

TERMOMETRIA INFRARROJA EN SELECCION DE GENOTIPOS DE FRIJOL
____(*Phaseolus vulgaris* L.) RESISTENTES A SEQUIA II. CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD¹ / ____

G BASCUR*
M A. OLIVA**
D. LAING***

Summary

*The effect of water stress in the productivity of twelve bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars was studied by means of the growth analysis and infrared thermometry.*

A great variability in the performance of cultivars was determined. Leaf area index, crop growth rate, grain growth rate, dry matter of stems and branches and percentage yield reduction were very much affected in the water stress susceptible cultivars. The cultivars least affected by the water stress did not show variability in the growth parameters, yield components and percentage yield reduction. These cultivars had been identified (in a previous paper) through the drought index estimated with the infrared thermometer.

Introducción

La productividad del frijol en la mayoría de las áreas productoras de América Latina es dependiente de la cantidad y distribución de las precipitaciones. Por esto, la disponibilidad de agua durante el período de crecimiento parece ser uno de los principales factores limitantes del rendimiento (8). No todos los cultivares presentan la misma respuesta al déficit hídrico, situación que indica que hay variabilidad en la resistencia hídrica.

Bascur *et al.* (2) demostraron que la termometría infrarroja, mediante el uso del índice de sequía ($\Sigma \Delta$

te °C) representa el estado hídrico de la planta y por lo tanto permite identificar cultivares o genotipos de frijol sometidos a deficiencia hídrica. Con el propósito de validar la sensibilidad del método, en este trabajo se analiza el comportamiento de los parámetros de crecimiento y productividad en un grupo de cultivares de frijol cuyas respuestas fisiológicas al déficit hídrico son conocidas.

Materiales y métodos

Doce cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) fueron sometidos a períodos de sequía en las mismas condiciones descritas por Bascur *et al.* (2). Se utilizó un diseño experimental de bloque dividido, constituido por los doce cultivares con y sin irrigación.

Una vez iniciado el déficit hídrico y durante todo el período de sequía, se tomaron muestras de 10 plantas cada 7 días en todos los cultivares para determinar el peso de la materia seca de la planta en una estufa de ventilación forzada a 70°C hasta la obtención de peso constante. Mediante el método de submuestra se determinó el área foliar de dos plantas en un medidor automático de área foliar.

Al momento de la cosecha y con base en una muestra de plantas en 1 m², se determinó el número de plantas y los componentes de rendimiento: número de vainas y peso de 100 semillas secas. La partición

¹ Recibido para publicación el 28 de setiembre de 1984. El autor principal agradece al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) la colaboración y financiamiento para la realización de este trabajo. Parte de la tesis presentada por el autor principal, para optar al grado de M. Sc. en Fisiología Vegetal, a la Universidad Federal de Viçosa, Brasil.

* Estación Experimental La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Casilla 5427, Santiago, Chile

** Dirección Recursos Naturales, Departamento Biología Vegetal, Universidad Federal de Viçosa, Brasil.

*** Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia

de fotoasimilados bajo condiciones de sequía se calculó por medio del peso de la materia seca de tallos, ramas, vainas y semillas.

El rendimiento se estimó con base en el peso de la semilla obtenida de un metro cuadrado, y el contenido de humedad al momento de la cosecha. Basado en estas mediciones se estimó el porcentaje de reducción del rendimiento para los distintos cultivares por efecto del déficit hídrico.

Resultados

El análisis de los parámetros fisiológicos demostró una gran variabilidad en el comportamiento de los cultivares frente al déficit hídrico (2). Hubo algunos que fueron severamente afectados, como el caso de Bayos Titán, y otros como Negro Argel que mantuvieron su balance hídrico interno.

En la Figura 1-A se puede observar que bajo condiciones de sequía el cultivar Bayos Titán presentó una tasa de crecimiento del cultivo, índice de área foliar y tasa de crecimiento de grano más baja que el testigo irrigado. El comportamiento de la variedad Negro Argel en relación a los mismos parámetros (Figura 1-B) fue completamente diferente, ya que tanto el

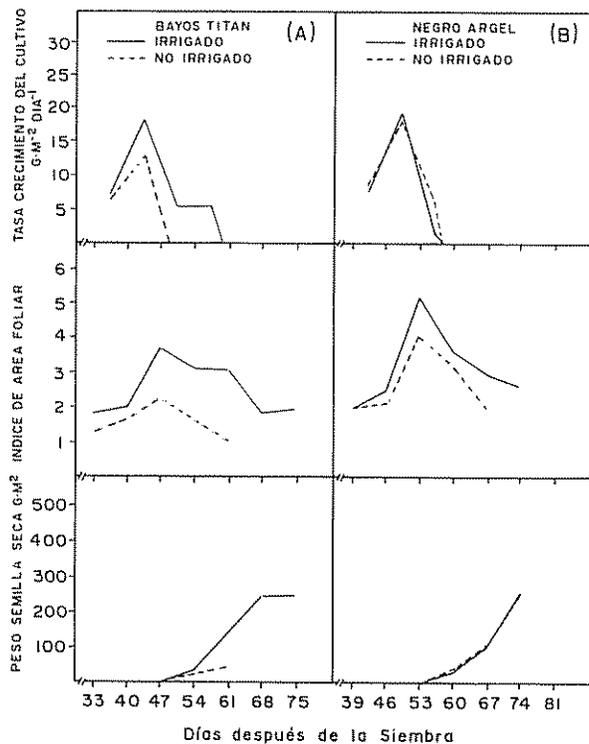


Fig 1 Tasa de crecimiento del cultivo, índice de área foliar y tasa de crecimiento del grano para las variedades (A) Bayos Titán y (B) Negro Argel durante el período de sequía.

tratamiento irrigado como el sin irrigación presentaron las mismas curvas, existiendo sólo algunas diferencias en el índice de área foliar, el cual fue levemente inferior en el tratamiento sometido a sequía pero con valores máximos muy próximos a 4.0.

La duración del área foliar bajo condiciones de sequía para el cultivar Bayos Titán fue inferior a la de Negro Argel, lo que explica la baja tasa de producción de materia seca que presentó esta variedad. A pesar de estas diferencias, la tasa asimilatoria líquida en los dos cultivares presentó la misma tendencia (Figura 2). Sin embargo, la caída de este parámetro fue más rápida para el caso del cultivar Bayos Titán, sin existir diferencias entre los dos tratamientos.

En la partición de fotoasimilados se observó un efecto de la deficiencia hídrica en el peso de la materia seca de ramas + tallos, vainas, semillas y peso de la materia seca total de la planta (Cuadro 1). Este efecto es concordante con el observado por otros autores (4, 6, 9) bajo condiciones de campo.

Además se determinó un efecto significativo de la falta de agua sobre la razón de peso de la materia seca del tallo + ramas/peso de la materia seca de la planta, lo que indica que hubo un mayor acúmulo de fotoasimilados en ramas y tallos en detrimento del índice de cosecha (razón peso de la semilla seca/peso de materia seca de la planta). Estas relaciones fueron significativamente afectadas y en la misma forma por la

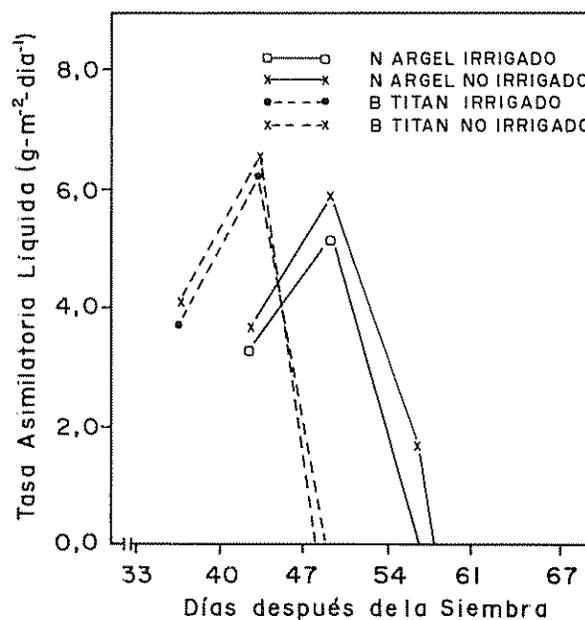


Fig. 2 Tasa media asimilatoria líquida de las variedades Bayos Titán y Negro Argel durante todo el período de sequía.

Cuadro 1. Distribución de la materia seca en doce variedades de frijol.

	Peso materia seca ramas tallos (g)	Peso materia seca vainas (g)	Peso semillas secas (g)	Peso materia seca total (g)	Razón ramas tallos/total	Razón vainas/ total	Razón semillas/ total
Irrigado	90.1 a*	79.5 a	248.4 a	418.0 a	0.22 b	0.19 a	0.59 a
No irrigado	63.8 b	45.9 b	120.1 b	229.8 b	0.29 a	0.20 a	0.50 b
Variedades							
BAT-18	99.1 ab	65.5 bcd	186.2 abc	350.8 ab	0.301 bc	0.186 bcde	0.513 cd
BAT-44	104.3 a	71.2 ab	225.3 a	400.9 a	0.272 b	0.179 cde	0.549 abcd
BAT-79	81.3 abc	60.6 bcd	183.6 abc	325.5 abc	0.269 bcd	0.197 bcde	0.533 bcd
BAT-240	70.9 cde	75.8 ab	205.7 ab	352.5 ab	0.214 ef	0.211 ab	0.565 abc
CCGB-44	100.4 a	77.0 ab	232.7 a	410.1 a	0.246 de	0.197 bcde	0.556 abcd
Bico de Ouro	63.4 cde	68.7 abc	204.1 ab	336.2 abc	0.207 ef	0.212 abcd	0.581 abc
NEP-2	102.3 a	85.4 a	216.7 ab	404.5 a	0.253 cde	0.214 abc	0.531 bcd
Orfeo INIA	62.7 cde	52.6 cdef	189.7 abc	304.9 abcd	0.214 ef	0.174 de	0.611 a
Negro Argel	65.4 cde	59.1 bcde	194.6 abc	319.2 abc	0.216 ef	0.186 bcde	0.598 ab
Hallados Pinto 114	47.3 e	50.1 def	148.3 bcd	245.6 bcd	0.193 f	0.204 bcd	0.603 ab
Bayos Titán	51.0 de	46.6 ef	104.0 d	201.6 d	0.315 ab	0.247 a	0.437 c
Cristal Bayo	74.9 bcd	39.5 f	120.3 cd	234.8 cd	0.352 a	0.164 e	0.483 de

* En cada columna los valores seguidos de la misma letra no difieren significativamente al nivel de P = 0.05, según la prueba de DMS

sequia para el cultivar Bayos Titán, el que presentó valores estadísticamente diferentes a los determinados para el cultivar Negro Argel.

En el Cuadro 2 se observa el efecto de la deficiencia hídrica sobre los componentes de rendimiento, lo que también ha sido encontrado en frijol por distintos autores (1, 3, 7) para el número de vainas, peso de granos y producción de semillas.

Al comparar los cultivares Bayos Titán y Negro Argel se observaron diferencias significativas para el número de vainas por m², número de semillas por vaina, número de semillas por m², correspondiéndole los valores más altos a Negro Argel. El peso de 100 semillas fue mayor en el cultivar Bayos Titán debido a que su tamaño de grano es más grande que el de Negro Argel.

Los valores para rendimiento muestran que Negro Argel no se afectó mucho por la deficiencia hídrica, ya que la reducción fue solamente el 26.2%, mientras que en Bayos Titán ésta fue del 83%.

Discusión

Las diferencias dentro de los parámetros de crecimiento y productividad en los distintos cultivares se deben a que los primeros efectos del déficit hídrico se

manifiestan como reducción del área foliar y aumento de la resistencia estomática. Este último factor es el principal responsable de la reducción de la fotosíntesis en condiciones de estrés hídrico en frijol (5, 10). Dependiendo del cultivar la magnitud de esta reducción afecta diferentemente la producción de materia seca o la de semilla.

En el cultivar Negro Argel, el déficit hídrico no afectó el índice y duración del área foliar, razón por la que presentó una mayor tasa de crecimiento. Esto demuestra que su fotosíntesis no fue alterada y por lo tanto la cantidad de fotoasimilados no fue limitante, quedando disponibles en cantidad suficiente para el llenado de vainas y posteriormente para el crecimiento y desarrollo del grano, situación que fue evidenciada por los mayores valores de los componentes de rendimiento y rendimiento de grano.

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que los cultivares cuyos crecimiento y productividad fueron menos afectados por el déficit hídrico son los mismos que Bascur *et al.* (2) seleccionaron mediante el uso del termómetro infrarrojo. Esto indica que el índice de sequía propuesto, además de representar el estado hídrico interno de la planta, puede asociarse con la reducción de rendimiento y de esta manera ser utilizado como una metodología simple, rápida y de buena sensibilidad para seleccionar cultivares resistentes a sequía.

Cuadro 2. Efecto del déficit hídrico en los componentes de rendimiento, y en la reducción de rendimiento en doce variedades de frijol.

	Número de plantas por m ²	Número de vainas por m ²	Número vainas por planta	Número semillas por vaina	Número semillas por m ²	Peso de 100 semillas secas (g)	Producción semillas al 14% humedad g/m ²	Reducción de la produc. de semillas (%)
Irrigado	23.86 a*	275.75 a	11.63 a	4.30a	1.233.62 a	23.32 a	246.92 a	—
No irrigado	22.92 a	166.88 b	7.09 b	3.77b	679.81 b	19.80 b	128.53 b	47.95
Variedades								
BAT-18	23.94 a	251.16bc	10.28 c	4.27ab	1.086.00 bc	16.81 f	201.20 a	45.65
BAT-44	23.05 a	230.50c	9.88 c	4.32ab	1.007.64 bc	21.91 d	205.94 a	54.40
BAT-79	24.61 a	225.83c	9.58 c	4.35ab	1.018.78 bc	17.50 ef	220.62 a	51.78
BAT-240	22.05 a	232.16c	10.24 c	4.80ab	1.160.14 bc	17.76 ef	201.90a	60.24
CCGB-44	23.66 a	301.83ab	13.34 ab	4.45ab	1.376.37 ab	16.63 f	221.53 a	33.68
Bico de Ouro	22.16 a	252.00bc	11.12 bc	4.20bc	1.076.08 bc	18.50 e	191.14 a	62.99
NEP-2	23.55 a	356.66a	14.82	4.36ab	1.601.73 a	13.66 g	192.50 a	50.85
Orfeo INIA	23.66 a	208.16c	8.43 cd	4.21bc	882.27 c	21.15 d	209.25 a	40.55
Negro Argel	23.77 a	231.33c	9.73 c	4.96a	1.166.76 bc	16.40 f	202.85 a	26.20
Hallados Pinto 114	23.77 a	140.00d	5.66 de	3.50c	493.54 d	29.93 c	179.38 ab	37.23
Bayos Titán	24.00 a	110.66d	4.38 e	2.31d	284.21 d	32.78 b	113.43 b	83.09
Cristal Bayo	22.44 a	115.50d	4.90 e	2.70d	327.07 d	35.70 a	112.98 b	59.27

* En cada columna los valores seguidos de la misma letra no difieren significativamente al nivel de P = 0.05, según la prueba de DMS

Resumen

Mediante la técnica de análisis de crecimiento y termometría infrarroja se estudió el efecto de la deficiencia hídrica sobre la productividad de doce cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Se encontró una gran variación en el comportamiento de los cultivares. Los que fueron afectados severamente por la deficiencia de agua sufrieron una fuerte reducción del área foliar, tasa de crecimiento del cultivo, tasa de crecimiento del grano, pero experimentaron un mayor acúmulo de materia seca en tallos y ramas, a la vez que tuvieron una fuerte reducción del rendimiento.

Los cultivares que fueron menos afectados por el déficit hídrico no presentaron variaciones en los parámetros de crecimiento, componentes de rendimiento y reducción del rendimiento, y corresponden a los mismos que fueron identificados en un trabajo anterior, mediante el uso del índice de sequía estimado con un termómetro infrarrojo

Literatura citada

1. BASCUR, R. B. y FRITSCH, N. F. Efectos de métodos y frecuencias de riego sobre compo-

nentes de rendimiento en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Agricultura Técnica (Chile) 35: 147-152. 1973.

2. BASCUR, B. G., OLIVA, M. A. y LAING, D. R. Termometría infrarroja en selección de genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a sequía. I. Bases fisiológicas. Turrialba 35(11):43-47. 1985

3. BLACKWALL, F. L. Effects of weather irrigation and pod removal on the setting of pods and the marketable yield of runner beans. Journal of Horticultural Science 44:371-384. 1969.

4. BRANDES, D., VIEIRA, C., MAESTRI, M. e GOMES, F. R. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). I. Mudanças morfológicas e produção de matéria seca. Experimentiae 14:1-49. 1972.

5. CASTRO, T. A. Efeito do deficit hídrico sobre a fotossíntese e a respiração, em *Phaseolus vulgaris* L. e *Phaseolus bracteolatus* D. C. Tese Universidade Federal de Viçosa (Brasil), 1977. 37 p.

6. DASBERG, S. and BAKKER, J. W. Characterizing soil aeration under changing soil moisture conditions for beans growth. *Agronomy Journal* 62:689-692. 1970.
7. DUBETZ, S. and MAHALLE, P. S. Effect of soil water stress on bush bean (*Phaseolus vulgaris* L.) at three stages of growth. *Journal American Society of Horticultural Science* 94: 479-481. 1969.
8. LAING, D. R. Vivero Internacional de tolerancia a sequia en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia, 1979. 20 p.
9. MILLAR, R. A. and GARDNER, W. R. Effect of the soil and plant water potentials on the dry matter production of snap beans. *Agronomy Journal* 64:559-561. 1972.
10. O'TOOLE, J. C., OZBUN, J. L. and WALLACE, D. H. Photosynthetic response to water stress in *Phaseolus vulgaris* L. *Physiologia Plantarum* 40:111-114. 1977.

Reseña de libros

BRAY, FRANCESCA. *Science and civilisation in China, Volume 6, Part 2, Agriculture*. Cambridge University Press, 1984. 724 p.

China es, y siempre ha sido, un país predominantemente agrícola. Tan así es que los intelectuales han estado describiendo sus prácticas por 2000 años. Es posible trazar la tecnología agrícola china desde los tiempos neolíticos, aunque los chinos proveen poca información sobre la gente que realmente realizaba esa tarea. Aquí está todo, expuesto en forma erudita y entusiasta por Francesca Bray, una sinóloga tanto en el campo como en la biblioteca.

Desde los tiempos más lejanos, la agricultura china ha sido, a la vez, intensiva en mano de obra e intensiva en cultivo. Aun en el norte usaban muy pocos animales de tiro. Pero esto, el mantenimiento de métodos tradicionales no evitó la introducción de nuevas herramientas y nuevos cultivos.

Los cultivos primordiales eran el arroz en el sur y los millos (*Sorghum*) en el norte, ambos cultivados con el taro (*Colocasia*). La soya, el trigo, la cebada y el cáñamo (para aceite y para tela) arribaron durante el primer milenio A.C. Las habas, las arvejas y el ajonjolí arribaron durante la dinastía de los Han (aproximadamente entre 200 A.C. y 200 D.C. — los no sinólogos hubieran recibido bien un cuadro de cronología comparativa). El té, alrededor del siglo IX, y el algodón cerca del siglo XII. Los cultivos del hemisferio occidental, tales como el maní, el camote y el maíz, aparecieron durante los siglos XVI y XVII. Algo anómalo fue que el lino se cultivase sólo por el aceite de linaza, no conociéndose su valor textil.

La forma más simple de arado chino probablemente llegó con los nuevos cultivos de trigo, cebada y cáñamo. Su perfeccionamiento durante los siglos

tes 1000 años fue paralelo al del de Occidente, aunque, según Bray, quizás un poco anterior. Los chinos desarrollaron el arado de hierro y encurvaron la vertedera de hierro unos 1800 años antes de que ésta apareciera en Europa.

Bray se inclina a aceptar la creencia de que la admiración del período de la Ilustración Europea por todo lo chino fue causa no sólo de arados mejorados (lo que parece posible) sino también de la sembradora mecánica de Jehthro Tull. Esto, sin embargo, parece más probable ser un caso de estímulo intelectual que uno de transmisión directa como, la autora lo demuestra, fue el caso de la sembradora

Aunque los fisiócratas franceses escribieron eruditamente sobre la tecnología agrícola china, es dudoso que influyeran sobre los agricultores como lo hizo Tull. El caso a favor de la invención independiente es fuerte en la agricultura y puede ser demostrada para la grada de discos. Y no todas las herramientas chinas fueron superiores (por ejemplo, la guadaña). Y, como la autora discute convincentemente, nunca hubo una revolución agrícola en China comparable a la del siglo XVIII en Europa. Es discutible el que una revolución agrícola fuese innecesaria ya que la agricultura china cambió progresivamente. Pero, aún hoy día, muchos aspectos de la agricultura china son idénticos a lo que fue hecho hace 1500 ó más años.

Este es el primer volumen de *Science and Civilization in China* no escrita por su progenitor y editor de la serie, Joseph Needham. Espero que Francesca Bray me perdone si digo que, erudita y absorbida en su tema como lo es ella, le falta el toque de Needham de transformar detalles masivos en un análisis fascinante en el que sus lectores son arrastrados aunque no lo deseen. Pero, aunque probablemente hay más aquí que lo que quisiera saber un no especialista, hay mucho que podría ser de gran interés.

MARIE BOAS HALL
PROFESORA EMERITUS
IMPERIAL COLLEGE
LONDRES, INGLATERRA