

**NOTA CORTA: EFECTO DEL BAJADO DE PLANTAS SOBRE  
LA PRODUCCIÓN DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.)  
CULTIVADO EN INVERNADERO**

**R.A. PILATTI, C.A. BOUZO**

Cátedra de Fisiología Vegetal del Grupo Hortícola de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la  
U.N.L. Kreder 2805 (3080) Esperanza-Santa Fe. Argentina.  
rpilatti@unl.edu.ar.

**RESUMEN**

Una práctica frecuente en el cultivo de tomate bajo invernadero en distintas regiones de Argentina consiste en el bajado de las plantas cuando alcanzan una altura que ya no permite un adecuado manejo del cultivo. Sin embargo, este descenso de las plantas puede afectar a la intercepción de radiación solar por el dosel y consecuentemente al rendimiento del cultivo. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la frecuencia e intensidad de bajado de las plantas de tomate sobre la producción en cultivos realizados en invernadero frío durante los meses invernales. La experiencia se realizó con un cultivo de tomate variedad Tomy FN144. Los tratamientos consistieron en el bajado de plantas según el siguiente criterio: 1) 25 cm por semana, 2) 50 cm cada 14 días, 3) 75 cm cada 21 días y 4) 100 cm cada 28 días. En cada caso se midió la radiación a diferentes alturas, dentro y sobre el dosel del cultivo. Se observó el grado de enrollamiento foliar, se midió el área y peso de la materia seca foliar, calculándose la razón del área foliar. Semanalmente se registró la producción de frutos luego de la cosecha, realizándose ésta cuando los frutos viraban a rojo. Las plantas que sufrieron un menor y más frecuente bajado (25 cm por semana) interceptaron más luz que el resto de los tratamientos. Sin embargo, ninguno de los tratamientos estudiados modificó la producción de frutos comerciales. Se discute la relación entre la intercepción de la luz y la falta de respuesta en la producción.

**PALABRAS CLAVES:** Tomate  
Manejo del cultivo  
Radiación solar  
Rendimiento

---

Recibido: 26-4-99  
Aceptado para su publicación: 2-3-00

## INTRODUCCIÓN

En varias regiones hortícolas argentinas es frecuente que las plantas de tomate cultivadas bajo invernadero sean bajadas cuando éstas alcanzan una altura que ya no permite un adecuado manejo del cultivo. Esta práctica cultural se realiza normalmente cuando las plantas llegan a una altura de aproximadamente 2 m. En el cinturón hortícola santafesino esto se realiza en cultivos sembrados en enero y que finalizan su ciclo en octubre o noviembre. A pesar de su generalizada práctica, persisten dudas en el sector productivo acerca de la severidad y frecuencia con que debe realizarse para no afectar los rendimientos. Considerando la mano de obra y las posibilidades de transmisión de enfermedades, se recomienda que el bajado de las plantas se realice el menor número de veces durante el ciclo del cultivo (Atherton y Rudich, 1986).

Por otra parte, el bajado de las plantas puede afectar a la intercepción de la radiación solar por parte del cultivo, siendo así afectada la fotosíntesis (Gaastra, 1965) y la producción (Pearce *et al.*, 1993). Varios autores mostraron una reducción en la producción de tomate bajo invernadero al disminuir la radiación interceptada por el cultivo (Benoit y Ceustermans, 1981; Buitelaar, 1984). En este sentido, se observó que por cada 100 MJ de radiación global interceptada un cultivo de tomate produce 2,01 kg de frutos de tomate fresco (Cockshull *et al.*, 1992).

La radiación incidente afecta a la fotosíntesis en el cultivo de tomate, tanto por la cantidad como por su distribución en el dosel (Papadopoulos y Ormrod, 1990). El desarrollo de las hojas a lo largo del tallo también afecta a la tasa fotosintética (Monteith, 1970; Charles-Edwards, 1982).

Al bajar las plantas se afecta la captación de la radiación incidente, tanto por un mayor sombreado de las hojas como por un cambio en la arquitectura del dosel. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del bajado de las plantas de tomate sobre la producción durante los meses invernales en un cultivo realizado en invernadero frío.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El 3 de marzo de 1996 se sembraron en bandejas alveoladas semillas de tomate correspondiente al híbrido comercial Tomy FN 144. A los 30 días se realizó el trasplante a un invernadero con una densidad de 2,8 plantas m<sup>-2</sup>.

El invernadero tenía una superficie de 300 m<sup>2</sup> con una estructura de tipo parabólica, una altura cenital de 3,70 m y una relación de volumen protegido a superficie de suelo cubierta de 4,35 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup>. La orientación del invernadero fue este-oeste. El material de cubierta utilizado fue polietileno térmico de larga duración, de primer año y de 150 µm. El manejo del cultivo se realizó de forma similar a como lo realizan productores de la región del cinturón hortícola de la ciudad de Santa Fe (60° 50' W; 31° 25' S) conduciéndolo a un tallo y doble línea por caballón. La separación entre centros de caballones fue de 1,50 m y entre líneas de 0,50 m. La orientación de las líneas fue este-oeste. La fertirrigación se hizo según la demanda del cultivo (Pilatti, 1995). A partir de la antesis se aplicó semanalmente ácido naftil glicólico (50 ppm) a las flores abiertas.

A partir del 10 de junio las plantas fueron bajadas según los siguientes tratamientos: T1, tratamiento 1 (bajado de plantas 25 cm por semana); T2, tratamiento 2 (bajado de plantas 50 cm cada 14 días); T3, tratamiento 3 (bajado de plantas 75 cm cada 21 días); T4, tratamiento 4 (bajado de plantas 100 cm cada 28 días).

Se midió la radiación en diferentes alturas: nivel del suelo, 50 cm, 100 cm y sobre dosel; a las 10, 13 y 16 h del día 11 de junio, justo después de que las plantas fuesen bajadas por primera vez. Las mediciones se realizaron mediante un radiómetro LICOR (LI-1000) con sensor piranómetro acoplado a un milivoltímetro digital en unidades de  $W m^{-2}$ .

Además, se observó el enrollamiento foliar después de aplicar durante dos meses los diferentes tratamientos. En ese momento se midió el área foliar (AF) con un medidor LICOR portable LI-3100 y peso de la materia seca foliar (PSF) de la hoja número ocho contando desde arriba, calculándose la razón de área foliar (RAF). Semanalmente se registró la producción de frutos cosechados cuando viraban a rojo.

El diseño experimental fue en bloques completos al azar; en el momento del trasplante se marcaron cinco bloques con 20 plantas por cada tratamiento. En cada bloque se dejaron ocho plantas como bordura y se realizaron las observaciones en las 12 plantas restantes.

## RESULTADOS

A medida que se descendió en el perfil del cultivo, se observó una disminución en la densidad del flujo radiante en todos los tratamientos (Tabla 1). La disminución fue mayor en aquellas plantas que sufrieron un menor bajado. Este comportamiento fue más pronunciado en plantas que fueron bajadas 25 cm (T1) en comparación con las que se bajaron 100 cm (T4), especialmente en horas del mediodía solar.

En las plantas en las que se hizo un menor bajado (tratamientos 1 y 2) se alcanzó el mayor enrollamiento foliar, pero no se observaron diferencias significativas cuando se compararon hojas nuevas y viejas. Los tratamientos 3 y 4 presentan los valores más bajos de enrollamiento, no difiriendo significativamente entre sí el enrollamiento de las hojas nuevas y viejas (Tabla 2).

Las plantas sometidas al tratamiento 1 presentaron una mayor AF y RAF frente al resto de tratamientos. Los tratamientos 1 y 2 produjeron los mayores valores de peso seco sin diferencias significativas entre sí, pero sí frente a los tratamientos 3 y 4 (Tabla 3).

El período de cosecha fue de 126 días, entre el 12 de julio y el 15 de noviembre. Sobre la base del rendimiento por superficie acumulado para cuatro fechas distintas, no se observaron diferencias significativas para los tratamientos estudiados (Tabla 4).

## DISCUSIÓN

Al mediodía solar los rayos inciden sobre el cultivo desde un mayor ángulo de altitud solar, determinando una mayor penetración de radiación en el dosel. En horas de la mañana o de la tarde (10 y 16 h respectivamente), la menor elevación solar determina un mayor grado de obstrucción de la radiación por parte de los niveles superiores de la cubierta, registrándose por lo tanto una menor diferencia en la radiación que llega al suelo en los distintos tratamientos. Las observaciones muestran una mayor penetración de la radiación solar cuando el cultivo sufre un mayor bajado (T4) (Tabla 1). Esto sugiere una mayor in-

TABLA 1

**NIVELES DE RADIACIÓN A DIFERENTES HORAS DE UN DÍA DESPEJADO (11/6/96) EN UN CULTIVO DE TOMATE CON DISTINTOS TRATAMIENTOS DE BAJADO. LOS REGISTROS DE DENSIDAD DEL FLUJO RADIANTE SE REALIZARON A NIVEL DEL SUELO, 50 CM, 100 CM Y EN LA PARTE SUPERIOR DEL DOSEL**

*Radiation levels at different times of a clear day (6/11/96) in a tomato crop lowered to different heights. The measurements of solar radiation were carried out at ground level, at 50 cm and at 100 cm above it and in the top of the canopy*

Tratamientos	Hora solar de observación	(W m <sup>-2</sup> )			
		Nivel del suelo	50 cm	100 cm	Arriba del dosel
1	10	20	26	35	115
	13 (*)	78 A	202	308 a	488
	16	18	27	36	114
2	10	27	33	50	114
	13 (*)	125B	239	343 b	489
	16	28	30	49	111
3	10	29	44	55	115
	13 (*)	174 C	290	429 c	487
	16	26	47	60	114
4	10	39	51	113	113
	13 (*)	241 D	350	487 d	487
	16	40	53	114	114

En las columnas, los tratamientos con la misma letra no difieren significativamente entre sí al nivel del 5 % según el test de Tukey.

*In the columns, the treatments with the same letter differ not significantly at the level of 5% according to the Turkey's test.*

tercepción de la radiación por las hojas situadas en la porción vertical del tallo en plantas que son bajadas con menor intensidad y mayor frecuencia. En este caso siempre se tiene un cultivo cuya altura de dosel tiene entre 175 y 200 cm. En tanto, las plantas que se las baja sólo una vez por mes tienen un dosel cuya altura es de aproximadamente 100 cm, interceptando menos radiación solar y quedando gran parte de las hojas sombreadas en la porción del tallo que se apoya en el suelo (Tabla 1). Un aspecto de importancia que es necesario considerar reside en el mayor número de rotura de tallos en plantas sometidas a bajados frecuentes principalmente en el tratamiento 1 (datos no presentados).

La eficiencia fotosintética de las hojas está modulada por efectos de la adaptación a las condiciones de iluminación (Chamarro, 1995). Así la asimilación de CO<sub>2</sub> por unidad de peso de hojas adaptadas a una iluminación elevada puede reducirse a una tercera parte cuando se exponen a un nivel de iluminación bajo en relación con las que están adaptadas a una iluminación baja (Ludvig, 1974). Puede suponerse entonces que las hojas dispuestas en su posición normal en la planta, cuando se las dispone apoyadas en el suelo, reducen drásticamente su tasa fotosintética. Por otro lado, la fotosíntesis de la cubierta está directamente relacionada con la radiación interceptada por el cultivo (Gaastra, 1965; Atherton y Rudich, 1986), lo que

deja prever una mayor producción en aquellas plantas que interceptan más luz. Sin embargo, en este trabajo no se observaron variaciones en la producción (Tabla 4), ya que los niveles de producción son similares tanto en aquellas plantas que sufrieron un bajado de una vez por mes como en las de una vez por semana. En este comportamiento puede incidir la capacidad fotosintética diferencial de las hojas. En tomate, la actividad fotosintética depende de la edad y posición de la hoja, descendiendo de forma muy importante al iniciarse la senescencia (Peat, 1970). Las hojas que son sombreadas debido al bajado de la planta no incidirían de forma determinante en la producción de asimilados. Además, en lo que respecta a la producción, en el momento del bajado los racimos inferiores han alcanzado prácticamente el tamaño final. Por otro lado, en la medición de radiación al nivel del suelo, no se consideró la intercepción que realizan las hojas dispuestas en la porción horizontal del tallo. De manera que aunque la intercepción de la radiación en las plantas que fueron bajadas 100 cm fue menor que el resto, parte de la fracción de radiación medida a nivel del suelo pudo ser aprovechada principalmente por las hojas dispuestas en la parte superior de la porción del tallo que se apoya en el suelo. Hay que considerar además que las diferencias en la extinción de la radiación entre los diferentes tratamientos fue medida en el momento posterior al bajado, siendo éste el momento de máxima diferencia en el porcentaje de intercepción. Sin embargo, para las plantas que se bajan 100 cm existe un período de tiempo, cuando crecen hasta aproximadamente los 200 cm de altura, en que tendería a igualar o incluso superar la intercepción de los otros tratamientos. Estas consideraciones permitirían explicar, en parte, la no existencia de diferencias significativas en el rendimiento entre los diferentes tratamientos estudiados.

El enrollamiento foliar es un indicio de que en la hoja se acumulan fotoasimilados (Niederhoff *et al.*, 1992), por lo que la fuente produce más de lo que los sumideros consumen. La falta de traslocación de asimilados desde el citosol de las células de las hojas fuente incide mediante un retrocontrol negativo mediado por los fosfatos en el ciclo de Calvin, que hace desviar la producción de los triosa fosfatos hacia almidón, acumulándose finalmente en los cloroplastos (Hay y Walker, 1989). Se observó que este enrollamiento fue mayor en las plantas que interceptaron más luz en el momento del bajado. Esto sugiere la existencia de una correlación entre la intercepción de radiación (Tabla 1) y el enrollamiento foliar (Tabla 2), pero no entre la intercepción de radiación y la producción de frutos (Tabla 4). Ya fue expresado en otros trabajos que el sombreado induce una menor disponibilidad de carbohidratos en plantas de tomate (Pilatti y Paletto, 1996), lo que explicaría en parte por qué en las plantas que más interceptan luz sus hojas aparecen con mayor enrollamiento, mayor AF, PSF y RAF (Tabla 3). Es posible que esta mayor intercepción de la radiación solar no pueda ser expresada en una mayor producción, por no poder distribuir los fotoasimilados a los frutos, quedando de esta forma en las hojas. La falta de traslocación de asimilados hacia los frutos podría deberse a las bajas temperaturas nocturnas de los meses invernales (Pilatti, 1998), que no permitiría una gran actividad de los sumideros durante la noche.

TABLA 2

**ÍNDICE DE ENROLLADO (\*) EN HOJAS DE PLANTAS DE TOMATE SOMETIDAS A LOS CUATRO TRATAMIENTOS. LAS OBSERVACIONES SE REALIZARON EL 15/8/96**

*Rolling index of tomato plant leaves subjected to the four treatments. The observations were carried out the 8/15/96*

Número de hojas en la filotaxis	Tratamientos			
	1	2	3	4
1 a 8	2,6 cA	2,3 cA	1,8 bA	1,1 aA
9 a 16	2,9 cA	2,4 bA	2,1 bA	1,4 aA

(\*) Índice de enrollado (Pilatti, 1998): 0 sin enrollamiento, 5 máximo enrollamiento. En las filas, los tratamientos con la misma letra minúsculas y en las columnas con la misma letra mayúscula no difieren significativamente entre sí al nivel del 5 % según el test de Tukey.

(\*) *Rolling Index (Pilatti, 1998): 0 without rolling, 5 maximum rolling. In the lines, the treatments with the same small letter and in the columns with the same uppercase letter differ not significantly at the level of 5% according to the Turkey's test.*

TABLA 3

**ÁREA FOLIAR (AF), PESO DE LA MATERIA SECA FOLIAR (PSF) Y RAZÓN DE ÁREA FOLIAR (RAF) PARA LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS DE BAJADO DE PLANTAS. LAS MEDICIONES FUERON REALIZADAS EL 15/8/96**

*Leaf area (AF), leaf dry matter weight (PSF) and leaf area ratio (RAF) for the different lowering treatments. The measurements were done on 8/15/96*

Índices estudiados	Tratamientos			
	1	2	3	4
AF(cm <sup>2</sup> )	405,5 a	380,2 b	318,0 c	272,1 d
PSF (g)	1,86 a	1,84 a	1,75 b	1,59 c
RAF (cm <sup>2</sup> /g)	218,7 a	207,5 b	182,2 c	171,0 d

Los tratamientos con la misma letra en la horizontal no mostraron diferencias significativas, según el test de Tukey, para el nivel del 5 %.

*The treatments with the same letter in the horizontal differ not significantly according to the Tukey's test at the level of 5%.*

**TABLA 4**  
**EVOLUCIÓN DEL RENDIMIENTO ACUMULADO (kg m<sup>-2</sup>) DE FRUTOS FRESCOS PARA CUATRO FECHAS (15/8, 15/9, 15/10 Y 15/11) SEGÚN TRATAMIENTOS**

*Evolution of the accumulated yield (kg m<sup>-2</sup>) of fresh fruits for four dates (8/15, 9/15, 10/15 and 11/15) according to the different treatments*

Tratamientos	15/8	15/9	15/10	15/11
1	3,32 a	6,78 a	10,32 a	13,71 a
2	3,41 a	6,81 a	10,28 a	13,32 a
3	3,27 a	6,67 a	10,41 a	13,43 a
4	3,43 a	6,75 a	10,44 a	13,83 a

En las columnas, los tratamientos con la misma letra no difieren significativamente entre sí al nivel del 5 % según el test de Tukey.

*In the columns, the treatments with the same letter differ not significantly to each other at the level of 5% according to the Turkey's test*

## CONCLUSIONES

La frecuencia o intensidad de bajado a que se sometieron las plantas de tomate mostraron diferencias significativas entre sí, en la radiación solar interceptada por la cubierta justo después del bajado, correspondiendo la mayor intercepción a aquellas plantas que fueron bajadas con mayor frecuencia.

No obstante, la diferencia en la radiación solar interceptada no se reflejó en los rendimientos, ya que no se observaron diferencias significativas entre tratamientos.

Debido a estos resultados, al mayor costo de producción y al riesgo de rotura de tallo que implica el bajado de plantas sugieren disminuir la frecuencia de bajado de plantas a costa de incrementar la altura del descenso.

## SUMMARY

### **Effect of plant lowering on the yield of greenhouse cultivated tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.)**

A frequent practice with tomato crops grown in greenhouses in different regions of Argentina consists on lowering the plants when they reach a height that no longer allows an adequate handling of the cultivar. However, this descent of the plants can affect the interception of solar radiation by the canopy and consequently the crop yield. The goal of this work was to determine the effect of both frequency and extent of tomato plant lowering on crop productivity in unheated greenhouses during the winter months.

The experience was carried out with tomato variety Tomy FN144. The treatments consisted in the lowering of plants according to the following approaches: 1) 25 cm per week, 2) 50 cm every 14 days, 3) 75 cm every 21 days and 4) 100 cm every 28 days. In each case, was measured at different heights, inside and above the canopy. Two months after the beginning of the treatments, we observed the degree of leaf rolling, measured the leaf area (AF) and dry matter weight (PSF) and calculated the foliar area ratio (RAF). Fruit production was registered weekly after the harvest, which was carried out when the fruits turned red.

The plants that suffered a smaller and more frequent lowered (25 cm) intercepted more light than the rest. However this did not result into a larger commercial fruit production than the one observed in plants under the other treatments. The results allowed to recommend a descent of 100 cm once a month. We discuss the relationship between the amount of intercepted light and the lack of response in fruit production.

**KEY WORDS:** Tomato  
Crop management  
Solar radiation  
Crop yield

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATHERTON J.G., RUDICH J., 1986. The tomato crop. A scientific basis for improvement. Chapman and Hall Ltd, 661 pp.
- BENOIT F., CEUSTERMANS N., 1981. Energy saving with Hortiplus glass, *Acta Horticulturae*, 107, 59-63.
- BUITELAAR K., 1984. Lichtonderschepping bij tomaat. *Groenten en fruit*, 39, 38-39.
- COCKSHULL K.E., GRAVES C.J., CAVE C.R.J., 1992. The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. *J. Hort. Sci.*, 67, 11-24.
- CHARLES-EDWARDS D.A., 1982. Physiological determinants of crop growth. Academic Press, Sydney, Australia, 161 pp.
- GAASTRA P., 1965. Some physiological aspects of CO<sub>2</sub>-application in glasshouse culture. *Acta Horticulturae*, 4, 111-116.
- HAY R.K.M., WALKER A.J., 1989. An introduction to the physiology of crop field. John Wiley & Sons. New York. 292 pp.
- CHAMARRO J., 1995. Anatomía y fisiología de la planta de tomate. En: El cultivo de tomate. Nuez, F. ed. Mundi-Prensa, Bilbao, España, pp. 43-91.
- LUDVIG L.J., 1974. Effects of light flux density, CO<sub>2</sub> enrichment and temperature on leaf photosynthesis. *Ann. Rep. Glasshouse Crops Res. Int.*, 73, 47-49.
- MONTEITH J. L., 1970. Light interception and radiative exchange in crop stand. En R.C. Dinaner; J. D. Eastin; F.A. Hakins, C.Y. Sullivan y E.H.M. Van Bavel, eds. Physiological aspects of crop yield. *Am. Soc. Agron. and Crop Sci. Amer. Madison, WI*. pp. 89-115.
- NEDERHOFF E.M., KONING A.N.M., RIJSDIJK A.A., 1992. Leaf deformation and fruit production of glasshouse grown tomato. *J. Hort. Sci.*, 67, 420-441.
- PAPADOPOULOS A.P., ORMROD D.P., 1990. Plant spacing effects on yield of the greenhouse tomato. *Can. J. Plan Sci.*, 50, 563-573.
- PEARCE B.D., GRANGE R.I., HARDWICK K., 1993. The growth of young tomato fruit. I. Effects of temperature and irradiance on fruit grown in controlled environments. *J. Hort. Sci.*, 68(1), 1-11.
- PEAT W.E., 1970. Relationships between photosynthesis and light intensity in the tomato. *Ann. Bot.*, 34, 319-328.
- PILATTI R.A., 1995. Cultivos hortícolas bajo invernaderos: principales técnicas. Ed. Hemisferio Sur, 174 pp.
- PILATTI R.A., 1998. El enrollamiento foliar inducido por bajas temperaturas y su relación con la producción de cultivos de tomate en invernaderos. *FAVE*, 12, 43-48.
- PILATTI R. A., PALETTO C. H., 1996. Efecto del mulching y sombreado sobre el agrietado de frutos de tomate cultivados en invernaderos. *Horticultura Argentina*, 15, 12-16.