

Respuesta a la sequía de genotipos de frijol común utilizando diferentes índices de selección

Evaluation to the drought of genotypes of common frijol using different selection indexes

Tony Boicet Fabre¹, Yoan. Secada², Orlando Chaveco³, Ana Boudet¹, Yarisbel Gómez¹, Yanitza Meriño¹, Juan J. Reyes¹, Carlos Michel Ojeda¹, Norge Tornes¹ y Luperio Barroso⁴.

¹ Universidad de Granma. Cuba. Tfno. 481015-ext. 174.

² Universidad de Holguín

³ ETIA-Holguín.

⁴ Centro universitario de Guantánamo.

E-mail: tboicetf@udg.co.cu

RESUMEN. Con el objetivo de evaluar la respuesta de genotipos de frijol común bajo dos condiciones de humedad se desarrolló un experimento en áreas del grupo de granos de la Estación Territorial de Investigaciones Agropecuarias en Velasco Holguín en el periodo comprendido entre enero y abril de 2006. Se evaluó el comportamiento agronómico de 10 líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de estrés hídrico (DS) y sin estrés (NS). La selección en base a niveles de índices de susceptibilidad de sequía (ISS) y pérdida del rendimiento (DR) permitió identificar líneas con adaptación específica en la condición de secano mientras que la media geométrica del rendimiento (MG) y el índice de efectividad relativa (IER) para cada genotipo auxiliaron en la identificación de líneas con alto rendimiento en humedad favorable y adaptación en secano. Los resultados sugieren que no es posible la discriminación de líneas tolerantes a sequía con base a un solo criterio. Las líneas identificadas con los mayores rendimientos en ambas condiciones y que pueden ser seleccionadas usando estos índices fueron MDSX 14813-37, MDSX14813-61 así como el testigo (BAT 304).

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris* L., índices de susceptibilidad de sequía., media geométrica.

ABSTRACT. To evaluate the response of genotype of common bean under two humidity soil conditions was carried out the present work in the experimental grain area of the Territorial Station of Agricultural Investigation (ETIA-H); in Velasco, Holguin province, in the period of January to April of 2006. The behavior of 10 subjected lines of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) was evaluated with and without drought stress, using selection index that involve several characteristics of the plant. The selection with base in levels of index of susceptibility of drought (ISD) and depression of loss of yield (DLY) allowed the identification of lines with specific adaptation in the dry land condition whereas the geometric mean of the yield (GS) and the index of relativ efficiency for each lines (IRE) to each genotype assisted in the identification of lines with high yield in favorable humidity and adaptation in dray land. The results suggest that is not possible the discrimination of tolerant lines to drought with base in a single approach. The selection using the index were MDSX 14813-37, MDSX 14813-61 as well as the witness it BAT 304.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., drought susceptibility. Geometric mean.

INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es, entre las leguminosas de granos alimenticias, una de las especies más importante para el consumo humano, su producción abarca áreas agroecológicas diversas. Esta leguminosa se cultiva prácticamente en todo el mundo. América Latina es la zona de mayor producción y consumo, se estima que más del 45% de la producción mundial total proviene de esta región. (Voyses, 2000). Según Singh (1995) citado por Castañeda *et al.* (2006), el 60 % de la producción mundial de frijol se

obtiene en condiciones de sequía, por lo que este factor es el que mas contribuye en la reducción del rendimiento después de las enfermedades.

En ocasiones por no existir criterios auxiliares para la evaluación y selección de variedades tolerantes a la sequía, se recurre al uso de índices de selección; evaluando genotipos sin limitaciones de humedad (riego) y con suspensión de riego (condición artificial de secano), para identificar aquellos que sobresalen,

utilizando estos índices (Rosales et al., 2000), entre los más utilizados se encuentra el propuesto por Fisher y Maurer (1978), en el que se utiliza la media del rendimiento de las variedades en las diferentes condiciones de humedad para calcular el índice de intensidad y susceptibilidad a la sequía, también, sobresalen otros criterios como los de Samper y Adams (1985), que utilizan la media geométrica del rendimiento. Por todo lo anterior se desarrolló un experimento con el objetivo de evaluar la respuesta de 10 de genotipos de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo dos condiciones de humedad del suelo, utilizando diferentes índices de selección.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se sembró el 13 de enero del 2006 en el área del “Grupo de granos” perteneciente a la Estación Territorial de Investigaciones Agropecuarias (ETIA-H) la que se encuentra localizada en los 21° 03' de latitud norte y 76° 21' de longitud oeste a 60 msnm, sobre un suelo pardo ocrizo sin carbonatos típicos (Rao, 2000); con precipitaciones anual de 1500 mm.

Se utilizaron 10 líneas (Tabla 1), empleándose como control la variedad BAT 304 (utilizada por agricultores un 40.19 % y ocupa 46.3 % del área sembrada en el de municipio Gibara. (Chaveco et al., 2001).

Se sembraron en parcelas de 2 surcos para cada línea, de 4 metros de largo separados por 0.70 m, usando una densidad de 15 granos m⁻¹ replicadas cuatro veces. Para medir rendimiento en la cosecha se descartó los 0.50 m iniciales y finales para evitar el efecto del borde y cabecera, evaluándose 10 plantas por replica y genotipos. En el caso del ensayo con riego se aplicaron 6 riegos suplementarios considerando los

Tabla 1. Características de las líneas utilizadas

No	Código	Número	Color del grano	Rend. (Kg.ha ⁻¹)
1	SX	14816- 5	Rj	1894
2	SX	14816- 5	Rj	1894
3	MDSX	14814- 16	Rj	1936
4	SXBF	14790-34	Rj	1693
5	MDSX	14813-26	Rj	1765
6	MDSX	14813-26	Rj	1765
7	MDSX	14813-37	Rj	2151
8	MDSX	14813-61	Rj	1969
9	MDSX	14813-61	Rj	1858

requerimientos hídricos según las etapas de desarrollo del frijol. Se utilizaron aspersores Mar 90-Z con gasto de 0.5 L.s⁻¹ una entrega de 125 m³.ha⁻¹ bruta de riego.

Tratamientos utilizados

T1- líneas de frijol bajo riego suplementario. (R)

T2- líneas de frijol en secano. (S)

Se evaluaron variables fenológicas y de rendimiento e índices que involucran el rendimiento en la selección de líneas.

- Días a la floración; días a la madurez de cosecha; rendimiento y sus componentes; humedad de los granos cosechados de cada una de las parcelas, mediante el medidor de humedad digital portátil “Gehaka 600”.

- Índice reproductivo. $IR (\%) = (DPR/DMF) \cdot 100$; Donde: DPR: días de periodo reproductivo; DPR = (DMF-DIF); DMF: días a madurez fisiológica; DIF: días a inicio de floración.

- El rendimiento en kg.ha⁻¹ se determinó en cada parcela, ajustándose a humedad constante al 14% a través de la fórmula: $R = [Rp \cdot (100 - \%h / 86)]$; Donde: R: peso final en gramos al 14%; Rp: rendimiento del área cosechada en gramos y h: % de humedad en el momento de la cosecha en %.

- Índice de intensidad de sequía. $IIS = 1 - (Rs / Ris)$ (Fischer y Maurer 1978).

Donde: IIS: Índice de intensidad de la sequía; Rs: Promedio general del rendimiento en sequía; Ris: Promedio general del rendimiento con riego suplementario.

- Índice de Susceptibilidad de Sequía

$$ISS_i = [1 - (Rsi / Rri / IIS)]$$

Donde: ISS_i: Índice de Susceptibilidad de sequía para cada línea; Rsi: Rendimiento promedio en secano de la i- enésima línea; Rri: Rendimiento promedio en riego suplementario de la i- enésima línea

- Pérdida o depresión del rendimiento DR = $(Rs/Ris) \cdot 100$ (Fischer y Maurer 1978).

- La media geométrica MG = $(Rsi \cdot Rri)^{1/2}$ (Samper y Adams 1985), Donde: MG = Media geométrica de la i- enésima línea

- Índice de eficiencia relativa IER = $(Rsi / Rs) \cdot (Rri / Rs)$ (Grahamn 1984)

Donde: Rri: rendimiento promedio con riego

suplementario de la i-énesima línea; Rs: promedio general de rendimiento en sequía.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) al rendimiento evaluado en los tratamientos, cuando estos revelaron diferencias significativas se realizaron comparaciones de medias a través de la prueba de Tukey, con una probabilidad de error del 5%. El procesamiento estadístico se realizó con el paquete Statistica versión 6.0 sobre Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al evaluar los días a la floración, en el tratamiento con riego, el testigo BAT 304, fue el de mayor precocidad con 35 días, el resto de las líneas evaluadas tuvieron sus primeras flores abiertas entre los 37 y 44 días, siendo las líneas SXBF 14790-34 (4) y MDSX 14813-37 (7) las más tardías (Tabla 2). En el ensayo de sequía todas las líneas evaluadas adelantaron su floración de 3 a 5 días con respecto a su similar de riego.

Investigadores como Rosales et al. (2000) refieren que no existe una variación notable entre días cuando las condiciones de estrés no son tan severas en esta etapa, pero a medida que se incrementan las condiciones de sequía existe un adelanto proporcional en la floración de las líneas sometidas a esta condición, lo que puede estar relacionado con la capacidad de algunas líneas para modificar el inicio de la floración en respuesta a la disponibilidad de humedad, que les permite reducir el efecto negativo de la sequía. Los días a la madurez de cosecha en el tratamiento con riego osciló entre

los 83 y 84 días después de la siembra, solo el testigo BAT 304 fue cosechado a los 82 días.

En la condición de secano, este proceso fenológico ocurrió entre los 74 y 77 días después de la siembra. Rosales et al. (2000), exponen que los días para alcanzar la madurez fisiológica de algunas variedades mejoradas se reducen considerablemente por efecto de la sequía intermitente. El genotipo más productivo y adaptado a las condiciones de cultivo de la región fue el testigo BAT 304, que presentó 35 días a floración y un índice reproductivo superior al resto de las variedades evaluadas (57%), lo que combinado con la maduración intermedia de 82 días favoreció un periodo amplio para la formación de órganos reproductivos. Los resultados obtenidos indican que las líneas poseen entre otras características, plasticidad fenológica, según White y Singh (1991) citados por López et al. (2008), presentar una madurez mas temprana puede representar un mecanismo de escape a la sequía.

Con relación a los índices de selección utilizados (tabla 3), algunas líneas con mayor y menor MG mostraron buena relación con la clasificación hecha con base en el ISS, por lo que puede sugerirse la combinación de métodos para una clasificación aceptable y poder seleccionar líneas con mejor adaptación bajo condiciones poco favorables de humedad. Con este criterio de la MG se puede determinar que las mejores líneas fueron la MDSX 14813-61 (9) y MDSX 14813- 37 (7) así como el testigo. La reducción del rendimiento por la sequía fue evidente en todos los genotipos, pero más severa en SXBF 14790- 34(4), MDSX 14813- 26 (6) y MDSX 14813- 61(8), los que presentan los valores más altos de ISS.

Tabla 2. Respuesta agronómica de las líneas evaluadas

No	Líneas	DIF		DMF		IR (%)	
		R	S	R	S	R	S
1	SX 14816- 5	37	33	83	74	55	55
2	SX 14816- 5	37	34	84	75	47	54
3	MDSX 14814- 16	37	34	83	74	46	54
4	SXBF 14790- 34	44	39	84	77	40	49
5	MDSX 14813- 26	38	35	84	77	54	54
6	MDSX 14813- 26	37	33	83	74	55	55
7	MDSX14813- 37	44	39	84	75	47	48
8	MDSX 14813- 61	36	33	83	74	56	55
9	MDSX 14813- 61	40	37	83	74	51	50
10	BAT 304	35	30	82	74	57	59

DIF= días a inicio de floración; DMF= días a madurez fisiológica; IR= índice reproductivo.

El control BAT 304 tuvo respuestas positivas en condiciones restringidas de humedad, registrando menor diferencia entre el rendimiento obteniendo en ambas condiciones (16.46%), un ISS bajo (0.39), así como una MG alta (926.86) y un alto IER (2.74); estos dos últimos índices se correlacionan entre si y se basan en la producción bajo las dos condiciones de humedad (Mayek et al., 2003; López et al., 2006).

Estos resultados mostraron similitud con el experimento realizado en

Tabla 3. Índices evaluados en la selección de las líneas utilizadas

Genotipos	Rendimiento (Kg.ha ⁻¹)		ISS	MG	DR (%)	IER
	Riego	Secano				
1	980.82	574.71	0.99	750.55	41.37	0.95
2	792.46	642.42	0.45	713.51	18.93	0.86
3	675.32	562.85	0.40	616.53	16.65	0.64
4	1078.57	358.78	1.59	622.07	66.77	0.65
5	900.10	651.00	0.66	765.48	27.67	0.99
6	1098.14	433.42	1.44	689.90	60.53	0.80
7	1250.12	808.42	0.84	1005.30	35.33	1.70
8	1238.23	306.8	1.79	616.35	75.22	0.64
9	1081.71	680.00	0.88	857.65	37.14	1.24
10	1014.10	847.14	0.39	926.87	16.46	1.45
Promedio.	1010.96	586.55	0.86	675.66	35.92	0.78
Exs.	92.78	221.78				

ISS= índice de susceptibilidad a la sequía; MG=media geométrica del rendimiento; DR= depresión del rendimiento e IER= índice de eficiencia relativa.

México por Rosales et al. (2000) los cuales exponen que no se debe basar la selección en un solo criterio, siendo recomendable agrupar los genotipos de similar rendimiento potencial y seleccionar aquellos cuyos rendimientos muestren mejor reducción bajo condiciones de secano, utilizando como apoyo la media geométrica de rendimiento.

La clasificación con base a la pérdida del rendimiento mostró similitud con la realizada con base en el ISS, ya que ambos se basan en la reducción del rendimiento entre condiciones de humedad. La selección para bajos niveles de ISS y pérdida de rendimiento mostraron alta especificidad para la obtención de genotipos tolerantes a la sequía, aunque al utilizar este índice se descuida el potencial de respuesta bajo condiciones favorables de humedad.

Los resultados obtenidos coinciden con Rosales et al. (2000) y Chaveco, (2005), los sugieren la utilización combinada de por lo menos un índice de cada grupo, es decir, uno relacionado con la reducción del rendimiento y otro relacionado con la productividad entre condiciones de humedad, para así combinar el alto potencial de rendimiento con la tolerancia a la sequía, debido a que cada grupo de índices evalúan fenómenos biológicos distintos (tolerancia frente a la adaptación y la productividad).

CONCLUSIONES

1. El rendimiento recibe influencia marcada por el nivel de humedad en el suelo y son los genotipos (7 y 9) MDSX 14813-37, MDSX 14813-61 y el

control BAT 304, los que mejor respuestas tienen en ambas condiciones, con rendimiento de 1250.12, 1081.71 y 1014.190 Kg.ha⁻¹ respectivamente en riego y 808.42, 680.0 y 847.14 Kg.ha⁻¹ en secano también respectivamente.

2. Los índices de selección utilizados permiten caracterizar el comportamiento de estos genotipos en diferentes condiciones de humedad en el suelo, aunque se sugiere la utilización combinada de por lo menos un índice de cada grupo con tal de combinar el alto potencial de rendimiento con la tolerancia a la sequía.

BIBLIOGRAFÍA

1. Castañeda, S. C; Córdova, T. L.; González, H. V.; Delgado, A. A; Santacruz, V. A. y García, G. Respuestas fisiológicas, rendimiento y calidad de semillas en frijol sometido a estrés hídrico. Interciencia año/vol 31 numero 006 pp461-466. (2006).
2. Chaveco, P. O. Evaluación de líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) bajo dos condiciones de humedad utilizando criterios de selección. Tesis en opción al título de Master en Ciencias Agrícolas. Universidad de Holguín. (2005.).
3. Chaveco, P. O; Viana, R. A; Permuy, A. N; Chailloux, L. M; García, S. E; Miranda, H. E; Ojeda, F. R. y Faure, Á. B. En informe Técnico Anual (Programa Cooperativo Regional de Frijol para Centro América México y el Caribe). Guatemala. (2001).

4. Fischer, R. A. y Maurer. R. Drought resistance in spring wheat cultivars. I: Grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res.* 29 (5): 897-912. (1978.)
5. Graham, R. Breeding for nutritional characteristic in cereal. *Adv Plant Nutri.* 1: 57-102. (1984).
6. López, S.E; Touqy, V. O; Ugalde, A.F; Villar, B; Becerra E.N; Cumpian. G. Adaptación de genotipos de fríjol resistentes a enfermedades y a suelos ácidos. *Rev. Fitotecnia Mexicana.* 29:33-39. (2006).
7. López. S.E; Touqy. V. O; Ugalde, A.F; Acosta. G. J. A. Rendimiento y tolerancia a sequía en fríjol negro en el estado de Veracruz. *Revista Fitotecnia Mexicana.* Septiembre año/vol. 31. Numero especial 3. pp 35-39. (2008).
8. Mayek P.N; López. C; López. S; Cumpian. G; Joaquín. T; Padilla. J y Acosta. J.A.G. Effect of *macrophomina phasedina* (Tassi) Goid on grain yield of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and its relationship with yield stability parameter. *Rev Mexicana de Fitopatología.* 21: 168-175. (2003).
9. Rao I.M. Limitaciones edáficas y climáticas para la producción de fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Manejo productivo de suelos para cultivos de alto rendimiento. Sociedad colombiana de la ciencia del suelo. Comité regional del Valle del Cauca. (2000).
10. Rosales S, R; Ramírez VP; Acosta G, J. A; Castillo G. F. y Nelly J.D. Rendimiento de grano y tolerancia a la sequía del fríjol común en condiciones de campo *Agro ciencia* 34: 153-165. (2000).
11. Samper C. y Adams M. W. Geometric mean of strees and control yield as selection criteria for drought tolerance. *Ann Rep Bean improves \coop.* 28: 53-54. (1985).
12. Voysest V. O. Mejoramiento genético del fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.): legado de variedades de América Latina 1930-1999/ Osvaldo Voysest Voysest. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical. (Publicación CIAT; no. 321). (2000.)

Recibido: 17/10/2010

Aceptado: 14/06/2011