

Rendimiento, calidad y crecimiento de la soya bajo diferentes regímenes de humedad del suelo¹

Juan Henríquez M.², Jorge García-Huidobro P. de A.³

INTRODUCCION

El cultivo de la soya ha experimentado, a nivel mundial un gran auge en los últimos años, debido al elevado contenido de proteína (30-42%) y aceite (18-22%) del grano.

En Chile su cultivo está limitado a los suelos regados del valle central, lo que hace necesario determinar algunas prácticas de manejo relacionadas con el riego. Este aspecto ha recibido poca atención en el extranjero, debido a que sólo en áreas restringidas se cultiva en condiciones de riego.

Se ha encontrado que la existencia de un déficit de humedad durante ciertos periodos del cultivo puede disminuir el rendimiento. Herpich (1972) indica que estos periodos corresponden a los estados reproductivos ocurriendo la máxima reducción de rendimiento cuando este déficit se presenta en el período de llenado de grano (Doss y Thurlow, 1974). Por otra parte, no se han encontrado diferencias significativas en la respuesta de la soya al riego cuando éste es aplicado con más de 40% de humedad aprovechable (Herpich, 1972; Doss y Thurlow, 1974).

En relación al efecto de la disponibilidad de agua en el crecimiento, se ha determinado que el crecimiento y desarrollo desde la germinación a la madurez es, en general, proporcional al contenido de humedad aprovechable del suelo (Mederski *et al.*, 1973).

Los objetivos de la presente investigación fueron:

—Determinar el efecto del régimen de humedad del suelo sobre el rendimiento y calidad del grano.

—Determinar el efecto del régimen de humedad sobre algunos parámetros de crecimiento.

MATERIALES Y METODOS

Se realizó un ensayo de campo durante la temporada 1974-75 en la Estación Experimental de la Universidad Católica de Chile, comuna de Pirque, Santiago. El cultivar empleado fue Amsoy-71, del grupo de madurez II, con un período vegetativo de 135 a 140 días, sembrado el 22 de noviembre 1974.

Se compararon cuatro regímenes de humedad del suelo de acuerdo a García-Huidobro (1973); se regó cuando la tensión alcanzó los siguientes valores para los distintos tratamientos: 0,2 — 0,4 — 0,6 y 0,8 bar, controlándose con tensiómetros del tipo Irrometer, instalados a 40 cm de profundidad. Los tratamientos se dispusieron en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Las prácticas culturales han sido indicadas por Henríquez (1976).

Se usaron parcelas de 6 m de largo por 4,8 m de ancho, con una separación de 1 m entre ellas y de 2 m entre bloques. Se sembraron 8 hileras a chorro continuo con una distancia entre hileras de 0,6 m; con una población aproximada de 430.000 plantas/ha.

Los muestreos de plantas, para el análisis de crecimiento, se realizaron en las fechas indicadas en el Cuadro 1.

¹Contribución Depto. de Suelos y del Depto. de Fitotecnia, Universidad Católica de Chile. Parte de Tesis de Grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo de Juan Henríquez M. Recepción originales: 17 de noviembre de 1976.

²Ing. Agr., Área Recursos Ambientales, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 5427, Santiago, Chile.

³Ing. Agr., M. Phil., Programa Riego, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 5427, Santiago, Chile.

Cuadro 1 — Fechas y días de siembra a muestreo de 5 plantas por parcela.

Muestreo	Fecha	Días cultivo
1 (t ₁) ¹	Dic. 24 — 1974	32
2 (t ₂)	Enc. 11 — 1975	50
3 (t ₃)	Enc. 28 — 1975	67
4 (t ₄)	Feb. 11 — 1975	81
5 (t ₅)	Feb. 25 — 1975	95
6 (t ₆)	Mar. 13 — 1975	111

¹Período muestreo

Las plantas se tomaron al azar desde las hileras 2 y 7. En cada muestreo se determinó área foliar y peso seco. El área foliar se determinó por medio de un fotoplanímetro; se consideró como área foliar toda la parte aérea que no presentara síntomas de senescencia. Las plantas una vez medidas se secaron en estufa a 75°C durante 48 horas, obteniéndose así el peso seco.

Para el análisis de crecimiento se calcularon: tasa media de asimilación neta (\overline{NAR}), tasa media de crecimiento relativo (\overline{RGR}), tasa media de crecimiento del cultivo (\overline{CGR}), relación e índice de área foliar, LAR y LAI, respectivamente, de acuerdo a Kvet *et al.*, 1971.

La cosecha se realizó en forma manual el día 132. Para el análisis del contenido de aceite y proteína los granos fueron molidos y luego secados en estufa a 105°C por 48 horas.

Para la determinación del porcentaje de proteína se midió el contenido de nitrógeno, el cual se multiplicó por 6,18 (Block y Weiss, citados por Howell, 1961). Para la determinación del aceite, se usó éter sulfúrico como extractante, una vez evaporado el solvente, se pesó el aceite contenido en cada muestra.

El número de riegos y el volumen de agua aplicado a cada tratamiento se indica en el Cuadro 2.

Cuadro 2 — Número de riegos y volumen de agua aplicado a cada tratamiento.

Tratamiento	Riegos	m ³ /ha
0,2 bar	18	4.770,3
0,4 bar	10	4.359,7
0,6 bar	7	4.153,5
0,8 bar	4	3.073,1

RESULTADOS Y DISCUSION*Efecto del régimen de humedad del suelo en el rendimiento*

El rendimiento de grano de los distintos tratamientos está indicado en el Cuadro 3. No se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos.

Cuadro 3 — Rendimiento de grano, qqm/ha; (10% de humedad). Contenido de aceite (%) y proteína del grano (%).

Tratamiento	Rendimiento	Aceite (%)	Proteína (%)
0,2 bar	25,12	24,70	31,81
0,4 bar	26,39	26,21	32,14
0,6 bar	25,93	25,00	32,96
0,8 bar	24,19	27,39	33,42

El no haber obtenido diferencias significativas entre tratamientos se puede explicar debido a que en ningún período vegetativo o reproductivo, el déficit de humedad producido por los tratamientos fue suficientemente grande. Cuando la tensión del suelo alcanzó a 0,8 bar a 40 cm de profundidad el contenido de humedad de éste se encontraba a aproximadamente 40% de humedad aprovechable. Henríquez (1976), Doss y Thurlow (1974), Scott y Aldrich (1975) y Hobbs *et al.*, (1963) indican que riegos dados con contenidos de humedad aprovechable superiores a 40% no se traducían en mayor rendimiento, esta situación indicó además que la tensión a la cual el rendimiento puede ser afectado sería superior a 0,8 bar, a esta profundidad.

En base a estos antecedentes es posible concluir que tensiones de 0,8 bar medidas a 40 cm de profundidad no serían lo suficientemente altas para provocar una reducción del rendimiento, debiendo existir otros factores que estarían limitando la respuesta de la soya al riego (Henríquez, 1976).

Efecto del régimen de humedad del suelo en el contenido de aceite y proteína del grano

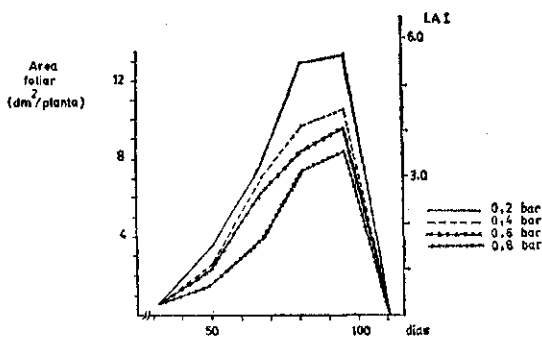
La calidad del grano se estudió en relación al contenido de aceite y proteínas, los resultados aparecen en el Cuadro 3. No se obtuvieron diferencias significativas para ninguno de los tratamientos.

En el Cuadro 3 se observa que todos los tratamientos presentaron contenidos similares de aceite y proteína; lo que estaría relacionado con la estabilidad de las vías metabólicas conducentes a la formación de estas sustancias frente a cambios moderados del medio ambiente; en otros estudios tampoco se ha encontrado un efecto del régimen de humedad del suelo en el contenido de aceite y proteína del grano (Lutz y Jones, 1975).

Efecto del régimen de humedad del suelo en la acumulación de materia seca y desarrollo de área foliar

a) Área foliar

En la Figura 1 se observa el desarrollo del área foliar en el periodo estudiado. Se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos a partir de la segunda cosecha; lo que indicaría una gran sensibilidad de este parámetro a la disponibilidad de agua, ya que los tratamientos se iniciaron inmediatamente después del primer muestreo.



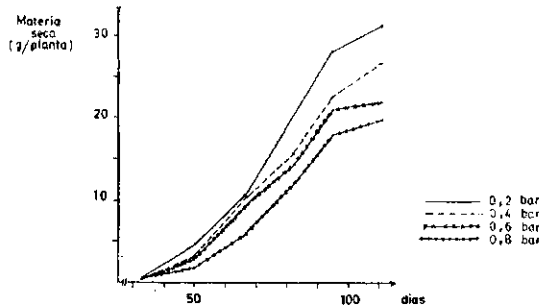
Dibujo: Hernán Campos M.

Figura 1 — Desarrollo del área foliar en los distintos tratamientos de riego.

En la Figura 1 se observa una relación directa entre disponibilidad de agua y área foliar, siendo menor el desarrollo foliar a medida que disminuye la disponibilidad de agua; Kramer (1963) y Richards y Wadleigh (1952) sostienen que a medida que el contenido de humedad del suelo desciende desde capacidad de campo hacia porcentaje de marchitez permanente se produce una reducción del crecimiento; por otra parte, Boyer y Mc Pherson (1975) indican que el crecimiento o elongación celular, que incide directamente en el desarrollo del área foliar, está en relación con cambios en el turgor de las hojas.

b) Materia seca

La acumulación de materia seca en el periodo estudiado se observa en la Figura 2 para los distintos tratamientos. Se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos a partir del segundo muestreo.

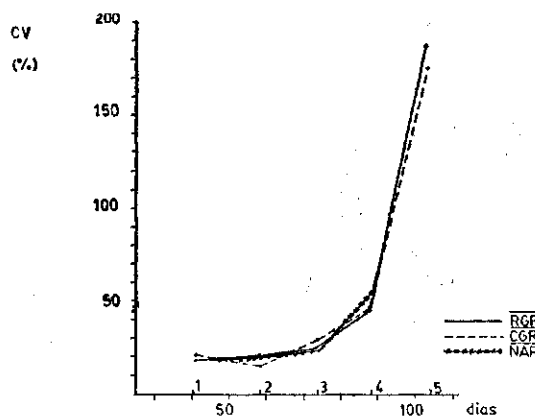


Dibujo: Hernán Campos M.

Figura 2 — Acumulación de materia seca para los distintos tratamientos de riego.

Las diferencias observadas en la acumulación de materia seca pueden ser explicadas en base a los valores obtenidos para las tasas medias de asimilación neta (\overline{NAR}), de crecimiento relativo (\overline{RGR}), y de crecimiento del cultivo (\overline{CGR}); en las que se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos para todos ellos en el periodo t_1 a t_2 , y sólo para \overline{CGR} en el periodo t_2 a t_3 .

El no haber obtenido diferencias significativas a partir del tercer muestreo, a pesar de derivarse de los valores de área foliar y materia seca, donde se obtuvieron diferencias significativas, puede ser explicado por los valores obtenidos en el coeficiente de variación de estos parámetros; en la Figura 3 es posible



Dibujo: Hernán Campos M.

Figura 3 — Coeficiente de variación para los parámetros de crecimiento, en las diferentes épocas de muestreo.

notar el aumento de éste a través de la temporada, lo que se debería a que el análisis clásico de crecimiento, usado en este ensayo, considera una relación lineal entre área foliar y materia seca a través del tiempo, lo que no es estrictamente cierto. Para este tipo de trabajo se deberá considerar además de períodos de tiempo más cortos entre muestreos, un número progresivamente mayor de plantas por muestreo a medida que avanza la temporada de cultivo.

Debido a los antecedentes antes expuestos, no es posible explicar las diferencias observadas en la acumulación de materia seca, que muestran una relación directa con la disponibilidad de agua, en base a los valores obtenidos para \overline{NAR} y \overline{RGR} cuyas diferencias no fueron estadísticamente significativas (Figuras 4 y 5); debiendo ser atribuidas a diferencias en el área foliar y materia seca preexistentes, ya que generalmente se ha observado una relación inversa entre área foliar y \overline{NAR} , y área foliar y \overline{RGR} (Buttery, 1970).

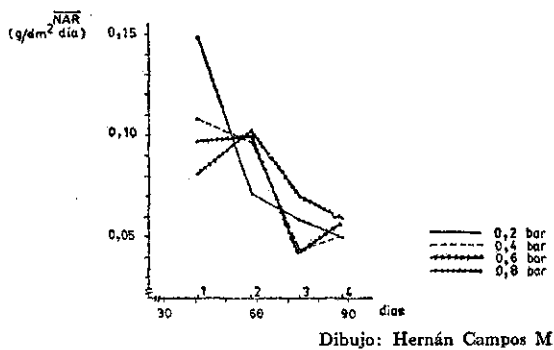


Figura 4 — Variación del \overline{NAR} durante el período de crecimiento en los tratamientos.

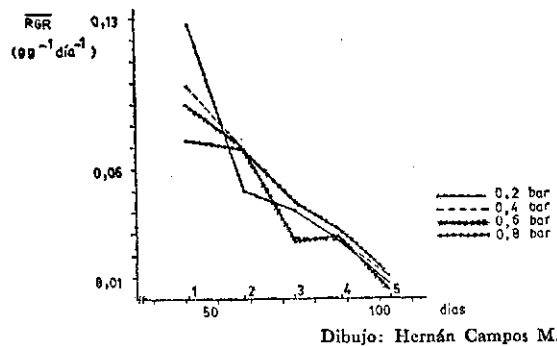


Figura 5 — Variación del \overline{RGR} durante el período de crecimiento en los tratamientos.

En la Figura 6 se observa la tasa media de crecimiento del cultivo, \overline{CGR} ; si se considera a ésta como el producto del área foliar por la eficiencia fotosintética ($\overline{CGR} = \overline{NAR}$

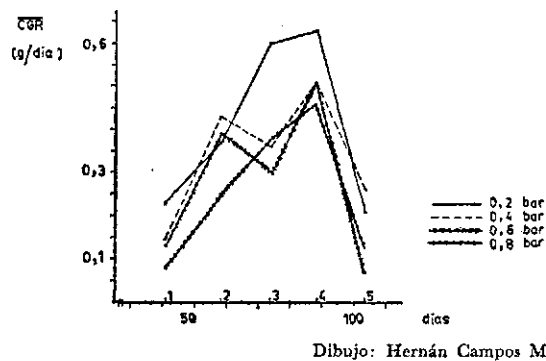


Figura 6 — Variación del \overline{CGR} del cultivo durante el período de crecimiento en los distintos tratamientos.

× AF) es posible deducir, a partir de las tendencias mostradas por este parámetro, el comportamiento aproximado que pudo haber tenido el \overline{NAR} en algunos períodos. En la Figura 6 se observa en el período t_2 a t_3 , en que se obtuvieron diferencias significativas, que los tratamientos 0,4 y 0,6 bar presentaron los más altos valores para \overline{CGR} , lo que debió estar relacionado con una mayor tasa de asimilación neta para estos tratamientos, ya que presentando un área foliar menor a la del tratamiento 0,2 bar tuvieron valores mayores de \overline{CGR} ; lo que podría estar relacionado con el valor de LAI (Figura 1) de estos tratamientos durante este período.

Se observa en la Figura 6 que en el período t_5 a t_6 todos los tratamientos mostraron una fuerte baja en \overline{CGR} , lo que estaría asociado a un rápido descenso en \overline{NAR} producido por la senescencia de las hojas.

De los resultados obtenidos es posible concluir que:

- La calidad y rendimiento de grano no fueron afectados por tensiones de humedad 0,2 — 0,4 — 0,6 y 0,8 bares medidos a 40 cm de profundidad.
- La acumulación a materia seca y el desarrollo del área foliar aumentó al regar con una menor tensión en el suelo.

R E S U M E N

En la Estación Experimental de la Universidad Católica de Chile, en Pirque, se realizó un ensayo para estudiar el efecto del riego en el rendimiento, calidad y crecimiento del poroto soya. Se compararon 4 tratamientos de riego, consistentes en regar cuando la tensión de humedad era de: 0,2 — 0,4 — 0,6 y 0,8 bar medidos a 40 cm de profundidad. Los resultados indican que el rendimiento y calidad no se afectó con los distintos tratamientos, sin embargo, la producción de materia seca y desarrollo de área foliar fue significativamente reducida al aumentar la tensión al momento del riego.

S U M M A R Y

SOYBEAN YIELD, QUALITY AND GROWTH AS AFFECTED BY SOIL WATER TENSION

A field experiment was carried out to study the effect of soil water tension on yield, quality and growth of soybean cv. Amsoy-71. The experiment was conducted at the Experiment Station of the Catholic University in Pirque. Irrigations were made at 0.2 — 0.4 — 0.6 and 0.8 bar measured with tensiometers at 40 cm deep. Results indicate that yield and quality were not affected by the different treatments. Dry matter accumulation and the growth of leaf area were significantly reduced by increasing soil water tensions at irrigations.

LITERATURA CITADA

- BUTTERY, B. R. 1970. Effects of variation in leaf area index on growth of maize and soybeans. *Crop Sci.* 10: 9-12.
- BOYER, J. S. and MC PHERSON, H. G. 1975. Physiology of water deficits in cereal crops. *Advances in Agron.* 27: 1-23.
- DOSS, B. D. and THURLOW, D. L. 1974. Irrigation, row width and plant population in relation to growth characteristics of two soybean varieties. *Agron. J.* 66: 620-624.
- GARCÍA-HUIDOBRO, J. 1973. The growth of glass-house lettuce in relation to soil water availability. M. Phil. Thesis. Dept. of Agriculture and Horticulture. School of Agriculture University of Nottingham, England. 174 p.
- HENRIQUEZ, J. C. 1976. Rendimiento, calidad y crecimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill), bajo diferentes regímenes de humedad del suelo. Universidad Católica de Chile. 85 p. (Tesis Ing. Agr., mimeografiada).
- HERPICH, R. 1972. Irrigation. Soybean handbook, Cooperative extension service. J. Kansas State University. s/p.
- HOBBS, E. H., KROGMAN, K. K. and SONMOR, L. G. 1963. Effects of levels of minimum available soil moisture on crops yields. *Can. J. Plant Sci.* 43: 441-446.
- HOWELL, R. W. 1961. Physiology of the soybean. Publication 338 of the U.S. regional soybean laboratory, Urbana, Illinois. pp. 265-310.
- KRAMER, P. J. 1963. Water stress and plant growth. *Agron. J.* 55: 31-55.
- KVET, J., ONDOK, J. P., NECAS, J. and JARVIS, P. G. 1971. Methods of growth analysis. In Plant photosynthetic production. Manual of Methods. (Eds.) Z. Sestak, J. Catsky and P. G. Jarvis. Dr. Wdunk N. V. Publisher The Hague. p. 343-411.
- LUTZ, J. A. and JONES, C. D. 1975. Effect of irrigation, lime, and fertility treatments on the yield and chemical composition of soybeans. *Agron. J.* 67: 523-526.
- MEDERSKI, H. J., JEFFERS, D. L. and PETERS, D. B. 1973. Water an water relations; in Soybeans: Improvement, production and uses. (ED) B.E. Caldwell, Agronomy 16. ASA. p. 239-266.
- RICHARDS, L. A. and WADLEIGH, C. H. 1952. Soil water and plant growth: in Soil physical condition and plant growth. (Ed.) B. T. Shaw Academic Press Inc., Publishers, New York. Agronomy 2: 73-251.
- SCOTT, W. O. and ALDRICH, S. R. 1975. Producción moderna de la Soya. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina. s/p.