

Líneas de grano negro de *Phaseolus vulgaris* L. promisorias por respuesta a condiciones de estrés hídrico

Novisel Veitía^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-6357-4843>

Amanda Martirena-Ramírez¹ <https://orcid.org/0000-0002-1152-7735>

Lourdes R García¹ <https://orcid.org/0000-0003-1016-6939>

Raúl Collado¹ <https://orcid.org/0000-0003-1416-528X>

Damaris Torres¹ <https://orcid.org/0000-0001-8443-4209>

Leonardo Rivero¹ <https://orcid.org/0000-0003-3627-9421>

Miriam Ramírez- López² <https://orcid.org/0000-0003-0388-7527>

¹Instituto de Biotecnología de las Plantas, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Carretera a Camajuaní km 5,5. Santa Clara, Villa Clara. Cuba. CP 54 830.

²Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Carretera a Camajuaní km 5,5. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP 54830.

*Autora para correspondencia e-mail: novisel@ibp.co.cu

RESUMEN

El estrés causado por la sequía afecta el rendimiento de cultivos de importancia alimentaria como el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la respuesta de líneas de frijol común de grano negro en casa de cultivo con estrés hídrico hasta la prefloración. Se evaluaron cuatro líneas posibles mutantes de grano negro bajo dos tratamientos: aplicación de riego considerando los requerimientos hídricos del cultivo y aplicación de riego solo hasta la prefloración. La siembra y las atenciones al cultivo se realizaron en correspondencia con las indicaciones establecidas en el instructivo técnico. Se seleccionaron diez plantas al azar en cada tratamiento y se midió longitud de las raíces por planta (cm), se cuantificó el número de legumbres por planta y el número de granos por legumbre. Además, se determinó el peso de 100 semillas (g). Como resultados las líneas mostraron los mayores valores de longitud de las raíces en las condiciones de aplicación de riego hasta prefloración. El resto de las variables evaluadas fueron similares en ambos tratamientos, lo que indicó que poseen cierta tolerancia a estas condiciones de estrés hídrico.

Palabras clave: mutantes, frijol común, raíces, suministro de agua

Black grain lines of *Phaseolus vulgaris* L. promising for response to water stress conditions

ABSTRACT

Stress caused by drought affects food crops, such as common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). The objective of this work was to determine the response in the greenhouse of black grain common beans lines in stress conditions for irrigation to pre-flowering. Four possible black grain mutant lines were evaluated supporting two treatments: application of irrigation considering the water requirements of the crop and the second, application of irrigation to pre-flowering. The sowing and the attention to the crop were carried out, with the indications established in the technical instructions. Ten plants were randomly selected in each treatment and evaluated: length of the roots/plants (cm), number of legumes/plant, number of grains/legumes and weight of 100 seeds (g). As a result, the lines showed the highest values of root length in the conditions of irrigation application to pre-flowering. In the rest of the variables evaluated, the lines showed a similar response in two treatments. This response indicated they have a certain tolerance to stress conditions.

Keywords: mutants, common bean, roots, water supply

INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las legumbres más consumida a nivel mundial. Sin embargo, su producción se reduce cuando el cultivo está bajo estrés hídrico con pérdidas entre 10 y 100% (Polanía *et al.*, 2016). En este sentido, sería estratégico la obtención de cultivares resistentes o tolerantes para garantizar la seguridad alimentaria teniendo en cuenta los mecanismos fisiológicos que ocurren en las plantas en respuesta a este factor (Polanía *et al.*, 2017). Es por ello, que los programas de fitomejoramiento se han concentrado en identificar e incorporar rasgos de tolerancia al estrés hídrico en nuevos cultivares de frijol para que logren producir bajo condiciones desfavorables (Ribeiro *et al.*, 2019). Esto contribuiría a mitigar los efectos del cambio climático que traen consigo modificaciones en los regímenes de lluvia y limitan la producción de alimentos.

Los mecanismos de respuesta y adaptación de las plantas a las condiciones de estrés hídrico son diversos. Para garantizar la eficiencia en el proceso de selección de individuos tolerantes se requiere determinar las características morfológicas, fisiológicas y agronómicas indispensables (Beebe *et al.*, 2013). En consecuencia, se realizan estudios para evaluar la respuesta de diferentes materiales genéticos en condiciones de estrés hídrico teniendo en cuenta aspectos morfoagronómicos y fisiológicos (Polanía *et al.*, 2016; Estrada *et al.*, 2016; Padilla-Chacón *et al.*, 2017; Ribeiro *et al.*, 2019).

En Cuba, y en particular en el Instituto de Biotecnología de las Plantas (IBP), la obtención de nuevos cultivares de frijol común con resistencia o tolerancia al estrés hídrico y a las altas temperaturas es una de las estrategias del programa de mejoramiento genético en frijol común. En el IBP se indujo variabilidad genética con el empleo combinado del cultivo de tejidos y la inducción de mutaciones con radiaciones Gamma. Por consiguiente, se dispone de un grupo de líneas que han mostrado en casa de cultivo (Martirena-Ramírez *et al.*, 2017) y en campo (Martirena-Ramírez *et al.*, 2018) respuesta agronómica similar o superior al cultivar 'BAT-93' (a partir del cual fueron obtenidos). Teniendo en consideración la

disponibilidad de líneas promisorias de frijol común de grano negro el presente trabajo tuvo como objetivo determinar su respuesta en casa de cultivo al estrés hídrico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Para la realización del experimento se emplearon cuatro líneas de grano negro (IBP-7, IBP-18, IBP-19 e IBP-2) procedentes del programa de mejoramiento genético que se ejecuta en el Instituto de Biotecnología de las Plantas (IBP). Las líneas fueron obtenidas a partir del cultivar comercial BAT-93 (Engañador) el cual se utilizó como control.

Condiciones de cultivo

En noviembre de 2017 se realizó la siembra de las líneas IBP-7, IBP-18, IBP-19 e IBP-20 y el cultivar 'BAT-93' en cantero de 20 m de largo, 15 cm de ancho y 20 cm de profundidad a razón de 100 semillas por línea y el cultivar.

Se empleó un sustrato compuesto por 80% de materia orgánica y 20% de zeolita. En cada cantero se abrió un surco y se colocaron las semillas a 10 cm cada una.

Los tratamientos establecidos en el estudio fueron uno con riego durante todo el ciclo del cultivo (control) y un tratamiento con riego solo hasta la prefloración (R5) (Fernández *et al.*, 1986). Se utilizó riego por aspersión. Durante los diez primeros días se aplicaron dos riegos diarios por 3 minutos. Pasado este tiempo se mantuvo un riego diario con el mismo tiempo. Las prácticas culturales y la atención fitosanitaria se realizaron según la guía técnica para el cultivo del frijol común (Faure *et al.*, 2013).

Evaluaciones

Para la realización de las evaluaciones, al final del ciclo del cultivo se seleccionaron 10 plantas al azar en cada tratamiento y se midió con una regla graduada la longitud de la raíz principal (cm), se cuantificó el número de legumbres por planta y el número de granos por legumbres y por último se registró peso de 100 semillas (g) y para ello se empleó una balanza digital (Daus, modelo CS 200).

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos de las variables descritas anteriormente se realizó la comprobación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. Al no cumplirse, se empleó la prueba de H de Kruskal Wallis para $p \leq 0.05$. Para la comparación del número de legumbres por planta de cada línea y el cultivar 'BAT-93' en los dos tratamientos de riego establecidos se empleó la prueba U de Mann Whitney para $p \leq 0.05$. Se utilizó el paquete estadístico *Statistic Packaged for Social Science* (SPSS) versión 21.0 sobre Windows.

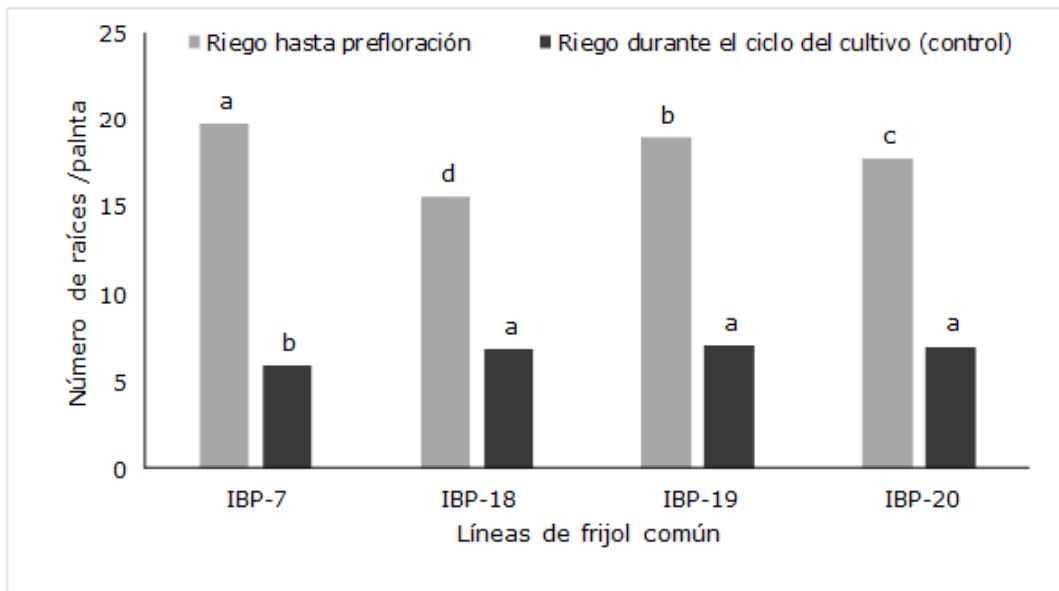
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultados se encontró que con la aplicación riego hasta la prefloración las líneas de frijol común de grano negro mostraron diferencias significativas entre ellas en cuanto a la longitud de la raíz por planta (Figura 1). La línea IBP-7 alcanzó los mayores valores con diferencias significativas con el resto. Dentro de las cuatro líneas de frijol evaluadas IBP-18 mostró valores inferiores de longitud de la raíz por planta tanto en condiciones de estrés hídrico como en el tratamiento control. De forma general las líneas alcanzaron valores de longitud de la raíz/

planta por encima de 15 cm bajo estas condiciones mientras que en el tratamiento control estuvieron entre 5.93 y 7.1 cm. Estos resultados sugieren que las líneas presentaron raíces de mayor longitud como característica de adaptación a las condiciones con riego limitado aplicadas en el presente experimento.

Los resultados coinciden con lo descrito por Polanía *et al.* (2009) quienes encontraron diferencias significativas en la longitud total de la raíz (cm) en la respuesta de 16 cultivares de frijol común cuando aplicaron el riego los primeros 10 días de cultivo y luego se suspendió. Estos autores plantearon que el desarrollo de raíces profundas es un rasgo importante en el sistema radicular de las plantas para la resistencia a sequía. Según White *et al.* (1994) y Beebe *et al.* (2008) en frijol común las raíces profundas en condiciones de estrés por sequía es una estrategia de tolerancia a este factor. Sin embargo, Polanía *et al.* (2012) informaron que las líneas 'BAT-477' y 'Tío Canela 75' tenían raíces profundas en condiciones de sequía terminal, con un uso más eficiente del agua, pero la producción de grano fue escasa.

Al analizar la respuesta de las líneas en cuanto al número de legumbres por planta en el tratamiento con riego hasta la prefloración



Barras con letras desiguales en cada tratamiento difieren según prueba H de Kruskal Wallis para $p \leq 0.05$

Figura 1. Longitud de la raíz en líneas de frijol común de grano negro con aplicación de dos programas de riego. n=10

las líneas manifestaron una respuesta similar para esta variable. Sin embargo, cuando se aplicó el tratamiento con riego durante el ciclo del cultivo se presentaron diferencias significativas entre estas. La línea IBP-19 mostró valores superiores en comparación con el resto con diferencias significativas, seguida por IBP-7 e IBP-18 que tuvieron una respuesta similar (Tabla 1). Los resultados del presente trabajo coinciden con los descritos por Estrada *et al.* (2016), que describieron una respuesta diferencial para el número de legumbres por planta entre 15 cultivares comerciales de frijol común con riego pero cultivado en campo.

De forma general los valores alcanzados por el número de legumbres por planta fueron inferiores numéricamente a los valores mostrados en la otra condición de riego (Tabla 1). Esta disminución fue más evidente en la línea IBP-19 que presentó una reducción en número de legumbres por planta del 20.15% respecto a los valores alcanzados en el tratamiento control.

Los resultados coinciden con los informados por Estrada *et al.* (2016) que observaron una reducción en el número de legumbres por planta cuando las plantas de frijol común estuvieron sometidas a estrés hídrico en comparación con los alcanzados en condiciones de riego. Asimismo, describieron valores para el número de legumbre por planta en 15 cultivares de frijol común de ellos 11 con menores valores para esta variable cuando se suspendió el riego en la etapa de floración y formación de legumbres.

En cuanto al número de granos por legumbre en el tratamiento con riego hasta la prefloración y el tratamiento control no se observaron diferencias significativas entre las líneas. En el primero las líneas presentaron tres granos por legumbre como promedio. En el tratamiento control, las líneas IBP-18 e IBP-7 alcanzaron valores de 2.88 y 3.41 granos por legumbre y las líneas IBP-19 e IBP-20 3.44 y 3.40 respectivamente.

En relación con el peso de 100 semillas en el tratamiento con riego hasta la prefloración y el tratamiento control, las líneas IBP-20, IBP-18 presentaron los mayores valores con diferencias significativas con las líneas IBP-7 e IBP-19. Esta última línea presentó los valores más bajos para esta variable (Tabla 2).

Por otro lado, al analizar cada línea en los dos tratamientos se pudo constatar que presentaron valores similares para el peso de 100 semillas (g) independientemente del tratamiento de riego que se aplicó (Tabla 2). Lo anterior coincide con la afirmación de Martínez *et al.* (2007) que refirieron que esta característica es poco afectada por el estrés hídrico. Por el contrario, Boudet *et al.* (2015) en estudios realizados en la zona oriental de Cuba describieron una reducción en el peso de 100 semillas en seis cultivares comerciales de frijol común en condiciones de sequía terminal. De igual forma, Chaves-Barrantes y Polanía (2017) describieron una reducción para dicha variable como consecuencia del estrés causado por sequía terminal en 11 líneas y cuatro cultivares comerciales de frijol común.

Tabla 1. Respuesta agronómica de líneas de *Phaseolus vulgaris* de grano negro bajo dos programas de riego en casa de cultivo.

Líneas	Con riego hasta	Riego durante el ciclo del	
	prefloración	cultivo (control)	
	No. de legumbres/ planta	No. de legumbres/ planta	Rangos medios
IBP-7	10.28	11.10	41.50 b
IBP-18	10.60	11.52	45.20 b
IBP-19	10.30	12.90	57.30 a
IBP-20	10.06	10.00	29.70 c

Letras desiguales en una misma fila difieren según la prueba H de Kruskal Wallis y U de Mann Whitney para $p \leq 0.05$. $n = 10$

Tabla 2. Peso de semillas en líneas de *Phaseolus vulgaris* de grano negro bajo dos programas de riego en casa de cultivo.

Líneas	Con riego hasta prefloración		Riego durante el ciclo del cultivo (control)	
	Peso de 100 semillas (g)	Rangos medios	Peso de 100 semillas (g)	Rangos medios
IBP-7	17.30	16.00 b	17.53	15.50 b
IBP-18	18.45	53.00 a	18.35	46.00 a
IBP-19	15.90	8.50 c	15.84	5.50 c
IBP-20	18.50	53.50 a	18.23	46.50 a

Letras desiguales en una misma columna difieren según prueba H de Kruskal Wallis y U de Mann Whitney para $p \leq 0.05$. $n=10$

CONCLUSIONES

Las líneas promisorias de grano negro de frijol común obtenidas a partir del cultivar 'BAT 93' presentan una respuesta diferencial frente al estrés hídrico que se manifiesta a través de las variables longitud de la raíz y el peso de 100 semillas. Se identifican en estas condiciones la línea IBP-7 que presentó las raíces de mayor longitud y las líneas IBP-18 e IBP-20 que mostraron los mayores valores para el peso de 100 semillas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado a través del proyecto: Mejoramiento genético de *Phaseolus vulgaris* L. para la búsqueda de resistencia a estrés biótico y abiótico (código P131LH001084) financiado por el Programa Nacional de Alimento Humano del CITMA. Los financistas no tuvieron participación en el diseño del estudio, la colecta y análisis de los datos, la decisión de publicar o la preparación del manuscrito es de la institución y el colectivo de autores del proyecto.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Conceptualización NV, Análisis formal NV y AMR, Investigación NV, DT, LR y MRL, Metodología LGR y RC, Escritura-Primera redacción NV, Escritura-Revisión y Edición AMR y RC.

REFERENCIAS

Boudet A, Boicet T, Oduardo R (2015) Rendimiento y sus componentes en

variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de sequía en Río Cauto, Granma. Centro Agrícola 42(3): 59-66

Chaves-Barrantes N, Polanía JA (2017) Caracterización fenotípica por resistencia a sequía terminal de germoplasma de frijol común. Agronomía Mesoamericana 29(1):1-17; doi: 10.15517/ma.v29i1.27618

Beebe S, Rao IM, Cajiao C, Grajales M (2008) Selection for drought resistance in common bean also improves yield in phosphorus limited and favorable environments. Crop Science 48: 582-592; doi: 10.2135/cropsci2007.07.0404

Beebe S, Rao IM, Blair MW, Acosta-Gallegos JA (2013) Phenotyping common beans for adaptation to drought. Frontiers Plant Physiology 4: 1-20; doi: 10.3389/fphys.2013.00035

Estrada W, Jerez E, Nápoles MC, Sosa A, Maceo Y, Cordoví C (2016) Respuesta de cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a la sequía utilizando diferentes índices de selección. Cultivos Tropicales 37(3): 79-84; doi: 10.13140/RG.2.1.5181.2082

Faure B, Benítez R, León N, Chaveco O, Rodríguez O (2013) Guía técnica para el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Agroecológica, La Habana Cuba; ISBN: 978-959-7210-67-2

Fernández FP, Gepts P, López M (1986) Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). CIAT, Cali; ISBN: 84-89206-54-6

- Martínez J, Gurusamy V, Vandenberg A, Bett KE (2007) Tolerance to sub-zero temperatures in *Phaseolus acutifolius* and development of interspecies hybrids with *P. vulgaris*. Annu Rept Bean Improv Coop 50: 9-10
- Martirena-Ramírez A, Veitía N, García LR, Collado R, Torres D, Rivero Quintana L, Ramírez-López M (2017) Caracterización morfológica de líneas de *Phaseolus vulgaris* L. en casa de cultivo. Biotecnología Vegetal 17(3): 191-20
- Martirena-Ramírez A, Veitía N, García LR, Collado R, Torres D, Rivero Quintana L, Ramírez-López M (2018) Respuesta de líneas de *Phaseolus vulgaris* L. en época de siembra tardía. Biotecnología Vegetal 18(2): 117-123
- Padilla-Chacón D, Martínez-Barajas E, García-Esteva A, Leal-Delgado R, Kohashi-Shibata J, Peña-Valdivia CB (2017) Biomass remobilization in two common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars under water restriction. South African Journal of Botany 112: 79-88; doi: 10.1016/j.sajb.2017.05.015
- Polanía JA, Rao IM, Beebe S, 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: 25-32
- Polanía J, Rao IM, Mejía S, Beebe S, Cajiao C (2012) Características morfo-fisiológicas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) relacionadas con la adaptación a sequía. Acta Agron 61: 197-206
- Polanía JA, Rao IM, Cajiao C, Rivera M, Raatz B, Beebe S (2016) Physiological traits associated with drought resistance in Andean and Mesoamerican genotypes of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Euphytica 210: 17-29; doi: 10.1007/s10681-016-1691-5
- Polanía JA, Poschenrieder C, Rao IM, Beebe S (2017) Root traits and their potential links to plant ideotypes to improve drought resistance in common bean. Theoretical and experimental Plant Physiology 29(3): 143-154; doi: 10.1007/s40626-017-0090-1
- Ribeiro T, Alves da Silva D, De Fátima JA, Giaretta CV, Ribeiro JG, Morais SA, Fernando A (2019) Evaluation of common bean genotypes for drought tolerance. Campinas 78(1): 1-1; doi: 10.1590/1678-4499.2018002
- White JW, Ochoa MR, Ibarra PF, Singh SP (1994) Inheritance of seed yield, maturity and seed weight of common bean (*Phaseolus vulgaris*) under semi-arid rainfed conditions. J Agric Sci 122: 265-273

Recibido: 24-09-2019

Aceptado: 30-11-2019

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/> Está permitido su uso, distribución o reproducción citando la fuente original y los autores.