

HORTICULTURA

Influencia del régimen térmico en el desarrollo foliar del pimiento (*Capsicum annuum* L.) cultivado en campo

J.L. Vidal; R. Budeguer; G. Alderete; E. Romero; J. Rodríguez Rey; M.E. Amado y S. Bas Nas

Cátedra de Fisiología Vegetal, Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán. Av. Roca 1900, San Miguel de Tucumán. jvidal1968@yahoo.com

Recibido: 23/07/09

Aceptado: 10/05/10

Resumen

Vidal, J.L.; Budeguer, R.; Alderete, G.; Romero, E.; Rodríguez Rey, J.; Amado, M.E. y Bas Nas, S. 2010. Influencia del régimen térmico en el desarrollo foliar del pimiento (*Capsicum annuum* L.) cultivado en campo. Horticultura Argentina 29(69): 13-17.

El conocimiento de los efectos de la temperatura en la dinámica del desarrollo de un cultivo permite definir estrategias de manejo capaces de optimizar la productividad. El propósito de esta investigación fue estudiar la influencia del régimen térmico en la dinámica del desarrollo foliar de pimiento cultivado en campo, considerando el período desde la siembra hasta el inicio de la fructificación. El estudio se realizó entre los años 2003 y 2004, en el CEAL del INTA, ubicado en Tucumán, Argentina. Se trabajó con la variedad Fyuco, en un diseño totalmente aleatorizado, considerando como tratamientos, cinco fechas sucesivas de siembra. Se aplicó el manejo típico de la zona a nivel comercial. Se registraron diariamente las temperaturas máximas y mínimas. Para analizar la incidencia de la temperatura,

se dividió al ciclo del cultivo en cuatro períodos. Para cada período y en cada fecha de siembra, se calculó el tiempo térmico (TT) acumulado, considerando una temperatura base (Tb) de 10 °C. El régimen térmico evidenció asociaciones directas, altamente significativas, con la dinámica del número de hojas verdes expandidas por planta y una relación, aunque inversa, con la duración de los distintos períodos fenológicos. El empleo del TT eliminó gran parte de la variabilidad en el desarrollo foliar que se registró al considerar el tiempo cronológico, y a su vez, permitió estimar que para la aparición de las primeras cinco hojas verdes expandidas, criterio fenológico importante para establecer el momento del trasplante, se requiere un TT de 958 ± 96 °C día. Para la aparición de cada nueva hoja fue necesario unos 9 °C día.

Palabras clave adicionales: hojas verdes expandidas, tiempo térmico.

Abstract

Vidal, J.L.; Budeguer, R.; Alderete, G.; Romero, E.; Rodríguez Rey, J.; Amado, M.E. and Bas Nas, S. 2010. Influence of thermal regime in the leaf development of pepper (*Capsicum annuum* L.) grown in field. Horticultura Argentina 29(69): 13-17.

The knowledge of the effects of the temperature in the dynamics of the development of cultivation, allows defining handling strategies able to optimize the productivity. The purpose of this investigation was to study the influence of the thermal regime in the dynamics of the development to foliate of pepper cultivated in field, considering the period from the seedtime until the beginning of the fructification. The study was carried out among the years 2003 and 2004, in CEAL of INTA, located in Tucumán, Argentina. One worked with the variety Fyuco, in a completely randomized design, considering as treatments, five successive dates of sidebar. The typical handling was applied from the area to commercial level. They registered the maximum and minimum temperatures daily. To analyze the inciden-

ce of the temperature, it was divided to the cycle of the cultivation in four periods. For every period and in each sidebar date, the thermal (TT) accumulated time was calculated, considering a temperature bases (Tb) of 10 °C. The thermal regime evidenced direct, highly significant associations, with the dynamics of the number of green leaves expanded by plant and a relationship, although inverse, with the duration of the different phenological periods. The employment of TT eliminated great part of the variability in the development to foliate that it registered when considering the chronological time, and in turn, it allowed to estimate that for the appearance of the first five green expanded leaves, approach phenological important criterion to establish the moment of the trasplant, a TT of 958 ± 96 °C day is required. For the appearance of each new leaf it was necessary about 9 °C day.

Additional keywords: green expanded leaves, thermal time.

1. Introducción

La planta del pimiento (*Capsicum annuum* L.) pertenece a la familia de las Solanáceas y es originaria de la zona meridional de América tropical y subtropical, por lo cual es un cultivo bastante exigente en

temperatura.

En la provincia de Tucumán, la primera etapa del cultivo se realiza en invernaderos para procurar una adecuada protección a las bajas temperaturas y, de esta forma, suministrarle temperaturas óptimas para su crecimiento y desarrollo. La mayor parte de

los frutos de este cultivo se destinan al consumo en fresco y este manejo permite la obtención de un mayor rendimiento y calidad.

La ocurrencia de bajas temperaturas, alrededor de 10 °C, provoca la detención del crecimiento (Gil Ortega, 1991; Pilatti *et al.*, 1991), tomándose la misma como temperatura base, a la hora de calcular el tiempo térmico requerido para el cultivo. El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia del régimen térmico en la evolución de la producción de hojas verdes expandidas en la etapa siembra-trasplante en invernadero y en las etapas posteriores a campo, comparando cinco fechas de siembra térmicamente diferentes.

2. Materiales y métodos

Los ensayos se realizaron entre los meses de julio del año 2003 y enero del año 2004, en el Centro de Experimentación Adaptativa Lules (CEAL) del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), ubicado en la localidad de San Isidro de Lules, Departamento Lules, a unos 16 km de la ciudad de San Miguel de Tucumán, Provincia de Tucumán, Argentina, destacándose esta zona por ser una de las más importantes en producción hortícola primicia del país.

Se trabajó con la variedad Fyuco, recomendada para la producción a campo, en siembras tempranas y de amplia difusión en la zona hortícola tucumana.

La primera fecha de siembra (FS) en almácigo se realizó, en invernadero bajo condiciones térmicas e hídricas controladas, el día 1 de julio; posteriormente se realizaron siembras sucesivas en los días 21 de julio, 5, 19 y 26 de agosto. Los almácigos se realizaron en *speedling* que contenían una mezcla de perlome, mantillo y tierra. El manejo fitosanitario se realizó con productos químicos que se utilizan habitualmente en el manejo comercial, destacándose como fungicida y bactericida al oxiclورو de cobre (tres aplicaciones) a una concentración del 3 ‰, para combatir enfermedades bacterianas del tipo de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (mancha bacteriana), *Pseudomonas solanacearum* (marchitamiento bacteriano) y a importantes enfermedades fúngicas como ser *Botrytis cinerea* (moho gris), *Leveillula taurica* (mildiu pulverulento). También se realizaron dos aplicaciones preventivas de una mezcla de carbendazim al 1,5 ‰ y tiram al 2 ‰, principalmente para combatir al complejo fúngico que produce la enfermedad del *damping off* o mal de los almácigos (hongos de los géneros *Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* y *Fusarium*). También se realizó una adecuada fertilización nitrogenada, sin descuidar la relación N-P-K.

El trasplante a campo se efectuó el día 26 de septiembre para la primera fecha de siembra, y en los días 3, 10, 18 y 25 de octubre para las siguientes fechas de siembra. En todos los casos se tomó en cuenta que la planta a trasplantar tuviese de cinco a

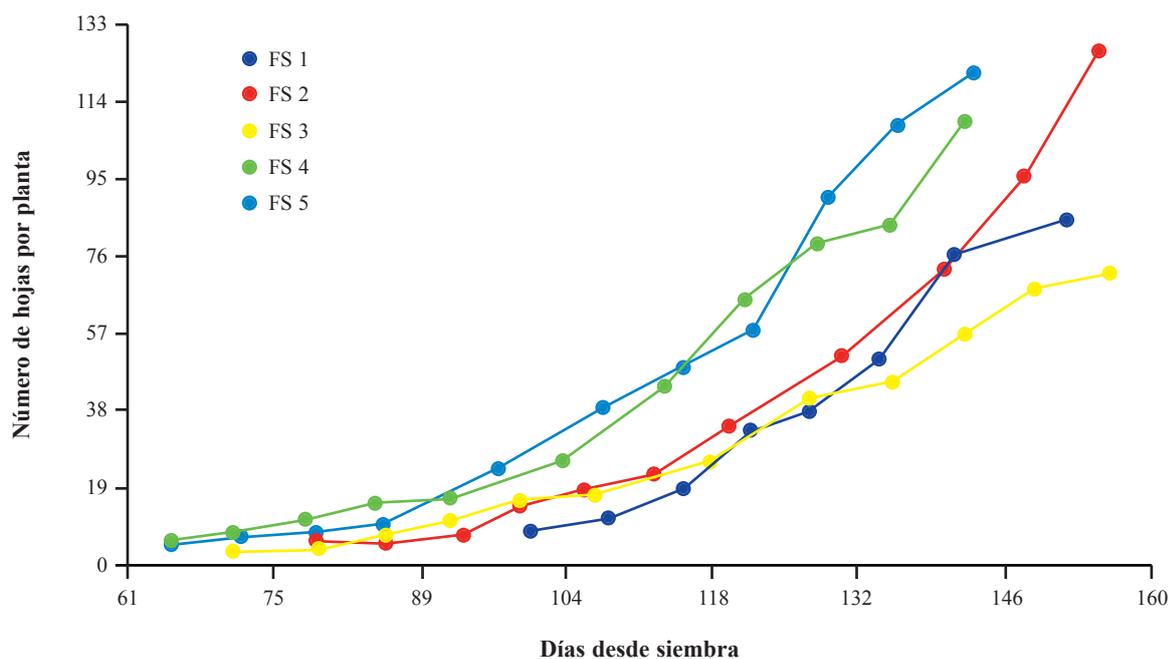


Figura 1. Evolución del número de hojas verdes expandidas por planta, en función del tiempo, considerando las cinco fechas de siembra analizadas.

Tabla 1. Número de días acumulados en el ciclo y número de días por período, entre las fechas de siembra y cada período fenológico.

Período	Fecha 1		Fecha 2		Fecha 3		Fecha 4		Fecha 5	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
ST	100	100	79	79	71	71	65	65	65	65
TF	127	127	113	34	107	36	114	49	97	32
FFR	134	7	131	18	143	36	122	8	115	18
FrF2	152	18	156	25	157	14	143	21	143	28

A: número de días acumulados en el ciclo; B: número de días por período.

temperatura promedio y la temperatura base (Tb). (Miralles *et al.*, 2004; Powers & Mensorley, 2001; Sadras *et al.*, 2000; Ritchie & Nesmith, 1991, citado por Andrade *et al.*, 1996).

$$T_d = T_x - T_{base}$$

ocho hojas verdaderas, y de 5 a 7 cm de altura (Rico Ávila, 1983).

El manejo del cultivo en el campo fue de tipo comercial convencional, utilizando para la distribución de los plantines en el terreno el sistema tres bolillo, con una densidad de 5 plantas·metro lineal, con distancia entre bordos de 1,25 m. Se realizaron riegos por sistema de goteo, siendo este medio por el que se realizó la fertirrigación requerida.

Se utilizó en cada ensayo o fecha de siembra, un Diseño Experimental totalmente aleatorizado con 20 repeticiones, realizándose muestreos periódicos semanales a las plantas elegidas oportunamente.

Se realizaron evaluaciones desde trasplante hasta fruto cuajado de 2 cm de diámetro. Se determinó altura de las plantas, número de hojas, número de flores y frutos, y diámetro del fruto de mayor tamaño.

Se registraron las temperaturas máximas y mínimas diarias desde la germinación, a través de sensores térmicos en el mismo predio, y se complementó con valores de temperatura suministrados por el servicio meteorológico de la EEA INTA Famaillá.

Para evaluar la incidencia de la temperatura, se utilizó la clasificación de Vidal (2007) en referencia al ciclo ontogénico del pimiento en sus primeros estadios, dividiendo al cultivo en cuatro períodos (siembra - trasplante (ST), trasplante - aparición de flor (TF), aparición de flor - aparición de fruto (FFr) y aparición de fruto - presencia de fruto 2 cm de diámetro (FrF2). Se calculó, para cada fecha de siembra y cada período, el tiempo térmico del cultivo, previo empleo de su temperatura base. El modelo más usado para calcular los grados día utiliza la suma de los subtotales diarios, derivado de la diferencia diaria entre la

Donde Td: tiempo térmico en un día [(°C día)/día]; Tx: temperatura media del día (°C); y Tbase: temperatura base (°C).

Los grados día acumulados en un período de n días serían:

$$\sum G D(n) = \sum T_{media}(n) - T_{base}$$

Para evaluar las relaciones entre las variables del crecimiento y, a su vez, entre estos y el régimen térmico se usaron análisis de regresión lineal y no lineal.

3. Resultados y discusión

En la Figura 1 se puede visualizar la evolución en la producción de hojas en función del tiempo.

La evolución del número de hojas a través del ciclo considerado muestra en las FS tendencias similares, hasta aproximadamente los 111 días, en donde se observa un aumento en el promedio de hojas, como así también en la duración del ciclo.

En aquellas FS con similar período de cultivo, se observó una diferencia significativa en el número de hojas verdes expandidas; por ejemplo, la FS 1, que demandó 152 días para este período y la cantidad promedio total de hojas fue de 85. En el período postrasplante, para la misma fecha, las plantas produjeron 76 hojas promedio en aproximadamen-

Tabla 2. Número de hojas verdes expandidas en función del Tiempo Térmico acumulado, para fechas de siembra y cada período fenológico.

Período	FS 1		FS 2		FS 3		FS 4		FS 5	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
ST	9	1.096	7	980	5	920	6	921	5	910,6
TF	39	1.432	23	1.426	18	1.402	44	1.591	24	1.369
FFR	51	1.541	52	1.653	57	1.906	66	1.690	48	1.598
FrF2	85	1.769	127	1.974	72	2.102	109	1.985	120	2.008

A: número de hojas; B: Tiempo Térmico acumulado.

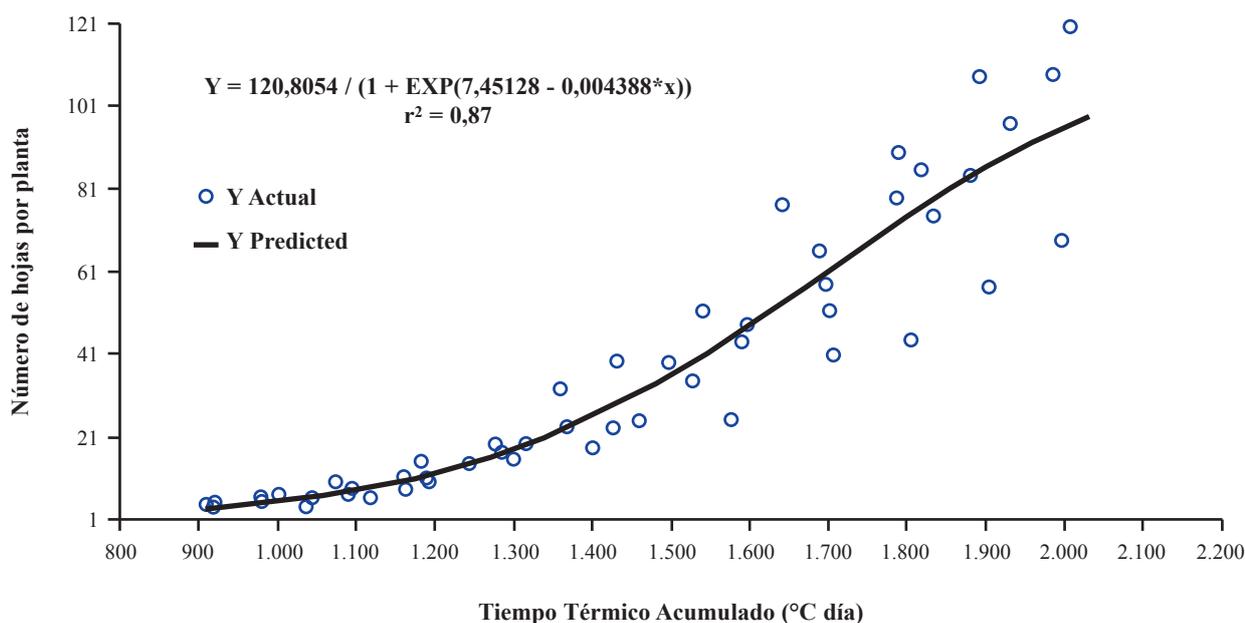


Figura 2. Dinámica de la aparición de hojas verdes expandidas por planta de pimiento var. Fyuco, en función del Tiempo Térmico Acumulado (°C día) para el período estudiado. $Y = 120,8054 / (1 + \text{EXP}(7,45128 - 0,004388*x))$ $R^2 = 0,87$.

te 52 días. Por el contrario, la FS 2 tardó 156 días en completar la totalidad del ciclo de estudio y la cantidad promedio total de hojas fue de 127. Para la etapa del postrasplante, en la FS 2 se formaron 120 hojas en alrededor de 77 días. Para la FS 3, la totalidad del ciclo en estudio se completó en 157 días, llegando a un promedio de 72 hojas por planta. Desde trasplante hasta el fin del ciclo se necesitaron 86 días para lograr un promedio de 68 hojas.

También se observó que existen FS que tardaron 143 días en completar el período de estudio y la cantidad promedio total de hojas fue de 120, como en la fecha 5. En este caso el período del postrasplante se realizó en 78 días y se obtuvieron 115 hojas promedio.

En el caso del número de hojas verdes expandidas por planta, para el último muestreo y comparando las distintas fechas de siembra, el ANVA indica que el coeficiente de variación entre las mismas fue del 21,4 %, manifestando una variación significativa entre las fechas evaluadas. Nuevamente se observa una diferencia altamente significativa entre el número medio de hojas verdes expandidas por planta de las FS 1 y FS 3, con respecto a la FS 4, FS 5 y FS 2.

Analizando la Tabla 1 se observa que debido a la falta de similitud en la duración cronológica de cada fase considerada, este parámetro es insuficiente para explicar los efectos fisiológicos observados en las diferentes fechas de siembra, en concordancia

con lo manifestado por Vidal (2007).

En el momento de analizar el período ST, las plantas presentaban como promedio entre cinco y nueve hojas verdaderas (HV), registrándose un Tiempo Térmico Acumulado (TTA) que varió entre 911 y 1.096 grados día. En el período TF, la FS 4 registró 44 HV y 1.591 grados día y en la FS 5 se produjeron 24 HV en 1.369 grados día. En el período FFR, la FS 4 produjo 66 HV en un TTA de 1.690 grados día y para FS 5 la planta formó 48 hojas promedio con un registro de 1.598 grados día, tomando estos valores como los extremos por fase en la producción de hojas verdes expandidas.

Los resultados obtenidos indicarían que el pimiento Fyuco, al finalizar el período ST, presenta en promedio 6,4 hojas verdes expandidas, con un requerimiento térmico promedio de 958 °C día (Figura 2). En esta fase, para la aparición de la primera hoja, el requerimiento térmico fue de aproximadamente 460 °C día, disminuyendo progresivamente hasta formar la hoja 5 con un requerimiento de 60 °C día.

Al culminar el período TF, se registraron 11 hojas por planta, con un requerimiento térmico acumulado de 1.169 °C día \pm 117 °C día. En esta etapa, el requerimiento térmico promedio para formar una hoja verde expandida es de alrededor de los 40 °C día.

Finalizando la etapa FFR, en promedio se formaron 43 hojas verdes expandidas por planta, re-

quiriendo $1.566 \text{ } ^\circ\text{C día} \pm 157 \text{ } ^\circ\text{C día}$, valor foliar que corresponde al 40 % de las hojas formadas durante el ciclo de estudio. El requerimiento para formar una hoja verde expandida en esta etapa es de $10 \text{ } ^\circ\text{C día}$, tomando este dato como un valor promedio.

Hacia el final del ciclo, las plantas presentaban 108 hojas verdes, requiriendo $2.200 \text{ } ^\circ\text{C día} \pm 220 \text{ } ^\circ\text{C día}$. El requerimiento promedio para formar una hoja verde expandida en esta etapa es de $8 \text{ } ^\circ\text{C día}$.

Miralles *et al.* (2004) y Xinyou & Kropff (1996) señalan que la tasa de aparición de hojas en los vegetales está fuertemente influenciada por la temperatura. Asimismo, Padilla (2005), trabajando con cultivos de maíz, afirma que la velocidad de aparición de primordios foliares y de hojas también está influenciada por la temperatura.

Cárcova *et al.* (2004) manifiestan que las hojas aparecen a un ritmo relativamente constante de tiempo térmico, denominado filocrono. Los resultados mostraron que la velocidad de emergencia de las hojas aumentó con una relación parabólica con el incremento de la temperatura.

4. Conclusiones

Los efectos de la temperatura son de vital importancia en el desarrollo fenológico y en la duración de cada fase del ciclo del pimiento. Este factor ambiental evidenció asociaciones directas en la evolución del número de hojas verdes expandidas producidas por la planta, como así también, en la duración de las etapas fenológicas consideradas. Se estableció que para la aparición de las primeras cinco hojas verdes expandidas, importantes para establecer el momento de trasplante, es necesario un TTA de $958 \pm 96 \text{ } ^\circ\text{C día}$.

Para formar el 40 % de las hojas del ciclo en estudio, se encontró un requerimiento térmico de $1.566 \pm 157 \text{ } ^\circ\text{C día}$, siendo esto de gran importancia para la formación de una estructura foliar de la planta. Posteriormente para la aparición de una hoja es necesario $9 \text{ } ^\circ\text{C día}$.

5. Bibliografía

Andrade, F.; Cirilo, A.; Uhart, S. & Otegui, M. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. Dekalbpress. 15-39.

- Cárcova, J; Abeledo, L. & López Pereira, M. 2004. Cap. 6: "Análisis de la generación del rendimiento: crecimiento, partición y componentes". En: Satorre, E. *et al.*, 2004. "Producción de granos, bases funcionales para su manejo". FAUBA. Orientación Gráfica Editora SRL. Buenos Aires. 75-85.
- Gil Ortega, R. 1991. El pimiento y sus variedades en España. Hortofruticultura. Año III. Edagricole. España; 76-77; 97-105.
- Miralles, D.J.; Windauer, L.B. & Gómez, N.V. 2004. Cap. 5: "Factores que regulan el desarrollo de los cultivos de granos". En: Satorre, E. *et al.*, 2004. "Producción de granos, bases funcionales para su manejo". FAUBA. Orientación Gráfica Editora SRL. Buenos Aires. 62-64.
- Padilla, J. & Otegui, M. 2005. Coordination between Leaf Initiation and Leaf Appearance in Field-grown Maize (*Zea mays*): Genotypic Differences in Response of Rates to Temperature. *Annals of Botany* 96(6): 997-1007.
- Pilatti, R.A.; Pérez, I.; Gariglio, N.F. & Favaro, J. 1991. Cultivo de pimiento en invernáculo no calefaccionado: Tecnología para la obtención de frutos de buena aptitud comercial. FAVE G; 39-45; 59-71.
- Powers, L.E. & Morsorley, R. 2001. Principios Ecológicos en Agricultura. Paraninfo. Thomson Learning. Madrid. España. 103-106.
- Rico Ávila, J. 1983. "Cultivo del pimiento de carne gruesa en invernadero". Publicaciones de extensión agraria, Corazón de María, 8. Madrid-2; 22-23; 97.
- Sadras, V.; Ferreiro, M.; Gutheim, F. & Kantolic, A. 2000. Cap. 2: "Desarrollo fenológico y su respuesta a temperatura y fotoperíodo". En: Andrade, F. & Sadras, V. 2000. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. EEA INTA Balcarce, Facultad de Ciencias Agrarias UNMP. Editorial Médica Panamericana S.A. Argentina. 29-36.
- Vidal, J.L. 2007. Efectos del factor térmico en el desarrollo y crecimiento inicial de pimiento (*Capiscum annuum* L.) cultivado en campo. Tesis de Magister.
- Xinyou, Y. & Kropff, M. 1996. The Effect of Temperature on Leaf Appearance in Rice. *Annals of Botany* 77: 215-221.