, ambas son importantes adaptaciones morfológicas al estrés hídrico, ya que esto permite hacer más eficiente la extracción del agua del suelo y mantener un potencial hídrico alto en la planta.

Este carácter es uno de los mecanismos fisiológicos que las plantas desarrollan para soportar condiciones de estrés hídrico, además ha sido utilizado como criterio de selección respecto a la tolerancia a la sequía ya que la profundidad de penetración de las raíces ha sido sugerida como una importante adaptación al estrés hídrico (Polania, 2009).

En la Tabla 2 se puede observar que el número de vainas varía entre las variedades, existiendo diferencia significativas entre ellas, el número de granos varía con diferencia significativa también, solamente no hay diferencia entre las dos últimas variedades, en el caso de estas variables se destaca la variedad P-2258, con los mayores valores y la P-2173 con los más bajos.

Este comportamiento se ve reflejado en el peso seco de los granos. Gallegos y Shibata (2009), reportan en varios de sus trabajos que el efecto provocado por una restricción hídrica sobre la floración, el rendimiento y sus componentes, 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.

En las Figuras 1 y 2 se muestran las variaciones en el tiempo de la Tasa Absoluta de Crecimiento, de las seis variedades seleccionadas, en dos momentos del ciclo de desarrollo del cultivo, desde el periodo vegetativo hasta la floración y desde este hasta la fructificación. El comportamiento de los procesos de crecimiento y desarrollo propio de los genotipos se expresa en la diferencia encontrada en los periodos evaluados.

Si la biomasa es tomada en intervalos de tiempo relativamente cortos, de acuerdo al material investigado y el propósito de la investigación, la Tasa de producción puede ser estimada por el incremento de la biomasa (Barrios *et al.*, 2009).

El comportamiento de la Tasa Absoluta de Crecimiento de las seis variedades en el periodo desde la etapa temprana del periodo vegetativo hasta el inicio de la floración muestra que los mayores valores corresponden a las variedades Bat 93-1 y P-2258 con diferencia significativa entre ellas y los menores valores para las variedades P-2170 y P-2173, sin diferencia entre ellas.

Si se comparan los valores obtenidos para la TAC se puede observar que los valores aumentan en el periodo inicio floración-fructificación, lo cual es lógico si se tiene en cuenta que aquí debe haber la mayor acumulación de materia seca, que posibilite el suministro de fotosintatos a los puntos de crecimiento y al llenado de los granos.

Tabla 2. Componentes del rendimiento de las seis variedades en estudio

GENOTIPOS	NUMERO		PESO (g) GRANOS/ PLANTA
	VAINAS	GRANOS	
BAT 93-1	17,0 b	65,0 b	12,090 b
P-2258	18,0a	93,0 a	16,148 a
P-456	10,0 c	46,0 c	7,809 c
P-2240	8,5 d	37,0 d	6,450 d
P-2170	5,5 e	27,5 e	5,306 e
P-2173	4,5 f	26,5 e	4,340 f
ES X	0,11	1,65	0,19
CV	1,46	4,77	3,00

Diferencia significativa $p= 0,001$

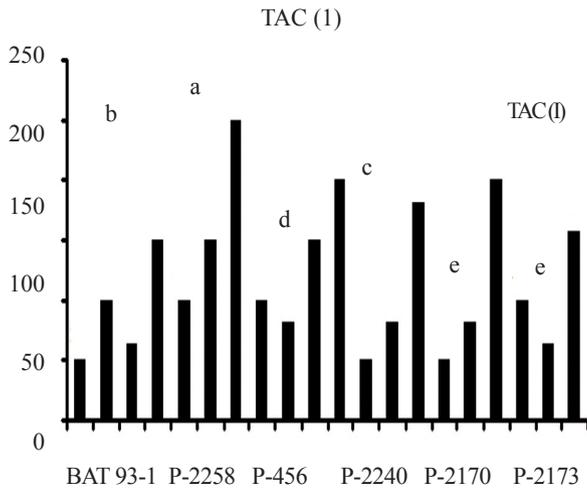


Figura 1. Tasa Absoluta de Crecimiento durante el periodo vegetativo-floración de variedades de frijol de diferente tolerancia al estrés hídrico

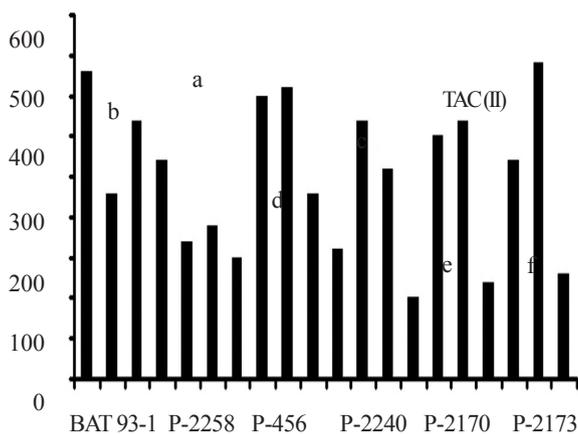


Figura 2. Tasa Absoluta de Crecimiento durante el periodo floración-fructificación de variedades de frijol de diferente tolerancia al estrés hídrico

Es de destacar que las variedades en estudio aunque están bajo las mismas condiciones experimentales de estrés hídrico, no hacen el mismo uso de los productos de la fotosíntesis, las variedades que se consideran más tolerantes hacen un uso más eficiente de la distribución de los fotosintatos, lo que se refleja en los rendimientos obtenidos.

Obtener materiales de frijol tolerante a la sequía constituye una meta en muchas regiones del trópico, donde la escasez de agua limita la posible utilización de esa fuente de proteína, sin embargo no sólo es necesario identificar materiales que sean tolerantes a sequía sino también conocer los mecanismos que la determinan, para identificar la diversidad de condiciones que presenta la sequía en distintos países de América Latina y el Caribe (Rao *et al.*, 2009, Xoconostle *et al.*, 2010).

La sequía es el principal factor que limita la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en México. Para implementar programas de mejoramiento es necesario conocer la diversidad genética de las poblaciones nativas para tolerancia a este factor (Treviño y Quijano, 2013.)

Como el análisis del crecimiento está basado en los valores de los datos primarios, que describen el status morfológico de la planta analizado en cada momento, a través del peso seco total y/o individual de las diferentes partes de la planta (hojas, tallos, ramas, etc), este puede ser considerado como una aproximación de la producción fotosintética de la planta, la producción neta es definida como el resultado neto del trabajo asimilatorio que tiene lugar en una planta durante cierto periodo de tiempo.

En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos en cuanto al orden que presentan las variedades por sus rendimientos, se puede plantear que las primeras siete variedades que aparecen en el orden de mérito, como las de mayores rendimientos P2258, Bat 93-1, P248-1, Lewa, CC 25-9 R, Milagro Villareño, Wacuto, son las variedades que presentaron en condiciones de laboratorio mayor porcentaje de germinación y largo de la raíz, por lo que se pueden considerar como las más tolerantes.

Las otras diez variedades que le siguen en orden, tienen rendimientos más bajos, algunas son tolerantes y otras intermedias aunque en la mayor parte, entre muchas de ellas no existen diferencias significativas, en relación con las del primer grupo.

Las últimas con los rendimientos más bajos pertenecen al grupo que se habían considerado las menos tolerantes, pues presentan el menor porcentaje de germinación y la longitud del hipocótilo y de la raíz, en un estado de desarrollo temprano.

Tabla 3. Orden de mérito de las medias según Duncan al 5 %

CULTIVARES	RENDIMIENTO PROMEDIO Kg/ha	SIGNIFICACIÓN
P2258	878,48	A
BAT 93-1	869,07	AB
P248-1	806,14	ABC
LEWA	756,81	ABCD
CC 25-9 R	679,89	BCDE
M. VILLAREÑO	667,95	CDEF
WACUTO	616,17	CDEF
ENGAÑADOR	599,33	DEFG
P 2171	572,35	DEFG
P 2174	569,80	DEFG
L 23Y24	562,16	DEFG
P2240	560,93	DEFG
P456	549,30	DEFG
P 186	543,65	EFG
P 219	529,39	EFG
PILON	518,71	EFG
LÍNEA 58	506,61	EFG
CC 25-9 B	495,00	EFG
CC25-9N	490,21	EFG
P 2170	459,80	FG
P2173	398,39	G

Coefficiente de Variación. 20,87 p<0,001

Se encontró de forma general una buena correspondencia entre los resultados obtenidos en el laboratorio y en el campo, aspecto que en algunos casos puede variar si se tiene en cuenta que el efecto del estrés hídrico sobre el crecimiento y el rendimiento depende del grado del estrés y del estado de desarrollo en el cual este ocurre (Aguilar- Benítez *et al.*, 2012). No necesariamente una variedad tolerante en un estado de desarrollo temprano, lo puede ser durante su ciclo completo de desarrollo.

CONCLUSIONES

- ◆ Las variedades Bat 93-1 y P-2258, tuvieron valores mayores de la Tasa Absoluta de Crecimiento desde el período vegetativo hasta la floración y desde esta hasta la fructificación.
- ◆ La Tasa Absoluta de Crecimiento para todas las variedades fue mayor en el periodo floración-fructificación, permitiendo una mayor acumulación de materia seca, que posibilita el suministro de fotosintatos a los puntos de crecimiento y llenado del grano.

- ◆ La variedad P-2258 presenta la mayor acumulación de materia seca de las hojas y la raíz aspectos estos de gran importancia desde el punto de vista de la tolerancia al estrés hídrico.
- ◆ Los caracteres de crecimiento y rendimiento en las seis variedades evaluadas reflejaron en condiciones de campo, un comportamiento acorde al grado de tolerancia que presentan las mismas en un estado de desarrollo temprano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar-Benítez G., Peña-Valdivia C. B., J. García-Nava R., Ramírez-Vallejo P., Benedicto-Valdés, S.G, Molina-Galán., J.D. (2012): Rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en relación con la concentración de vermicompost y déficit de humedad en el sustrato. *Agrociencia*, 46: 37- 58.
- Abebe, A; Brick, M; Georgia, K. (2009): Evaluation of common bean entries for drought tolerant in Etiopía, *Proceeding of the Second International Scientific Meeting, CIAT* pp 351-357.

- Barrios-Gómez, Edwin J., López-Castañeda, Cándido (2009): Temperatura base y tasa de extensión foliar en frijol. *Agrociencia*, 43 (1), México.
- Beebe, S., I.M. Rao, C. Cajiao y M. Grajales. (2008): Selection for drought resistance in common bean also improves yield in phosphorus limited and favourable environments. *Crop Sci.* 48, 582-592.
- Gallegos, J.A.; Shibata-J.K. (2009). Effect of water stress on growth and yield of indeterminate dry bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars. *Field Crops Research*. Netherlands. 20(2), 81-93.
- Polaina J. A., Idupulapati M. Rao, Beebe, S y García R. (2009): Desarrollo y distribución de raíces bajo estrés por sequía en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en un sistema de tubos con suelo. *Agronomía Colombiana*, 27(1): 25-32.
- Rao, I.M., S. Beebe, J. Polania, M.A. Grajales y R. Garcia (2009): Differences in drought resistance of advances lines developed for the last 3 decades. En: Project IP-1: Bean improvement for the tropics. CIAT Annual Report 2006. CIAT, Cali, Colombia, 2-6.
- Treviño Quintero, C; Quijano, R. (2013): El frijol común: factores que merman su producción. *Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Veracruzana*. Volumen XXVI, Numero 1.
- Xoconostle C.B; Gómez S. L., Luis González de la Rosa, Roberto Ruiz Medrano. (2010): Obtención de Nuevas Variedades de Frijol Tolerantes a la Sequia en México. *Revista Claridades Agropecuarias*, No. 199.

Recibido: 7 de febrero de 2013

Aceptado: 15 de mayo de 2014