

Unidades caloricas acumuladas en un cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo invernadero plástico¹

Heat unit accumulation by a protected tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) crop

María Cecilia Grimaldi^{3,5}, Susana Martínez^{3,5}, Mariana Garbi^{4,5} y Gabriela Morelli⁴

Resumen - Con el objetivo de estimar las unidades caloricas requeridas por un híbrido de tomate larga vida para alcanzar el momento de máximo rendimiento y evaluar el rendimiento total y por categorías comerciales, se condujo un ensayo en la localidad de Abasto, provincia de Buenos Aires, Argentina (34° 58' S, 57° 54' W). El cultivo fue transplantado a un invernadero tipo capilla el 28 de noviembre de 2000, registrándose los momentos de floración y fructificación del 1°, 4° y 7° racimo; el inicio de cosecha; el momento de máxima producción de frutos y la última cosecha. Dentro del invernadero la temperatura del aire (1,50 m) fue computada con una estación meteorológica automática. Con los datos obtenidos se calculó la acumulación calorica (GDA) por el método residual propuesto por Brown, tomando como temperatura base inferior 10°C. El cultivo acumuló 262,70 GD desde el transplante hasta la floración del primer racimo. El máximo rendimiento se obtuvo entre la tercera y la cuarta semana de producción, coincidiendo con la cosecha del cuarto y del quinto racimo, cuando la suma térmica alcanzó 1188 GD.

Palabras claves: grados día, tomate, cultivo protegido, rendimiento

Abstract - With the aim of studying the heat unit accumulated by a long shelf life tomato hybrid to achieve the maximum yield moment and evaluated total yield and yield of commercial categories, a trial was carried out in Abasto, Buenos Aires province, Argentine (34° 58' S, 57° 54' W). The crop was transplanted to a greenhouse on 28th November 2000; registering flowering and fructification of 1st, 4th and 7th trusses, first harvest, maximum yield moment and last harvest. Inside the greenhouse, air temperature (1.50 m) was computed with an automatic meteorological station. Heat unit accumulation was calculated by Brown residual method, considering 10°C as base temperature. The crop accumulated 262.70 GD between transplant and first flowering. Maximum yield was achieved between the third and the fourth production week, with the harvest of fourth and fifth truss, when heat unit accumulation was 1188 GD.

Keys words: heat unit, tomato, protected crop, yield.

Introducción

En la zona hortícola de La Plata, Buenos Aires se cultivan anualmente 550,84 ha de tomate redondo, incluyendo al tomate "común" y "larga vida". De esta superficie 263,15 ha corresponden a cultivo en

invernaderos plásticos, ascendiendo la producción anual a 25.808,43 toneladas (CHBA, 1998). El rápido crecimiento que ha tenido esta forma de producción hace necesario avanzar en el conocimiento de las modificaciones producidas por las coberturas en el ambiente local, así como en el comportamiento de

¹Proyecto "Ecofisiología de Cultivos Protegidos". Climatología y Fenología Agrícolas. Facultad de Cs. Agrarias y Forestales (F.C.A. y F.). Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Calle 60 y 119. CC 31 (1900) La Plata, Argentina. Fax: 54-21-252346. E-mail: clima@ceres.agro.unlp.edu.ar.

²Becaria de Perfeccionamiento UNLP.

³Profesora Adjunta de Climatología y Fenología Agrícolas. FCAyF. UNLP.

⁴Auxiliares docentes Climatología y Fenología Agrícolas. FCAyF. UNLP.

⁵Ex aequo.

los nuevos materiales genéticos, para aprovechar al máximo el potencial de estas estructuras y mejorar la producción en cantidad y calidad.

El tomate es una hortaliza de origen subtropical que presenta una elevada exigencia en temperaturas. CALVERT (1964) consideró como temperaturas óptimas (día/noche) para el cultivo valores entre 20°C y 18°C. El umbral mínimo por debajo del cual se detiene el crecimiento vegetativo se sitúa entre 6°C y 12°C (WARNOCK, 1969; TESI, 1983; RODRIGUEZ *et al.*, 1989) y los límites para la fructificación han sido fijados por FOTI & LA MALFA (1979) entre 10°C y 13°C en el umbral mínimo y 30°C a 35°C en el umbral máximo. Sin embargo, el establecimiento de frutos puede verse interrumpido con temperaturas (día/noche) de 26°C y 20°C, siendo el efecto de las altas temperaturas más deletéreo desde el momento en que las flores se hacen visibles hasta 10 a 15 días después de la floración (LOHAR & PEAT, 1995; WILLITS & PEET, 1998). Para lograr un desarrollo óptimo el tomate debe estar sometido a un cierto termoperíodo. En general, temperaturas diurnas más elevadas que las nocturnas conducen a una mayor producción (SEGINER *et al.*, 1994).

Si bien la temperatura tiene un efecto directo sobre la tasa de desarrollo del cultivo, el estadio alcanzado por la planta está determinado por la suma de temperaturas recibidas o suma térmica, situándose ésta entre 3000°C y 4000°C (FOLQUER, 1979; de KONING, 1990). Este valor requerido para satisfacer determinado estado fenológico es considerado constante e independiente de la localidad y época de cultivo (TORRES RUIZ, 1995; LOZADA, 1997).

Para la región en estudio se ha caracterizado la disponibilidad calórica en diferentes tipos de estructura, su distribución en el perfil vertical así como los requerimientos de diversos cultivares de tomate (ASBORNO *et al.*, 1997; MARTINEZ *et al.*, 1998 a, GARBI, *et al.*, 2000).

Este trabajo tuvo como objetivos estimar las unidades calóricas (GDA) requeridas por el híbrido de tomate F 870 para cumplimentar distintos subperíodos de desarrollo y alcanzar el momento de máxima producción, y evaluar el rendimiento total y por categorías comerciales durante siete semanas de cosecha.

Materiales y metodo

El ensayo se condujo en la "Quinta Demostrativa El Parque" (Convenio Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales) ubicada en la localidad de Abasto, provincia de Buenos Aires, Argentina (34° 58'S, 57° 54'W). Un híbrido de tomate larga vida de hábito de crecimiento indeterminado (F 870, Hazera) fue implantado en un invernáculo tipo capilla de 6 m de ancho, 60 m de largo y 3.50 m de altura en la cumbre, con abertura cenital, cubierto con polietileno LTD de 150 µm y orientado en dirección norte - sur. El cultivo fue transplantado el 28/11/00 a una hilera (0,35 m entre plantas y 1,20 m entre surcos) y las plantas se condujeron a un tallo con hilo. Las prácticas culturales realizadas correspondieron a las comunes para la conducción de los cultivos comerciales de la zona, consistiendo en la eliminación de brotes axilares, raleo a 5 frutos por racimo, fertirrigación y tratamientos fitosanitarios. La temperatura del aire (°C) a 1,50 m fue registrada cada 30 minutos en el interior del invernáculo con una estación meteorológica automática. Con los registros obtenidos se calculó la suma térmica desde el momento del transplante hasta la última cosecha según la fórmula (BROWN, 1975):

$$GD = 0,5 (T.máx. + T.mín) - t. b$$

donde GD es grados-día. T. máx la temperatura máxima, T. mín. la temperatura mínima y Tb la temperatura base (10°).

La cosecha de frutos se inició cuando éstos alcanzaron el estado de madurez pintón, caracterizado por presentar en superficie un porcentaje de rojo mayor a 10% y menor o igual a 30% (MURRAY & YOMMI, 1995) y se continuó hasta completar la cosecha del séptimo racimo. El rendimiento total y por categorías comerciales (g.planta⁻¹) fue determinado semanalmente. La clasificación por categorías se presenta en la Tabla 1.

El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones y 15 plantas por bloque. Los valores de rendimiento fueron sometidos al análisis de la varianza y las medias se compararon por el Test de Tukey (p < 0,05).

Resultados y discusión

En la Tabla 2 se exponen los valores de sumas térmicas requeridas por el cultivar F 870 para

Tabla 1. Clasificación de frutos por categorías según su peso.

Categorías	Peso de frutos
Categoría 1 (C1)	mayor a 200 g
Categoría 2 (C 2)	150 – 200 g
Categoría 3 (C 3)	100 – 150 g
Frutos de descarte (D)	menor a 100g, frutos rajados, deformados, enfermos, etc.

cumplimentar distintos subperiodos de desarrollo. En el período comprendido entre el transplante y la floración el híbrido acumuló 262,70 GD. Este valor es algo menor al que fue determinado por MARTINEZ *et al.* (1998 a) para el híbrido Parador (Bruinsma) que acumuló 267,47 GD en el mismo periodo y que no se diferenció en forma estadísticamente significativa de los otros dos cultivares ensayados oportunamente: FA 144 (Hazera) y Diva (Rogers Seed Co.) con 302,82 y 324,16 GDA respectivamente.

Si bien cada material genético presentó un comportamiento particular, las condiciones de temperatura en los distintos ensayos pueden haber influido en las diferencias observadas, dado que la relación lineal entre la acumulación térmica y la ocurrencia de fases está sujeta a la condición de que se respeten los límites de temperaturas biológicas adecuadas para cada subperiodo (MENDES MASSIGNAM & ANGELOCCI, 1993). Además, determinados procesos del desarrollo, como por ejemplo la floración, dependen puntualmente de la temperatura que se registra en el momento de ocurrencia del proceso (de KONING, 1990).

En general se considera que la integral térmica para el tomate desde nacimiento hasta cosecha es de 3000°C a 4000 ° C, sin embargo, el grado de crecimiento de las plantas no es proporcional a la temperatura expresada en grados centígrados (CASTILLO Y CASTELLVI SENTIS, 1996). Los valores

presentados en este trabajo fueron calculados desde el momento del transplante, sin considerar el período anterior al mismo, expresados en GDA. Asimismo cabe destacar que por razones técnicas el cultivo se implantó aproximadamente un mes y medio más tarde de la fecha normal para la zona, hecho que tuvo su influencia en la suma térmica obtenida.

En ensayos realizados en diferentes años WARNOCK (1973) estimó la suma térmica requerida por un híbrido de tomate para alcanzar distintos estados de desarrollo, utilizando para la estimación un valor de temperatura base de 6° C. Determinando hasta la aparición del 1° racimo una acumulación calórica oscilante entre 540 y 659 GD según el año considerado. Asimismo en los años en que las temperaturas medias para el período considerado fueron mayores, la acumulación calórica del cultivar alcanzó valores más elevados.

La aplicación del cálculo de unidades de calor presenta ciertas limitaciones. Es por ello que existen distintas fórmulas para su estimación aún para la misma especie, no encontrando se uniformidad con respecto a la temperatura umbral. Por otra parte, esta temperatura es considerada constante durante todo el ciclo de la planta, sin tener en cuenta que los valores umbrales varían al hacerlo el estado de desarrollo y edad de las plantas (CASTILLO Y CASTELLVI SENTIS, 1996)

En la Tabla 3 y en el la Figura 1 se presentan los rendimientos de las distintas categorías comerciales, el máximo de producción y la suma térmica para cada semana de cosecha. Los valores máximos de rendimiento total y de la categoría C1 se obtuvieron en la tercera y cuarta semana de producción, coincidiendo con la cosecha del cuarto y quinto racimo, cuando la suma térmica alcanzó 1188 GD. La categoría C2 también presentó su máximo de producción en ese momento, mientras que las categorías C3 y el descarte tuvieron un

Tabla 2. Fecha, suma térmica y temperatura media (°C) para cada subperiodo de desarrollo

Subperiodo de desarrollo	Fecha de ocurrencia	Suma térmica	Temperatura media (°C)
Floración del 1° racimo	14 de diciembre de 2000	262,70	26,2
Fructificación del 1° racimo	21 de diciembre de 2000	343,00	26,1
Floración del 4° racimo	3 de enero de 2001	531,97	25,7
Fructificación del 4° racimo	9 de enero de 2001	638,27	26,2
Floración del 7° racimo	19 de enero de 2001	778,97	26,3
Fructificación del 7° racimo	27 de enero de 2001	901,60	26,4
Primera cosecha	25 de enero de 2001	856,57	
Última cosecha	28 de febrero de 2001	1381,97	

Tabla 3. Rendimiento semanal (g.planta⁻¹) total y por categorías y GDA.

Semana	Rendimiento Total	C1	C2	C3	D	GDA
1°	389 bb	211 ab	133 b	33 ab	13 b	857
2°	541 bb	127 ab	116 b	139 a	148 a	971
3°	706 a	249 a	121 b	134 a	190 a	1085
4°	1022 a	410 a	287 a	156 a	169 a	1188
5°	648 ab	145 ab	120 b	183 a	199 a	1266
6°	324 bc	56 abc	99 b	68 a	93 b	1301
7°	254 bc	69 abc	79 b	37 ab	83 b	1382

Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas por el Test de Tukey ($p < 0,05$).

comportamiento más estable en el tiempo. El rendimiento total disminuyó significativamente en las dos últimas semanas y lo mismo ocurrió con la categoría C1. En el tomate, el rendimiento total es altamente dependiente de los rendimientos parciales de todas las categorías, presentando una elevada correlación con el peso de frutos (MARTINEZ *et al.*, 1998 b). Esto se corrobora en la similitud del patrón de comportamiento del rendimiento total y la categoría de mayor peso de frutos (C1).

Conclusiones

El cultivar F-870 necesitó 1188 GD para alcanzar el pico de producción que se produjo entre la tercera y la cuarta semana de cosecha. El conocimiento de las exigencias térmicas de los materiales vegetales disponibles permite ajustar calendarios de siembra, optimizar técnicas de manejo y predecir momentos de cosecha (WARNOCK, 1973; VIEIRA & CURY, 1997).

Referencias bibliográficas

- ASBORNO, M.; MARTINEZ, S.; GARBI, M. Distribución vertical de las unidades calóricas en tomate LV (*Lycopersicon esculentum*) conducido bajo cobertura plástica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGÍA, 10., 1997. Piracicaba, SP. *Anais...*, Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/ Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidad de São Paulo, 1997. 759 p., p. 12-14.
- BROWN, D.M. **Heat unit for corn in Southern Ontario.** Ontario: Ontario Department of Agriculture and Food, 1975. 4 p.
- CALVERT, A. The effect of air temperature on growth of young tomato plants in natural light conditions.

Journal for Horticultural Science, Londres, v. 39, n. 3, p. 194-211, 1964.

CASTILLO, E; CASTELLVI SENTIS, F. *Agrometeorología*. 1° ed., Madrid: Ed. Mundiprensa, 1996. Cap. 8, Temperatura, p. 185-218.

CHBA. **Censo Hortícola '98. Cinturón Verde del Gran Buenos Aires.** La Plata: Secretaria de Programación Económica y Regional. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos/ Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires, 1998. 170 p.

De KONING, A.N.M. Long term temperature integration of tomato. Growth and development under alternating temperature regimes. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v. 45, p. 117-127, 1990.

FOLQUER, F. **El tomate: Estudio de la planta y su producción comercial.** Buenos Aires: Hemisferio Sur. 1979. Cap 3: Producción comercial. p. 37 - 90.

FOTI, S.; LA MALFA, G. Basi fisiologiche e condizione ambientali nell proceso de fructificazione de *Lycopersicon esculentum* Mill. *Rivista Hortoflorofrutticoltura Italiana* v. 63, p. 170-185, 1979.

GARBI, M.; GRIMALDI, C.; MARTINEZ, S. Invernaderos: estudio de su efecto sobre el régimen

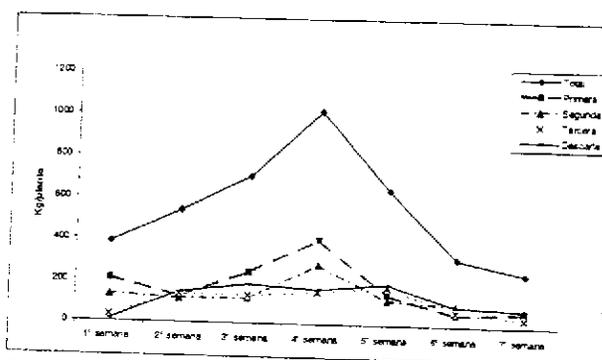


Figura 1. Rendimiento (g.planta⁻¹) total y por categoría comercial para siete semanas de cosecha.

térmico estival en La Plata. **Horticultura Argentina**, La Consulta, v. 19, n. 46, p. 32, 2000.

LOHAR, D.P.; PEAT, W.E. **Floral Characteristics of heat tolerant and heat sensitive tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars at high temperature**. Pokhara, Nepal: Lumle Agricultural Research Centre (LARC), 1995. 7 p. (Technical Article n. 95/5).

LOZADA, B.; ANGELOCCI, L.R. Determinação da temperatura – base e de graus-dia na estimativa de duração dos subperíodos de desenvolvimento do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., 1997, Piracicaba, SP. **Anais...**, Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/ Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidad de São Paulo, 1997. 759 p., p. 9-11.

MARTÍNEZ, S. et al. Estimación de la acumulación calórica de cultivares de tomate larga vida para zonas de clima templado. **Agrícola Vergel**, Valencia, v. 7, n. 204, p. 686-689, 1998 a.

MARTÍNEZ, S. Relaciones del peso y número de frutos con el rendimiento y la calidad en tomate bajo tratamiento de deshoje. **Agro - Ciencia**, Concepción, v. 14, n. 2, p. 201-206, 1998 b.

MENDES MASSIGNAM, A.; ANGELOCCI, L. R. Determinação da temperatura – base e de graus – dia na estimativa da duração dos subperíodos de desenvolvimento de três cultivares de girassol. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 71-79, 1993.

MURRAY, R., YOMMI, A. Aspectos a considerar para un correcto manejo de postcosecha de tomates. In: QUINTAS JORNADAS SOBRE CULTIVOS PROTEGIDOS, 1995. La Plata, **Anales...**, La Plata: Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, 1995. p. 25.

RODRIGUEZ RODRIGUEZ, R., TABARES RODRIGUEZ, J. M., MEDINA SAN JUAN, J.A.

Cultivo Moderno del Tomate. 2. ed, Madrid: Ed. Mundi Prens. 1979. Cap 2: Descripción de la planta, p. 5-19.

SEGINER, I.; GARY, C.; TCHAMITCHIAN, M. Optimal temperature regimes for a greenhouse crop with a carbohydrate pool: a modelling study. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 60, p. 55-80, 1994.

TESI, R. Influencia dei bassi regimi termici nelle colture di pomodoro e zucchini. **Culture Protette**, Bologna, v. 6, p. 17-22, 1983.

TESI, R. **Esigenze termiche delle principali specie coltivate in serra**. Cagliari, 1974. 17 p. Encuentro: Le colture protette nell attuale situazione energética.

TORRES RUIZ, E. 1995. **Agrometeorología**. 1. ed. México: Trillas. 1995. Cap 3: Relación de la temperatura con los cultivos agrícolas. p. 66-81.

VIEIRA, V.; CURY, D.M. Graus-dia na cultura do arroz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., 1997, Piracicaba, SP. **Anais...**, Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/ Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidad de São Paulo, 1997. 759 p., p. 47-49.

WARNOCK, S. L. A linear heat unit sistem for tomatoes in California. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 94, n. 6, p. 677-678, 1969.

WARNOCK, S.L. Tomato development in California in relation to heat unit accumulation. **HortScience**, Alexandria v. 8, n. 6, p. 487-488, 1973.

WILLITS, D.H., PEET, M.M. The effect of night temperature on greenhouse grown tomato yields in warm climates. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 92, p. 91-202, 1998.