

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

Melba Cabrera Lejardi, Nelson León, María Julia Mendoza, Zoila Palacios, Yanin Ortega.

Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt” (INIFAT), Cuba
E-mail: mcabrera@inifat.co.cu

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 6 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 6 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.

PHYSIOLOGICAL BEHAVIOUR OF COMMON BEAN CULTIVARS (*PHASEOLUS VULGARIS*) WITH DIFFERENT DEGREES OF DROUGHT TOLERANCE UNDER FIELD CONDITIONS

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the behaviour under field conditions of some common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris*) with different degrees of drought tolerance. Common bean cultivars were selected from the Gene Bank and the Common Bean Breeding Programme from the Institute of Fundamental Researches on Tropical Agriculture (INIFAT). 21 varieties with different grain colour were sown on Red Ferralitic Soils in experimental areas at INIFAT using a random block design with four replicates. The experiment was conducted twice and the irrigation was applied only to promote germination. Six varieties were selected to determine the morphological characters and yield. The absolute growth rate (AGR) was calculated at two time points during development. The growth characters and the yield of the 6 varieties agreed with the level of tolerance observed at an early growth stage. The varieties Bat 93-1 and P-2258, considered as tolerant, showed the highest dry matter of organs (leaf, stem and roots), followed by P-246 and P-2240; while P-2170 and P-2173 showed the lowest values. It is worthy to note that P-2258 exhibited the highest values of dry matter accumulation in leaves and roots, which is considered an adaptive response to drought. The AGR was highest during the flowering-fruiting period for all the varieties studied, allowing a highest accumulation of dry matter and as a consequence a steady supply of photoassimilates to the growing points and to sustain grain filling. Tolerant varieties make a more efficient use of dry matter distribution, which is reflected in the yields observed.

Key words: drought, common bean, drought tolerance

INTRODUCCION

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 0.8T / ha (MINAGRI, 2000).

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 sin duda 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.

En nuestro país muchas de las áreas donde se produce frijol, son cultivadas por campesinos donde el suministro de agua depende fundamentalmente de las precipitaciones, por lo que la utilización de variedades con tolerancia a este factor 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*) con diferente grado de tolerancia a la sequía en un estado de desarrollo temprano en condiciones de campo.

MATERIALES Y METODOS

Se realizaron dos experimentos en condiciones de campo en áreas del INIFAT, en diciembre del 2003 y 2004, sobre suelo Ferralítico Rojo, utilizando un diseño de bloques al azar con cuatro replicas. Las parcelas fueron de 5 surcos de 10m de largo y la distancia de siembra 0.75 X 0.08. 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 6 variedades que en un screening previo presentaron diferentes grados de tolerancia a la sequía (BAT 93-1, P-2258, P-456, P-2240, P-2170, P-2173).

Se realizaron muestreos destructivos de las plantas en las distintas fases fenológicas del cultivo, para lo cual se tomaron 10 plantas al azar de cada replica. Se evaluó: la altura de las plantas, número de nudos, hojas y materia seca de hojas tallo y raíz. Al final en la cosecha se tomaron 20 plantas y se contó el número de vainas y 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 Duchan (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 dos variedades intermedias no existe diferencia y si en las dos ultimas (Tabla 1).

Según Shalhevet (1983), 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 variedades

Tabla 1. Características del crecimiento en 6 variedades de fríjol en condiciones de baja humedad.

GENOTIPOS	ALTURA	NUMERO		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	22.0 5 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 $p= 0.001$

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 mas 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, 2002).

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. 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 mas eficiente la extracción del agua del suelo y mantener un potencial hídrico alto en la planta (Fischer y Tunner, 1988).

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 (Albert, 1985).

En la tabla 2, podemos observar que el número de vainas varía entre las variedades, existiendo diferencia significativas entre ellas, el número de granos varia con diferencia significativa también, solamente no hay diferencia entre las dos ultimas variedades, en el caso de estas variables se destaca la variedad P-2258, con los mayores valores y la P-2173 con los mas bajos. Este comportamiento se ve reflejado en el peso seco de los granos

Tabla 2. Componentes del rendimiento de las 6 variedades en estudio

GENOTIPOS	NUMERO		PESO (g) GRANOS/
	VAINAS	GRANOS	PLANTA
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

Gallegos y Shibata (2005), 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, podemos observar las variaciones en el tiempo de la Tasa Absoluta de Crecimiento, de las 6 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 (Sestak, et al, 2003).

El comportamiento de la Tasa Absoluta de Crecimiento de las 6 variedades en el periodo desde la etapa temprana del periodo vegetativo hasta el inicio de la floración se muestra en la figura 1, 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 comparamos los valores obtenidos para la TAC, podemos ver que los valores aumentan en el período inicio floración-fructificación esto es lógico si tenemos 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. 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 consideramos más tolerantes hacen un uso más eficiente de la distribución de los fotosintatos, lo que se refleja en los rendimientos obtenidos.

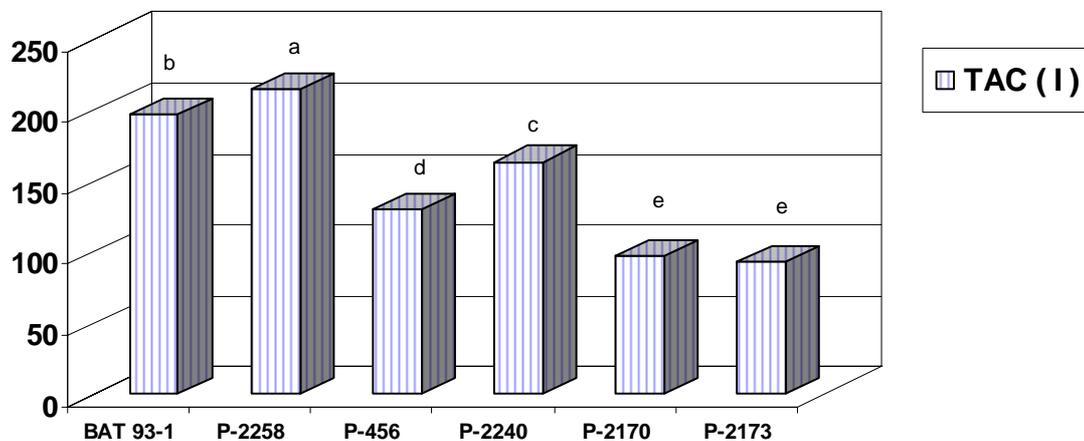


Figura 1. Tasa Absoluta de Crecimiento durante el período vegetativo-floración de variedades de frijol de diferente tolerancia al estrés hídrico.

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, et), 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 período de tiempo.

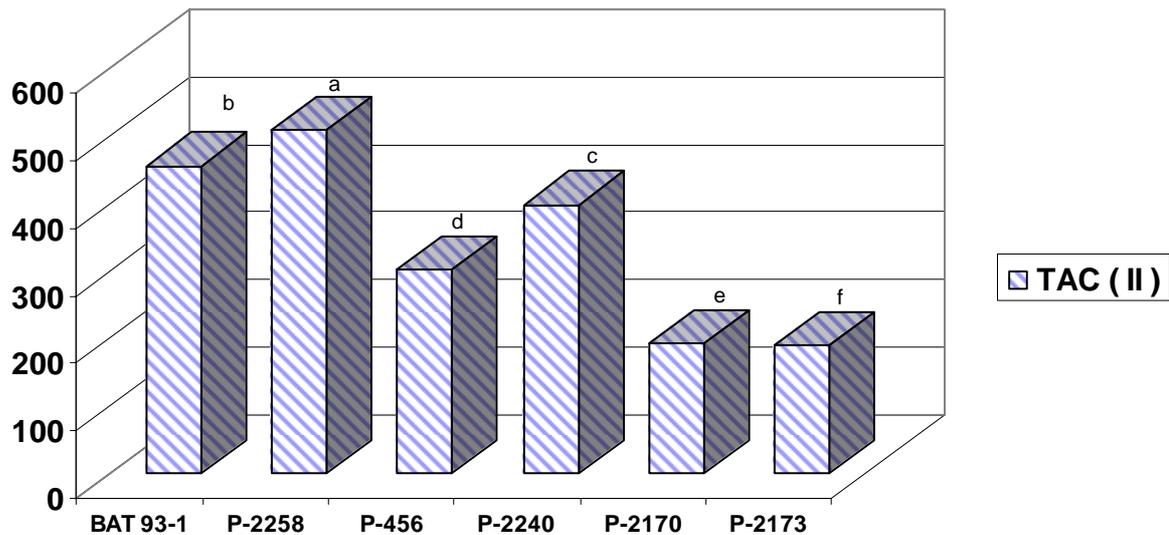


Figura 2. Tasa Absoluta de Crecimiento durante el periodo floración- fructificación de variedades de fríjol de diferente tolerancia al estrés hídrico.

En la tabla 3 se muestra los resultados obtenidos en cuanto al orden que presentan las variedades por sus rendimientos, podemos decir que la primeras 7 variedades que aparecen en el orden de mérito, como las de mayores rendimientos **P2258, Bat 93-1, P248-1, Lewa, CC 25-9 R, M. Villareño, Wacuto**, son las variedades que presentaron en condiciones de laboratorio mayor germinación y largo de la raíz, por lo que las consideramos las mas tolerantes

Las otras 10 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 la menor germinación, largo del hipocotilo 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

Cv. 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 tenemos en cuenta 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 (Hsiao y Acevedo, 1974; Lewis et al, 1999).

Esto quiere decir que una variedad puede ser tolerante a la sequía en los primeros estadios del desarrollo, pero no necesariamente puede comportarse con los mejores rendimientos, además los cultivares tolerantes son aquellos capaces de reducir lo menos posible sus rendimientos bajo condiciones de estrés y no aumentarlos como hay veces equivocadamente se cree, esto depende de las potencialidades genéticas de cada variedad.

CONCLUSIONES

Las variedades Bat 93-1 y P-2258, tuvieron valores mayores de la TAC, en los dos momentos del ciclo de desarrollo del cultivo.

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.

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 6 variedades evaluadas reflejaron un comportamiento de acorde al grado de tolerancia que presentan las mismas en un estado de desarrollo temprano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abebe, A; Brick, M;Georgia, K. 2002: Evaluation of common bean entries for drought tolerance in Etiopía, Proceeding of the Second International Scientific Meeting, CIAT pp 351-357.

Albert, H.; 1985: Comparative water relations of Phaseolus l. and Phaseolus acutifolius Gray. Plant physiology. Vol 77. Pag. 113-117.

Fisher, R.A. y Tunner M. 1988: A. Rev. Plant Physiology. 29: 277-371.

Gallegos, J.A.; Shibata-J.k. 2005. Effect of water stress on growth and yield of indeterminate dry-bean (Phaseolus vulgaris) cultivars. Field Crops Research. Netherlands. 20(2) pp: 81-93.

Hsiao, T. C. y E. Acevedo, 1999: Plant response to water deficit, water-use efficiency and drought resistance. Agric. Meteorol. 14:69-84.

MINAGRI, 2000: Dictamen: Producción de maíz y frijol en Cuba y el mundo. 8 pp.

Sestak, Z.; J. Catsky y P.G. Jarvis (1971): Plant photosynthetic production. Manual of Methods .pp. - 818.

Shalhevet, J. 2003: Plants under salt and water stress. Plant adaptation to environment stress. London Chapman and hall Ltd. Pp: 133-154.