

Efecto de la Temperatura y el Déficit Hídrico sobre el Crecimiento de los Frutos de Frijol (*Phaseolus vulgaris*)¹

J.C. Favaro*, R.A. Pilatti*

ABSTRACT

This study examined the influence of the temperature and water stress during the final stage of pod development upon the fruit growth and their possible relation with the endogenous levels of ABA. Bean plants were grown in pots placed in growth chambers, and when the fruits reached 6.5 cm were subjected to two temperature conditions (28/18°C and 22/16°C day/night) during seven days. The leaf water potential in plants of each group were maintained at four different levels from -5 to -15 bars during the same period. When the fruits reached their maximum length, they were harvested. Higher temperature conditions shortened the pod growth period and occasioned an anticipated seed development. Water stress diminished the length of the pods, the number of seeds and the weight of the fruits. It also caused an increase in the average seed weight in the high temperature regime. Both temperature and water stress enhanced ABA levels in the fruits. These are related with some of the effects observed.

INTRODUCCION

Períodos de alta temperatura y evapotranspiración durante la etapa reproductiva del frijol, provocan serios problemas en el desarrollo de los frutos, originando vainas de escasa longitud, con reducido número de semillas y una acentuada tendencia al desarrollo prematuro de las mismas. Estos fenómenos ocasionan severas pérdidas en la cantidad y calidad del producto y limitan el período de cultivo cuando éste está destinado a la producción de vainas.

Según Kramer (8), el crecimiento de los vegetales estaría controlado directamente por el potencial hídrico de la planta, e indirectamente por el contenido de agua del suelo y de la atmósfera. El efecto del déficit hídrico sobre el crecimiento depende del grado de estrés (intensidad y duración) y el estado de desarrollo del vegetal (15).

COMPENDIO

Se estudió el efecto de la tensión hídrica y de la temperatura durante la fase final de crecimiento de vainas de frijol cv 'Balin de Albenga' a fin de establecer la influencia de esos factores sobre el desarrollo prematuro de las semillas. El ensayo se realizó bajo condiciones controladas, (fotoperíodo 14 hs., luminosidad 8 000 lux, temperatura día/noche 24/16°C) utilizándose como sustrato una mezcla de arena y de vermiculita con solución nutritiva. A partir de la anthesis floral se midió el crecimiento de las vainas. Cuando éstas alcanzaron 6.5 cm de longitud comenzaron los tratamientos térmicos (22/16°C y 28/18°C) y de estrés hídrico (-6, -9, -12 y -15 bares de ψ_a), cuya duración fue de 7 días. Al alcanzar las vainas su máximo crecimiento se determinó el número de semillas, peso de materia fresca y seca de vainas y semillas, y también concentración de ácido abscísico (ABA) del fruto completo. Se constató que las temperaturas altas acortaron el período de desarrollo de las vainas y aceleraron el crecimiento de las semillas. El estrés hídrico disminuyó la longitud de las vainas, el número de semillas y el peso de los frutos. También, provocó un aumento en el tamaño de las semillas cuando se aplicó en condiciones de temperatura alta. La temperatura y en mayor medida, la tensión hídrica incrementaron el contenido de ABA de los frutos. Esto posiblemente pudo ocasionar algunos de los efectos observados, similares a los conseguidos mediante aplicaciones exógenas.

La temperatura, uno de los factores ambientales indirectamente relacionado con el estado hídrico de los vegetales, tiene marcada influencia durante el desarrollo de los frutos en leguminosas (1, 10, 13). Existen evidencias de que incrementos de temperatura, favorecen la aparición de altas concentraciones de ácido abscísico en frutos de frijol (10) y arveja (13), aunque no se ha determinado precisamente si ello es debido a un efecto directo o a una interrelación con el estado hídrico de la planta.

El ácido abscísico (ABA) juega un importante papel en el control de la transpiración (11). En hojas de frijol y lupino con síntomas de déficit hídrico fueron encontradas concentraciones 10 y 7 veces superiores a la normal respectivamente (5, 6).

Las concentraciones endógenas de giberelinas, ABA y otras hormonas están estrechamente relacionadas con el crecimiento de vainas y semillas en muchas leguminosas como frijol (16), arveja soya (2)

¹ Recibido para publicación el 21 de setiembre de 1987

* Lab. de Fisiología Vegetal. Fac. de Agronomía y Veterinaria. U.N.L. L. Kreder 2805- (3080) Esperanza, Argentina.

y soya (14). El rápido alargamiento de la vaina después de la antesis coincide con una alta actividad de auxinas y giberelinas y una baja concentración de ABA (2) Quebedaux *et al.* (14) encontraron que cuando la concentración de ABA se incrementa, causa una interrupción en el crecimiento de la vaina que coincide con una aceleración en el crecimiento de la semilla. Por otro lado, la aplicación de giberelinas favorece el crecimiento de las vainas, mientras que el ABA produce el efecto inverso (3).

El objetivo de este trabajo fue determinar los efectos de la temperatura y del déficit hídrico, aplicados en la fase final del desarrollo de la vaina, sobre el crecimiento de los frutos y su posible relación con los niveles endógenos de ABA.

MATERIAL Y METODOS

Semillas de frijol cv. Balin de Albenga fueron sembradas en macetas de plástico de 20 cm de diámetro y 4 l de capacidad, conteniendo una mezcla de arena y vermiculita (1:1 V:V) y colocadas en una cámara de crecimiento con una temperatura de $24/16 \pm 1^\circ\text{C}$ (día/noche), un fotoperiodo de 14 h y 8.000 luz de intensidad luminica a nivel de la mitad de la planta. La humedad relativa fue mantenida entre el 70 y 90%. Las plantas fueron regadas diariamente con agua destilada y semanalmente con solución de Hoagland completa hasta punto de drenaje, de esta manera el porcentaje de agua en el suelo se mantuvo entre el 19 y 21%.

En el momento de la floración se marcaron dos flores por planta y se siguió el crecimiento en largo del fruto a través de mediciones con intervalos de dos días. Cuando los frutos alcanzaron 7.5 cm de longitud, un grupo de plantas fue colocado a una temperatura de $28/18 \pm 1^\circ\text{C}$ y otro $22/16 \pm 1^\circ\text{C}$. Los ψ a de las plantas del primer grupo fueron mantenidos a -6 , -9 , -12 y -15 bares a través de riego ininterrumpido en el primer caso y diferentes intensidades de riego en los restantes. Las plantas sometidas a $22/16 \pm 1^\circ\text{C}$ fueron mantenidas a -5 , -9 y -12 bares de la misma manera, y en algunas plantas del tratamiento -5 bares los frutos fueron tratados por inmersión con una solución de ABA de $100 \mu\text{g}/\text{ml}$. El periodo de duración de los tratamientos de déficit hídrico y temperatura fue de siete días. Durante este tiempo, el ψ a fue estimado usando una cámara de presión y la tasa transpiratoria a través de pesadas, con intervalos de dos días.

En el momento que las vainas alcanzaron su máxima longitud, fueron cosechadas. Una muestra de ellas

fue usada para determinar el peso fresco y seco de vainas y semillas y el resto para determinar los niveles de ABA.

El procedimiento de extracción y separación del ABA fue realizado siguiendo la técnica utilizada por Mizrahi *et al.* (12), usando una muestra de 17 g de materia fresca (3.74 g de materia seca). Los extractos fueron aplicados en bandas de papel Whatman No. 3 y desarrollados en isopropanol, amonio y agua (10:1:1, v:v:v). Cada sección de Rf fue bioensayada de acuerdo a Eeuwens y Schwabe (2).

Se utilizó un diseño de bloques completamente aleatorizado con cuatro repeticiones y dos plantas por unidad experimental.

RESULTADOS Y DISCUSION

El crecimiento de las vainas fue afectado por el estrés hídrico, ocasionando una reducción en su longitud final (Cuadro 1), y en la tasa de crecimiento (Figs. 1 y 2). Estos efectos fueron observados inmediatamente después del comienzo de los tratamientos, siendo similares para ambas condiciones de temperatura.

El peso de la materia fresca y seca de las vainas disminuyó de la misma forma que la longitud; sin embargo las diferencias en la materia fresca son mayores, posiblemente debido a los diferentes contenidos de agua de cada tratamiento.

La falta de agua durante el desarrollo de la vaina también afectó el número de semillas por fruto (Cuadro 1), incrementando el aborto de óvulos a medida

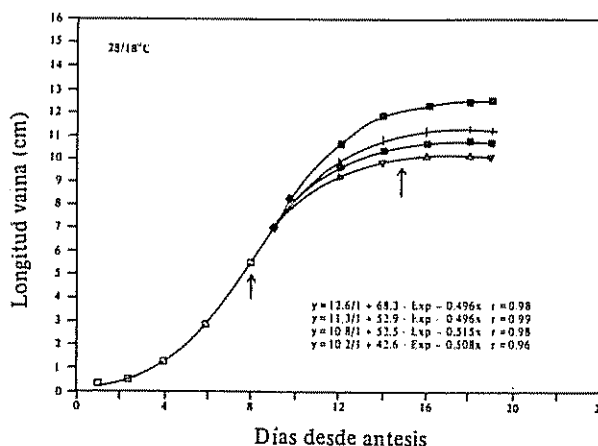


Fig. 1. Crecimiento de las vainas de frijol sometidas a un régimen térmico de $28/18^\circ\text{C}$ y mantenidas a diferentes niveles de potencial hídrico, durante la fase final de desarrollo de las vainas ■ -6 bares, + -9 bares, ○ -12 bares, △ -15 bares. † Período de tratamiento.

Cuadro 1. Longitud final de las vainas, número y peso medio de semillas de frutos de frijol sometidos a distintas temperaturas, niveles de déficit hídrico y aplicación de ABA durante la fase final de desarrollo de las vainas.

Tratamientos		Long. vaina (cm.)	Número de semillas por fruto	Peso medio de las semillas	
Temperatura (día/noche) (C.)	Potencial hídrico (bares)			Materia fresca (mg)	Materia seca (mg)
28/18	- 6	12.5 b	4.1 a	250 b	46.0 b
	- 9	11.3 c	3.0 b	380 a	92.3 a
	-12	10.7 cd	2.8 bc	380 a	86.7 a
	-15	10.1 d	1.9 d	420 a	97.3 a
22/16	- 5	13.8 a	4.2 a	120 c	17.8 c
	- 9	10.8 cd	2.6 bc	132 c	15.7 c
	-12	10.0 d	2.1 cd	146 c	21.2 c
	- 5+ABA	11.0 cd	2.7 bc	161 c	21.0 c

Los valores medios seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel de un 5% de probabilidad según el test de Duncan.

que el ψ a de las hojas descendió. Sin embargo, el peso de las semillas solamente disminuyó para el ψ a más bajo (-15 bares), (Cuadro 2) porque el menor número de semillas/fruto fue compensado por un mayor peso individual de las mismas (Cuadro 1).

Lo mencionado anteriormente parecería estar relacionado solamente con el estrés hídrico y no con la temperatura en el momento en que los frutos están creciendo. González y Williams (4) hallaron el mismo patrón de respuesta en condiciones de campo, aunque en ese caso el ancho de la vaina fue más afectado que la longitud.

Por el contrario, la temperatura alta ocasionó un desarrollo anticipado de la semilla, de manera tal que éstas eran más grandes al momento en que las vainas alcanzaron su máxima extensión. Los frutos que desarrollaron a una temperatura de 28/18°C tuvieron semillas dos o tres veces más grandes que aquellos que desarrollaron a 22/16°C, en consecuencia la relación vaina/semilla de estos fue más alta (Cuadro 1 y 2).

Un efecto de la temperatura sobre el crecimiento de la vaina, fue observado en los tratamientos de ma-

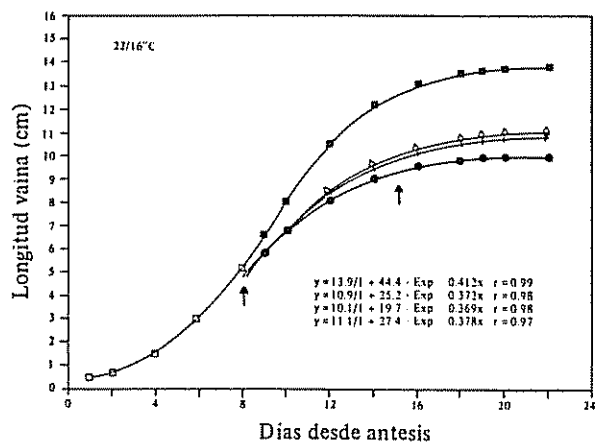


Fig. 2. Crecimiento de las vainas de plantas de frijol sometidas a un régimen térmico de 22/16°C, mantenidas a diferentes niveles de potencial hídrico o con la aplicación de ABA, durante la fase final de desarrollo de la vaina.

■ -5 bares, + -9 bares, ◆ -12 bares, △ -15 bares + ABA, † Período de tratamiento.

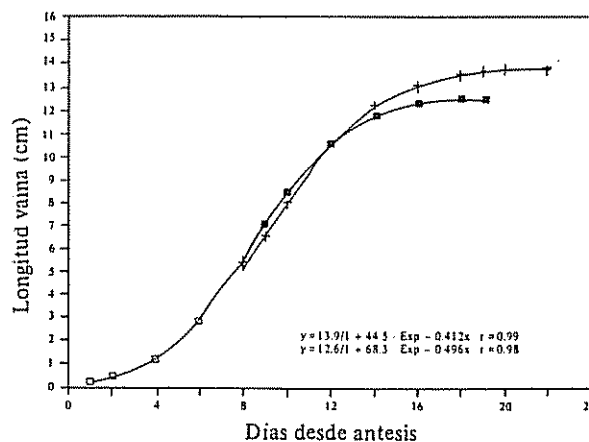


Fig. 3. Crecimiento de las vainas de plantas de frijol sometidas a diferentes regímenes de temperatura durante la fase final de desarrollo de la vaina.

+ 28/18°C. ■ 22/16°C

Cuadro 2. Peso de la materia fresca y seca y relación vaina/semilla de los frutos en el momento en que las vainas alcanzaron su máxima longitud.

Tratamientos		Peso del fruto						
Temperatura día/noche (C.)	ψ a	Peso fresco (g)			Peso seco (mg)			v/s
		vaina	semillas	total	vaina	semillas	total	
28/18	- 6	5.8 b	1.10 ab	6.9 ab	600 ab	177 bc	777 a	3.5
	- 9	4.6 cd	1.18 a	5.8 b	590 ab	288 a	878 a	2.2
	-12	3.9 cde	1.04 ab	5.0 c	525 b	238 ab	164 a	2.3
	-15	3.3 e	0.79 b	4.1 d	374 c	170 c	544 b	2.2
22/16	- 5	7.1 a	0.51 c	7.6 a	741 a	77 d	818 a	11.1
	- 9	4.3 cde	0.32 cd	4.6 c	518 bc	39 d	557 b	15.6
	-12	3.7 de	0.28 d	4.0 d	479 bc	41 d	526 b	12.6
	- 5+ABA	4.8 bc	0.37 cd	5.2 c	514 bc	53 d	567 b	12.4

Los valores medios seguidos por la misma letra no difieren al nivel del 5% de probabilidad según el test de Duncan.

por potencial hídrico, donde el régimen de temperatura más bajo promovió un incremento en el tamaño (Cuadros 1 y 2, Fig. 3). Por otro lado, bajos potenciales hídricos y temperatura alta incrementaron el peso promedio de las semillas (Cuadro 1).

La aplicación de ABA causó el mismo efecto que el déficit hídrico, reducción de la longitud y peso de las vainas y aborto de óvulos, pero no afectó el crecimiento de las semillas, ya que cuando están en desarrollo parecerían no responder a aplicaciones exógenas de hormonas (1).

Los niveles de ABA en el momento en que las vainas alcanzaron su máxima extensión, mostraron un incremento a medida que el ψ a fue más bajo (Cuadro 3). La temperatura también elevó la concentración de ABA, como había sido previamente mencionado (10).

En frijol, el crecimiento de las vainas y semillas se realizaría en forma secuencial y no concurrente (13, 16), constituyendo un sistema de destinos, los cuales compiten entre sí por los asimilados (2). Asumiendo que la tasa de crecimiento de los frutos de frijol cambia de acuerdo con la temperatura, Olike *et al.* (13) sugirieron que este factor regularía la partición de fotosintatos entre la vaina y las semillas a través de un mecanismo no conocido.

En ese sentido, Browning (1) observó que las temperaturas altas causan un retraso en el crecimiento de las vainas, e incrementan el de la semilla. Por otro lado, a medida que la temperatura aumenta, el % de asimilados particionados a la vaina disminuye, ocurriendo lo inverso con las semillas (17).

Aun cuando la fotosíntesis es reducida por la falta de agua (7), y el crecimiento de los frutos depende exclusivamente de los fotoasimilados producidos post-antesis (9), el peso de los mismos fue solamente afectado por un alto grado de estrés (-15 bares), equilibrándose el menor peso de las vainas por un mayor peso de semillas, aumentando el peso medio de éstas a medida que disminuyó el número por vaina.

Lo mencionado anteriormente parecería indicar que la temperatura afecta el crecimiento de la semilla directamente y no a través de la generación de estrés hídrico. La falta de agua sólo afectó al tamaño de las vainas (longitud y peso) y al número de semillas, lo cual estaría vinculado al aumento en los similares a los conseguidos mediante aplicaciones exógenas.

Cuadro 3. Contenido de ABA (ug/g de materia seca) de los frutos de frijol al final del período de tratamiento.

Tratamiento		Contenido de ABA
Temperatura (C.)	ψ a (bares)	(ug/g peso seco)
28/18	- 6	2.4
	- 9	5.5
	-12	6.1
	-15	8.3
22/18	- 5	0.8
	- 9	3.6
	-12	4.4

LITERATURA CITADA

1. BROWNING, G. 1980. Endogenous cis-trans ABA and pea seed development: evidence for a role in seed growth from changes induced by temperature. *Journal of Experimental Botany* 31:185-197.
2. EEUWENS, C.J.; SCHWABE, W.N. 1975. Seed and pod wall development in *Pisum sativum* L. in relation to extracted and applied hormones. *Journal of Experimental Botany* 26:1-14.
3. GARCIA MARTINEZ, J.L.; CARBONELL, J. 1980. Fruit set of unpollinated ovaries of *Pisum sativum* L.: influence of plant growth regulators. *Planta* 147:451-456.
4. GONZALEZ, A.R.; WILLIAMS, J.W. 1978. Effects of water stress on quality of raw and processed snap beans. *Arkansas Farm Research* 27:5-6.
5. HARRISON, M.A.; WALTON, D.C. 1975. Abscisic acid metabolism in water stressed bean leaves. *Plant Physiology* 56:250-254.
6. HOAD, G.V. 1978. Effects of water stress on abscisic acid level in White Lupin (*Lupinus albus* L.) fruit, leaves and phloem exudates. *Planta* 142:287-290.
7. HODDINOTT, J.; EHREI, D.L.; GORHAM, P.R. 1979. Rapid influences of water stress on photosynthesis and translocation in *Phaseolus vulgaris*. *Canadian Journal of Botany* 57:768-776.
8. KRAMER, P.J. 1963. Water stress and plant growth. *Agronomy Journal* 55:31-35.
9. KUO, C.G.; JUNG, C.H.; ISOU, S.C. 1978. Translocation of ¹⁴C photosynthate in mung bean during the reproductive period. *HortScience* 13:580-581.
10. MAKUS, D.J.; SHANNON, C. 1979. Temperature and photoperiod effect on abscisic acid content in earliwax snap bean seed. *HortScience* 14:732-733.
11. MITTELHEUSER, C.J.; STEVENINCK, R.F. VAN. 1969. Stomatal closure and inhibition of transpiration induced by (RS) abscisic acid. *Nature* 221:281-282.
12. MIZRAHI, Y.; BLUMENFELD, D.; RICHMOND, A. 1970. Abscisic acid and transpiration in leaves in relation to osmotic root stress. *Plant Physiology* 46:169-171.
13. OLIKER, M.; POLIAKOFF-MAYBER, A.; MAYER, A. 1978. Changes in weight nitrogen accumulation, respiration and photosynthesis during growth and development of seeds and pods of *Phaseolus vulgaris*. *American Journal of Botany* 65:366-371.
14. QUEBEDAUX, B.; SWEETSER, P.A.; ROWELL, J.C. 1976. Abscisic acid levels in soybean reproductive structure during development. *Plant Physiology* 58:363-366.
15. SIONIT, N.; KRAMER, P.J. 1977. Effect of water stress during different stages of growth of soybean. *Agronomy Journal* 69:274-278.
16. SUGE, H.; GALLARDO, D.M. 1977. Changes of gibberellins during seed and pericarp development in common bean with special reference to abortion. *Japan Journal Crop Science* 46:371-378.
17. WILLIAMS, A.M.; MARINOS, N.G. 1977. Regulation of the movement of assimilate into ovules of *Pisum sativum* cv. Greenfast: effect of pod temperature. *Australian Journal of Plant Physiology* 4:515-521.