

EFFECTO DEL DEFICIT HIDRICO SOBRE EL CRECIMIENTO DE HOJAS, TALLOS Y VAINAS DEL FRIJOL*

Abelardo NUÑEZ BARRIOS¹

Eunice FOSTER²

RESUMEN

La sequía edáfica afecta el crecimiento de los diferentes órganos de la planta y con ello la productividad de los cultivos. El presente estudio se llevó a cabo en la Universidad Estatal de Michigan, U.S.A., con el fin de examinar el efecto de la intensidad y duración del déficit hídrico sobre crecimiento de órganos del frijol común *Phaseolus vulgaris* L. Se utilizó una estructura metálica computarizada para evitar la lluvia y controlar en campo tanto la frecuencia de riegos como los períodos de sequía. El experimento se llevó a cabo durante 1988 y 1989, en suelo de textura arenosa, con una profundidad promedio de 1.5 m; se utilizó la variedad de frijol Seafarer de tipo erecto y de ciclo intermedio. En el primer año se establecieron dos tratamientos de sequía que se iniciaron a los 15 y 27 días después de la siembra (DDS), y en el segundo año la sequía se inició a los 27 y 45 DDS, conservándose como testigos los tratamientos irrigados. El crecimiento de hojas, de vainas (totales) y de tallos empezó a disminuir cuando el porcentaje de agua disponible en el suelo se redujo en un 20, 24 y 31% respectivamente. El crecimiento de vainas individuales fue menos sensible a la sequía que el de hojas y tallos.

SUMMARY

Soil drought stress adversely affects the growth of different organs in the plant and hence, crop productivity. This research was conducted at Michigan State University, U.S.A., with the aim of examining the effect of water deficits on the growth of leaves, stems, and pods of dry beans *Phaseolus vulgaris* L., under field conditions. A rainout shelter was utilized to avoid rainfall and to control both the water

* Artículo enviado al Comité Editorial Agrícola del INIFAP el 29 de abril de 1996.

¹ Ph.D. Investigador del Campo Experimental CIR-Norte Centro

² Ph.D. Fisiología, Michigan State University

regimens and the extent of the drought periods. Soil in the experimental site had a sandy texture and a depth of 1.5 m. The research was carried out during the summer of 1988 and 1989, using a short season variety (Seafarer) with an average of 40 days to flowering and 95 days to maturity. In the first year two drought treatments were established beginning at 15 and 27 days after planting (DAP); in both years the control were plots irrigated during the entire growing season. Elongation of leaves, total pods and stems diminished when the soil water availability decreased in 20, 24 and 31%, respectively. The growth of individual pods was less susceptible to the drought stress than the growth rate of leaves and stems. Dry matter production of leaves and stems decreased in 38, 34 and 15% for the water deficit that began at 15, 27 and 45 DAP, respectively.

INTRODUCCION

El frijol *Phaseolus vulgaris* L. es uno de los cultivos más importantes que se siembra en las áreas temporales de muchos países en desarrollo. En México, por ejemplo, se cultivan más de dos millones de hectáreas, de las cuales aproximadamente un millón se localizan en la zona semiárida de altura, donde una de las principales limitantes para obtener rendimientos altos es la poca disponibilidad de agua debido a la baja retención de humedad de los suelos, a lluvias escasas e irregulares, y a una alta demanda atmosférica. Estas condiciones propician períodos de sequía de diferente duración e intensidad, las cuales afectan el crecimiento, desarrollo del cultivo y en consecuencia el rendimiento. Uno de los primeros efectos discernibles de la sequía en la planta es la expansión de sus diferentes órganos, lo cual se refleja en hojas más pequeñas, en menor intercepción de luz y consecuentemente en una menor producción de materia seca y grano, según consigna Kramer (11), 1993. Sin embargo, los niveles de sequía edáfica en los que se inicia el retraso en el crecimiento de la planta no son bien conocidos. El objetivo de este estudio fue entender el efecto de una decreciente disponibilidad de agua en el suelo en el crecimiento de diferentes órganos en plantas de frijol.

REVISION DE LITERATURA

La magnitud del déficit hídrico necesario para afectar el crecimiento de un cultivo depende en gran medida del tiempo en que éste ocurra y de las condiciones en que las plantas sean cultivadas. Así por ejemplo, la tasa de crecimiento de hojas de maíz cultivado en macetas disminuye considerablemente a potenciales hídricos de -0.2 MPa y cesa a potenciales de -0.7 a -0.9 MPa, Acevedo *et al.* (1), 1971 y Boyer (4), 1970. Por otro lado, en condiciones de campo Bunce (5), encontró en 1977 que con potenciales

hídricos de la hoja de -1.2 MPa no se registraron reducciones significativas en el crecimiento foliar de algunas leguminosas como la soya.

Los intentos para encontrar una relación clara entre el crecimiento y potenciales hídricos en la planta no han sido muy exitosos. Ludlow (12), sugirió en 1987 que los cambios de humedad en el suelo pudieran estar más relacionados con algunos procesos fisiológicos como la extensión de órganos, la fotosíntesis y la producción de hormonas. Blackman y Davies (2), encontraron en 1985 que al incrementarse la sequía edáfica se reducía el crecimiento de hojas y tallos de maíz, independientemente de la turgencia de sus tejidos. Sin embargo, la sequía edáfica o la disponibilidad de agua en el suelo están dados por las características físicas y químicas de ese suelo y el tipo de planta o cultivo. En general, al inicio de un periodo de sequía los suelos de textura gruesa pierden más rápidamente agua en la superficie que suelos de tipo arcilloso, según Núñez (14), 1991, propiciando un mayor crecimiento de raíces en estratos más profundos que le permiten a la planta seguir creciendo, aunque a tasas inferiores al testigo irrigado, Garay y Wilhelm (7), 1983.

MATERIALES Y METODOS

Esta investigación se llevó a cabo en la estación experimental de la Universidad Estatal de Michigan en Estados Unidos. El experimento se estableció en condiciones de campo durante el verano de 1988 y 1989; se sembró la variedad de frijol Seafarer, de porte erecto tipo 1 y con aproximadamente 40 días a floración y 95 días a madurez fisiológica. En el primer año se probaron dos tratamientos de sequía: uno que inició a los 15 DDS y el otro a los 27 DDS. Estos tratamientos fueron identificados como ETe (Estrés Temprano) y EM (Estrés Medio), respectivamente. Para el siguiente año se establecieron tratamientos donde la sequía inició a los 27 DDS (EM) y a los 45 DDS, identificándose este último como ETa (Estrés Tardío). Los tratamientos se diseñaron para propiciar un déficit hídrico terminal, esto es, el riego se suspendió en las fechas mencionadas y no se volvió a regar durante el resto del ciclo del cultivo. De esta manera se pudo obtener la respuesta de la planta a periodos de sequía de diferente duración e intensidad.

El suelo del sitio experimental fue de textura arenosa, con una profundidad media de 1.5 m y bajo contenido de materia orgánica (< a 1%). El agua aprovechable por la planta en el suelo (AAP) fue definida como la diferencia del valor del contenido volumétrico más alto que se obtuvo después de irrigar

y drenar el suelo y las lecturas más bajas que se registraron a lo largo del perfil, cuando la marchitez de las plantas de frijol era evidente.

Las fechas de siembra fueron el 8 de julio de 1988 y el 12 de junio de 1989. En ambos casos se sembró semilla en exceso y posteriormente se aclaró para dejar una densidad uniforme de 16 plantas por m². Se fertilizó con 120 kg/ha de nitrógeno, 100 kg/ha de fósforo y 100 kg/ha de potasio.

En el testigo el sistema de riego por aspersión operó de dos a tres veces por semana, con una lámina de agua de 5 mm, con el fin de mantener la humedad del suelo cerca del nivel de capacidad de campo. En los tratamientos de sequía se irrigó de la misma manera, hasta que se inició el estrés en las fechas antes mencionadas. El contenido volumétrico de agua se midió quincenalmente utilizando un sistema de dispersor de neutrones con el cual se tomaron lecturas cada 0.25 m hasta una profundidad máxima de 1.5 m.

Para cuantificar el efecto de los tratamientos se tomaron lecturas en cada parcela. Del tallo principal se seleccionaron dos hojas recién formadas con una longitud inicial de entre 1 y 2 cm, las cuales se etiquetaron y se midieron diariamente hasta que dejaron de crecer. El área foliar (AF) se estimó con la fórmula empírica: $AF=0.603+0.501(\text{largo} \times \text{ancho})$, con una $R^2 = 0.98$. Esta fórmula fue calculada utilizando un medidor electrónico de área foliar LILCOR-1500 conjuntamente con las mediciones de largo por ancho. El alargamiento del tallo también se midió diariamente seleccionando los entrenudos del tallo principal. Las vainas se seleccionaron del tallo principal y se midió su alargamiento diario, cuya longitud se midió hasta que dejaron de crecer.

RESULTADOS Y DISCUSION

Durante los dos años de estudio se observaron diferentes condiciones climáticas. En promedio las temperaturas máximas y mínimas en 1988 decrecieron después de 42 DDS, pasando de 31 y 19°C durante el día y la noche, a 23 y 11°C, respectivamente. En el ciclo de cultivo de 1989 las temperaturas máximas y mínimas promedio se mantuvieron en 26°C durante el día y 12°C durante la noche (Figura 1).

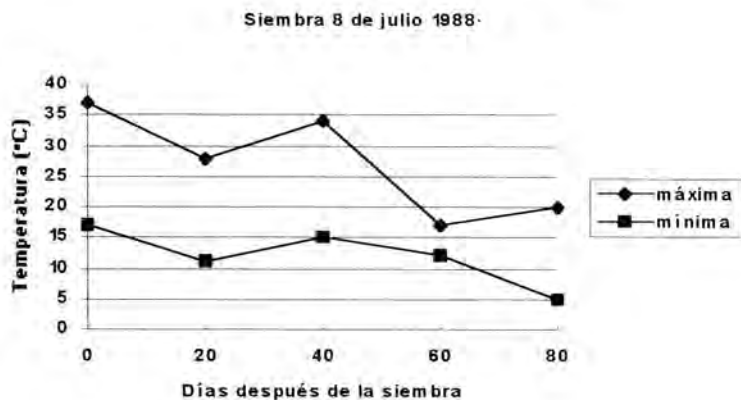


Figura 1. Temperaturas máximas y mínimas de los ciclos de cultivo correspondientes a 1988 y 1989, Kellogg Biological Station, Michigan, U.S.A.

La humedad del suelo también decreció en los tratamientos de sequía en comparación con el testigo, como se muestra en la Figura 2.

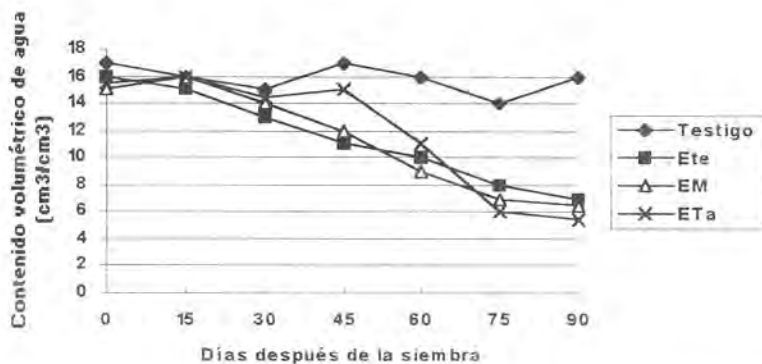


Figura 2. Cambios en la humedad del suelo para el testigo y los diferentes tratamientos de sequía, Kellogg Biological Station, Michigan, U.S.A.

Durante 1988 el contenido de humedad del tratamiento ETe declinó de 15.6 a 7.8 cm^3/cm^3 , en contraste con el tratamiento EM, en el que el contenido volumétrico de agua disminuyó de 15.5 a 6.5 cm^3/cm^3 . Esto quiere decir que los patrones de extracción de agua en el suelo fueron diferentes, dependiendo en gran medida del tamaño de la planta y su estadio de desarrollo. Bonanno y Mack (3), encontraron en 1983 que cuando las sequías ocurren en etapas tempranas se reduce el tamaño de las hojas de frijol, desarrollándose una planta más pequeña que alcanza menores tasas de transpiración y extracción de agua del suelo. En el presente experimento también se observó este fenómeno, donde la humedad del suelo disminuyó más rápidamente en los tratamientos y donde la sequía se inició cuando las plantas habían alcanzado su máximo desarrollo vegetativo, esto es, en la etapa de formación de vainas.

El número de hojas en el tallo principal fue ligeramente afectado por la sequía. Al comparar los tratamientos de sequía durante 1988 se encontró que a partir del sexto nudo hubo un retraso en la aparición de hojas en los tratamientos ETe y EM, lo cual da como resultado una hoja menos que el testigo al final de la etapa vegetativa. Hesketh *et al.* (8), encontraron en 1973 que la aparición de hojas y otros acontecimientos en el desarrollo de la planta son más influidos por la temperatura que por las limitaciones de agua en el suelo. Sin embargo, la expansión y el crecimiento de las hojas son fuertemente afectados por la sequía, como se muestra en la Figura 3.

1988

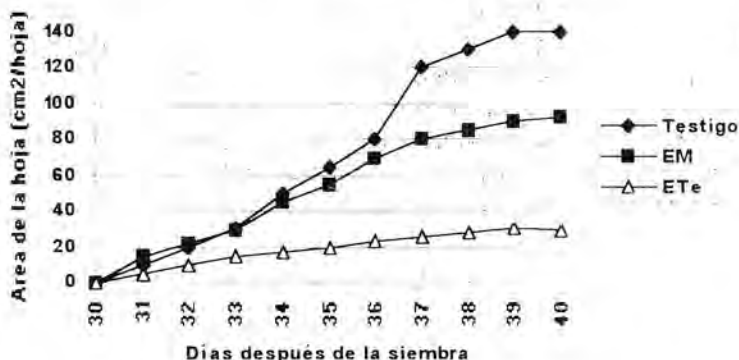


Figura 3. Área de hojas individuales de frijol para el tratamiento ETe, EM y el testigo Kellogg Biological Station, Michigan, U.S.A.

En 1988 en el tratamiento EM empezó a declinar el área foliar a los seis días después de iniciado el estrés hídrico, logrando una tasa de crecimiento de $16.7 \text{ cm}^2/\text{día}$ en comparación con 5.0 y $27.8 \text{ cm}^2/\text{día}$ del tratamiento ETe y el testigo, respectivamente. La sensibilidad de la expansión foliar a los déficits hídricos ha sido reportada en diferentes cultivos, Hsiao *et al.* (10), 1976; Boyer (4), 1970 y NeSmith (13), 1990. En otras investigaciones, Hoogenboom *et al.* (9), encontraron en 1987 que para el cultivo de la soya la expansión foliar empezó a decrecer cuando los potenciales hídricos en el suelo fueron menores a 0.08 MPa en los primeros 40 cm del suelo.

Los tratamientos de sequía también tuvieron un efecto adverso en el alargamiento del tallo. Por ejemplo, a los 46 DDS el tallo principal alcanzó alturas de 27.2 , 39.0 y 67.5 cm para los tratamientos ETe, EM, y el testigo, respectivamente. Los entrenudos más afectados por la sequía se localizaron entre 5° y 9° nudos. Hoogenboom *et al.* (9), encontraron en 1987 también que los entrenudos de otras leguminosas como la soya crecieron significativamente a una velocidad más lenta bajo sequía que bajo riego.

El efecto de la sequía en el crecimiento de vainas individuales se muestra en la Figura 4. Las vainas individuales en el testigo irrigado alcanzaron una longitud de 8.4 cm con un tasa de crecimiento de $0.93 \text{ cm}/\text{día}$, en comparación con el promedio de crecimiento del tratamiento EM, que fue de

0.78 cm/día, con una longitud final de 7.1 cm. Sin embargo, al comparar la longitud total de la suma de todas las vainas la diferencia entre el tratamiento de riego y el de sequía fue altamente significativa (Figura 5). Esta diferencia se debe principalmente a que el número de vainas totales por planta fue muy afectado por el estrés hídrico, alcanzándose un promedio de 14.5 y 6.5 vainas/planta para el testigo y el tratamiento EM, respectivamente. El efecto de sequía sobre el número de vainas ha sido reportado por varios autores como Robins y Domingo (15), 1956 y Dubetz y Mahalle (6), 1969.



Figura 4. Alargamiento de vainas individuales de frijol para el tratamiento EM y el testigo. Kellogg Biological Station, Michigan, U.S.A.



Figura 5. Alargamiento de vainas totales de frijol en los tratamientos EM y testigo durante el ciclo de crecimiento 1989. Kellogg Biological Station, Michigan, U.S.A.

La disponibilidad de agua en el suelo afectó diferencialmente el crecimiento de los órganos del frijol, donde las hojas fueron más sensitivas al estrés hídrico, seguidas por vainas y tallos. El tamaño de las hojas empezó a decrecer cuando el AAP disminuyó en un 20%, hasta llegar a tasas de crecimiento relativo menores a 0.05 con valores de AAP del 45%. En los tallos la reducción del crecimiento se empezó a notar cuando el AAP disminuyó en un 31% y en las vainas cuando el AAP se redujo en un 24% (Figura 6). La rápida reducción del crecimiento relativo en vainas se debió principalmente a la abscisión de estos órganos causado por la sequía.

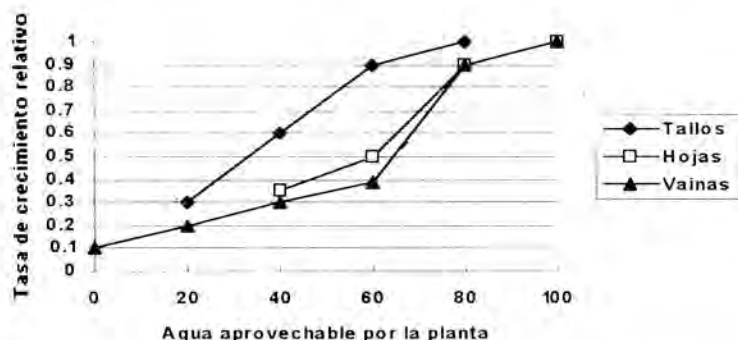


Figura 6. Tasa de crecimiento relativo de diferentes órganos en frijol. Kellogg Biological Station, Michigan, U.S.A.

Por otro lado, el rápido decremento del área foliar en una planta sometida a estrés hídrico es parte de un mecanismo de evasión, ya que reduce rápidamente la superficie evaporativa y permite al cultivo soportar periodos más largos de sequía, como lo explicó Kramer (11), en 1983. Sin embargo, en un cultivo de ciclo corto como el frijol, este mecanismo parece ser más importante en regiones donde la precipitación y la disponibilidad de agua se reduce drásticamente al final del ciclo.

CONCLUSIONES

De este trabajo con el cultivo de frijol bajo condiciones de sequía terminal se concluye lo siguiente:

1. La aparición de hojas resultó menos sensible a la sequía que el crecimiento de éstas.
2. El número de vainas por planta resultó más afectado que el crecimiento individual de cada una de ellas.
3. El agua disponible en el suelo puede disminuir hasta en un 20% antes de influir en el crecimiento de cualquier órgano.
4. El crecimiento foliar fue más sensible al estrés hídrico seguido por vainas y tallos.

LITERATURA CITADA

1. Acevedo, E., Hsiao, T. C. and Henderson, D. W. 1971. Immediate and subsequent growth responses of maize leaves to changes in water status. *Plant Physiol.* 48:631-636.
2. Blackman, P. G. and Davies, W. J. 1985. Root to shoot communication in maize plants of the effects of soil drying. *J. Exp. Bot.* 36:39-48.
3. Bonanno, A. R. and Mack, H. J. 1983. Yield components and pod quality of snap beans growth under differential irrigation. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105:869-873.
4. Boyer, J. S. 1970. Differing sensitivity of photosynthesis to low leaf water potentials in corn and soybeans. *Plant Physiol.* 46:236-239.
5. Bunce, J. A. 1977. Leaf elongation in relation to leaf water potential in soybean. *J. Exp. Bot.* 28:156-161.
6. Dubetz, S. and Mahalle, P. S. 1969. Effect of soil water stress on bush beans *Phaseolus vulgaris* L. at three stages of growth. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 94:479-481.
7. Garay, A. F. and Wilhelm, W. W. 1983. Root system characteristics of two soybeans isolines undergoing water stress conditions. *Agron. J.* 75:973-977.
8. Hesketh, J. D., Myhre, D. L. and Willey, C. R. 1973. Temperature control of time intervals between vegetative and reproductive events in soybeans. *Crop. Sci.* 13:250-254.
9. Hoogenboom, G., Huck, M. G. and Peterson, C. M. 1987. Root growth rate of soybean as affected by drought stress. *Agron. J.* 79:607-614.
10. Hsiao, T. C., Acevedo, E., Fereres, E. and Henderson, D. W. 1976. Water stress, growth and osmotic adjustment. *Phil. Trans. R. Soc. (London).* 273:479-500.
11. Kramer, P. J. 1983. *Water relations of plants.* Academic Press, Inc. p. 342-389.

12. Ludlow, M. M. 1987. *Defining shoot water status in the most meaningful way to relate to physiological processes*. In: Hanks and Brown, eds. "Measurement of soil and plant water status". Proc. Inter. Conf., Logan, UT. 6-10 July, 1987. Utah State University, Logan, UT. U.S.A.
13. NeSmith, D. S. 1990. Growth responses of corn (*Zea mays* L.) to intermittent soil water deficits. Ph.D. Thesis. Michigan State University, MI.
14. Nuñez-Barrios, A. 1991. Effect of soil water deficits on the growth and development of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) at different stages of growth. Ph.D. Thesis. Michigan State University, MI.
15. Robins, J. S. and Domingo, C. E. 1956. Moisture deficits in relation to the growth and development of dry beans. *Agron. J.* 48:67-70.