

DURACIÓN DEL CICLO BIOLÓGICO Y SUS FENOFASES PARA LA VARIEDAD INCA-17 EN SISTEMAS DE MONOCULTIVO Y POLICULTIVO FUERA DEL PERÍODO ÓPTIMO

María de los A. Pino[✉], Elein Terry, A. León y F. Soto

ABSTRACT. In areas of the Experimental Station of Tapaste, at the National Institute of Agricultural Sciences, a study was carried out to determine the duration of the tomato variety INCA-17 biological cycle and its the different phenological phases in two cropping systems: monoculture at full sun exposure and polyculture using maize as natural shade, with the objective of evaluating phytoclimatical modifications in both systems and plant response to these modifications in each phase. The spatial arrangement for polyculture consisted of two maize rows on both sides of three tomato rows, where maize was seeded 30 days before trasplanting tomatoes and all the rows were oriented N-S. Results showed differences in the duration of crop biological cycle for both sowing periods, which had nothing to do with the average air temperature throughout crop cycle, but with the duration and average air temperature on each particular phase; also, the type of agricultural system caused a differentiated biological plant response through yield and its components. Results proved the convenience of using systems that modify phytoclimate to obtain higher yields than the ones from monoculture plantations in the nonoptimal period.

Key words: tomatoes, off season cultivation, cropping systems, phenology

RESUMEN. En áreas de la Estación Experimental de Tapaste del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, se llevó a cabo este estudio en la variedad de tomate INCA-17, para determinar la duración de su ciclo biológico y de las diferentes fases fenológicas en dos sistemas de cultivo: monocultivo a plena exposición solar y policultivo utilizando al maíz como sombra natural, con el objetivo de evaluar las modificaciones del fitoclima en ambos sistemas y la respuesta de la planta a estas modificaciones en cada una de sus fases. El arreglo espacial utilizado para el policultivo consistió en dos hileras de maíz por ambos lados de tres hileras de tomate, con el maíz sembrado 30 días antes del trasplante y todas las hileras orientadas N-S. Los resultados mostraron que hubo diferencias en la duración del ciclo biológico del cultivo para ambos períodos de siembra, así como que estas no se debían a la temperatura media del aire durante todo el ciclo del cultivo, sino a la duración y temperatura media del aire de cada fase en particular; además, el tipo de sistema agrícola empleado provocó una respuesta biológica diferenciada de la planta expresada a través del rendimiento y sus componentes, lo que evidenció la conveniencia de utilizar sistemas que modifiquen el fitoclima, para lograr rendimientos superiores a los obtenidos en monocultivo en plantaciones fuera del período óptimo.

Palabras clave: tomate, cultivo fuera de estación, sistemas de cultivo, fenología

INTRODUCCION

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) se cultiva hoy desde el trópico hasta el círculo polar ártico y se adapta a un amplísimo rango de condiciones ambientales. Produce las mayores cosechas en ambientes cálidos, sin exposiciones prolongadas a temperaturas inferiores a 10gC y con buena iluminación (1).

En Cuba, se considera como período óptimo para esta hortaliza el comprendido desde el 21 de octubre hasta el 20 de diciembre (2); sin embargo, para la economía

cubana es muy importante que este período se prolongue, con vistas a entregar producciones estables a la población así como al sector del turismo, que tienen una alta demanda del producto durante todo el año.

Es por ello que el conocimiento de la fenología o las fases de desarrollo en el cultivo constituye una herramienta útil para la ampliación de sus áreas de siembra pues permite, tanto al investigador como al productor, proceder en la ejecución de actividades fitotécnicas en los momentos de máximas eficiencias para lograr mayores rendimientos (3).

Se ha demostrado que el sombreamiento puede ser utilizado para el manejo y la manipulación del fitoclima, provocando una modificación del balance de energía en la superficie del suelo, el follaje de los cultivos o en los órganos individuales de las plantas como los tallos, las hojas, flores o los frutos (4), en relación con el cultivo expuesto a plena exposición solar.

Dr.C. María de los A. Pino, Investigador Auxiliar; Ms.C. Elein Terry, Investigador Agregado, Ms.C. A. León, Investigador y Dr.C. F. Soto, Investigador Titular del Departamento de Fitotecnia, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba, CP 32 700.

✉ angeles@inca.edu.cu

En el presente estudio se describe la influencia de la temperatura del aire en la duración del ciclo biológico y las diferentes fenofases del cultivo del tomate variedad INCA-17, teniendo en cuenta dos sistemas de cultivo: monocultivo a plena exposición solar y policultivo utilizando al maíz (*Zea mays* L.) como sombra natural en los períodos de siembra temprana y tardía.

MATERIALES Y MÉTODOS

En las áreas de campo de la Estación Experimental de Tapaste, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, se llevó a cabo el estudio sobre un suelo Ferralítico Rojo Compactado (5).

En diez experimentos de campo, cinco para el período temprano (agosto-septiembre) y cinco para el período tardío (enero-febrero), se evaluaron la duración del ciclo biológico y las fases del cultivo del tomate variedad INCA-17 en dos sistemas de plantación: monocultivo a plena exposición solar y policultivo utilizando al maíz como sombra natural sembrado 30 días antes del trasplante y el empleo del arreglo espacial de dos hileras de maíz por ambos lados de tres hileras de tomate.

La duración del ciclo biológico se evaluó desde la siembra hasta la senescencia y las fases se dividieron en cuatro:

- ⇒ fase de siembra a trasplante (FS-FT)
- ⇒ fase de trasplante a 50 % de la floración (FT-50 % F)
- ⇒ fase del 50 % de la floración a maduración masiva (50 % F-MM)
- ⇒ fase de maduración masiva a senescencia (MM-S).

Se creó una base de datos meteorológicos diarios que incluyó los dos períodos de siembra analizados en la fase experimental, de la cual se calculó la temperatura media del aire (gC) para cada fenofase, mediante el sistema para el manejo y la recuperación de la información meteorológica (SIMRIM) (6).

La variedad de tomate empleada fue INCA-17, con hábito de crecimiento determinado intermedio y con características de adaptación climática para los períodos en estudio, trasplantada en el policultivo a los 30 días de sembrada la variedad de maíz «Francisco» mejorada, caracterizada por ser una variedad de porte alto, que llega a alcanzar una altura en el período temprano de 2.65 m y en período tardío de 2.8 m con un ciclo de 120 días.

La distancia de plantación fue de 0.90 por 0.30 m. Las parcelas tuvieron una superficie de 382.5 m² con un largo de 25 m y un ancho de 15.3 m en el tratamiento de policultivo y en el de monocultivo, 135 m² con 25 m de largo y 5.4 m de ancho.

En todos los experimentos para el cultivo del tomate, se utilizó el método de trasplante con plantas producidas en semilleros tradicionales a raíz desnuda. Las atenciones culturales, en cuanto a fertilización, se realizaron con adecuaciones a los diferentes sistemas de cultivo evaluados a partir de los instructivos técnicos de tomate y maíz.

En la superficie de cálculo de cada parcela, se evaluaron 40 plantas de tomate al azar, con una frecuencia semanal a partir del mes de trasplantado y hasta el momento de la cosecha; las evaluaciones realizadas consistieron en:

- ☞ número de racimos por planta
- ☞ número de flores por planta
- ☞ número de flores por racimo
- ☞ número de frutos por racimo
- ☞ número de frutos por planta
- ☞ masa promedio de los frutos (g)
- ☞ rendimiento (t.ha⁻¹).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla I, se muestra que para el período temprano el ciclo de la variedad INCA-17 tuvo una duración de 110 días, mientras que en el período tardío la duración fue de 97 días; aquí se destaca la reducción del ciclo en este período en relación con el período temprano, comparado con el período óptimo de 108 días (7).

Tabla I. Duración del ciclo biológico y las fases fenológicas para ambos períodos de siembra

Fases	Período temprano		Período tardío	
	(fases)	(días)	(fases)	(días)
FS-FT	1-28	28	1-34	34
FT-50 % F	29-56	27	35-63	28
50 % F-MM	57-101	44	64-91	27
MM-S	102-113	11	92-100	8
Ciclo		110		97

Esto se explica debido a que las plantas en el período temprano, no se encuentran en condiciones favorables en el momento de siembra-trasplante, que se enmarca en los meses de agosto-septiembre y posteriormente se adentran en el llamado período óptimo a partir del 21 de octubre hasta el 20 de enero, lo que hace que ambos períodos prácticamente se solapen y las diferencias que existan en la temperatura media del aire durante todo el ciclo sean muy pocas; además, esto beneficia la fase crítica (floración-fructificación) del cultivo, para que se desarrolle favorablemente, teniendo en cuenta el efecto que sobre ella ejercen los factores meteorológicos y elementos climáticos.

En el caso del período tardío, las plantas comienzan con su semillero y trasplante en los meses más fríos del año para las condiciones de Cuba (enero-febrero) y posteriormente se adentran en meses donde las temperaturas comienzan a ascender con rapidez, lo cual afecta la fase de floración anteriormente mencionada.

La temperatura media del ciclo del tomate durante el período temprano tuvo un valor de 24.1gC, el cual se encuentra dentro del rango considerado como óptimo de 16-25gC (8).

Sin embargo, cuando se analiza este mismo aspecto en el período tardío, se observa una reducción en la duración del ciclo biológico del cultivo de 13 días, comportándose la temperatura media durante el ciclo con valores de 22.0gC, la cual también se encuentra dentro del rango de las comprendidas como óptimas. Esto pudiera parecer una contradicción, porque lo que define las diferencias en la duración del ciclo biológico no es precisamente la temperatura media a lo largo de todo el ciclo, sino las temperaturas medias que ocurren durante las

diferentes fases del cultivo, que determinan la duración de cada una de ellas y sus consecuentes implicaciones en la biología del cultivo, como se observa en la Figura 1.

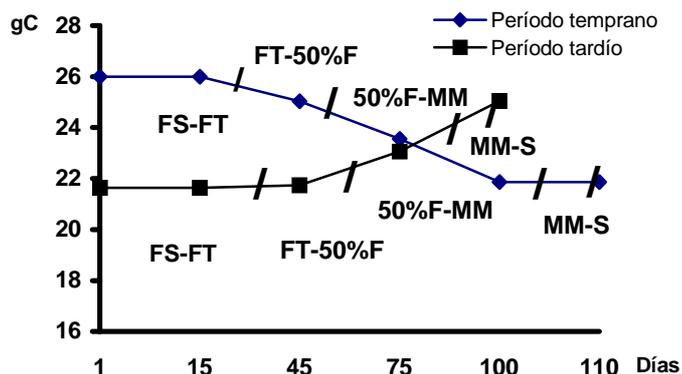


Figura 1. Relación entre la duración de las fenofases y la temperatura media del aire en los períodos temprano y tardío para el sistema de monocultivo

La fecha de siembra tiene una gran influencia en la duración del ciclo biológico de los diferentes cultivares de tomate, ocurriendo una reducción del ciclo biológico en el período tardío en relación con el período temprano (7).

Las primeras fases de la siembra al 50 % de la floración tuvieron una duración de 55 días durante el período temprano con una temperatura de 25gC, lo que provocó que la planta tuviera un buen desarrollo foliar en un período más corto comparado con el período tardío.

Estas fases durante el período tardío tuvieron una duración de 62 días con una temperatura promedio de 21gC; esto parece ser lo que provocó que la planta no tuviera un buen desarrollo foliar y que se adelantara la subfase de floración, lo que está en concordancia con el planteamiento (8) de que cuando las temperaturas son subóptimas, puede adelantarse la floración con respecto a las plantas cultivadas a 25gC y, al mismo tiempo, el número de hojas antes de la primera inflorescencia se reduce a casi la mitad.

Posteriormente, la fase reproductiva tuvo una duración de 56 días para el período temprano, con una temperatura de 22gC, lo que permitió que el fruto tuviera un adecuado desarrollo, ya que contaba con un buen suministro de fotoasimilatos provenientes de las hojas y de los movilizados a partir de las reservas (9).

Por el contrario, en el período tardío, la fase reproductiva se acortó con una duración de 35 días y una temperatura de 25 gC, la cual no se encuentra dentro de las comprendidas como óptimas para esta fase que es de 19-24 gC (1), lo que no permitió el tiempo suficiente ni las condiciones adecuadas para lograr un buen desarrollo del fruto, además de que estos no contaron con un suministro apropiado de fotoasimilatos, debido al pobre desarrollo foliar alcanzado en la fase vegetativa.

Se ha demostrado que existe influencia del período de siembra sobre el plazo en que ocurren las diferentes fenofases en tomate y, a su vez, de las marcadas diferencias de la duración de la fase reproductiva, al ser

comparadas en tres períodos de siembra: óptimo, tardío y primavera-verano (2, 7).

Este comportamiento de la duración de las fases y la influencia de la temperatura media del aire sobre ellas, entre otros factores, en los dos períodos de siembra analizados, mostró que existió finalmente una afectación en el rendimiento del cultivo, aunque en el período temprano existieron 3 t.ha⁻¹ de tomate a favor, en relación con el rendimiento en el período tardío; esto evidenció la importancia de contar con un sistema de cultivo, que permitió mejorar las condiciones de fitoclima en que se desarrollaron las plantas durante la fase crítica de floración-fructificación en ambos períodos de siembra, resultados que se presentan a continuación.

Como se observa en la Figura 2, la duración del ciclo biológico y las fases del cultivo no difirieron entre el sistema de policultivo y el de monocultivo; sin embargo, las diferencias se presentaron en los valores de la temperatura media del aire y la respuesta de la planta a estas diferencias, debido a las modificaciones provocadas en el fitoclima por la sombra del cultivo del maíz.

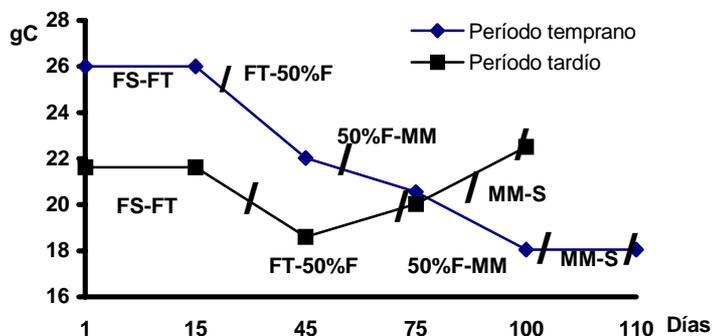


Figura 2. Relación entre la duración de las fenofases y la temperatura media del aire en los períodos temprano y tardío para el sistema de policultivo

Las primeras fases de la siembra al 50 % de la floración durante el período temprano, registraron temperaturas de 24.01 gC, provocándose en la planta un buen desarrollo foliar y un buen comportamiento en el número de flores por planta y cuajado de los frutos, como puede observarse en la Tabla II. Para obtener una alta producción por hectárea de tomate de óptima calidad, se requiere primero desarrollar rápidamente un gran volumen de área foliar, para que los frutos capturen y usen la energía solar en función de obtener mayores reservas (10).

Estas fases durante el período tardío presentaron temperaturas promedio de 20.1gC, que unido a que en estos meses en esta zona del país se presenta el mínimo de iluminación, provocaron que la planta no tuviera un buen desarrollo foliar, ya que se conoce que cuando este último factor es disminuido, se afecta la velocidad de iniciación de la hoja, lo que induce a un aumento en la elongación de los tallos y provoca que estos sean más delgados y débiles (9); sin embargo, estas condiciones de temperatura imperantes favorecieron la floración-fructificación con respecto a lo ocurrido en el monocultivo sin protección.

Tabla II. Valores promedio del rendimiento y sus componentes para los dos sistemas en los períodos temprano y tardío

	Número de racimos/planta	Número de flores/planta	Número de flores/racimo	Número de frutos/racimo	Número de frutos/planta	Masa promedio de frutos (g)	Rendimiento (t.ha ⁻¹)
Período temprano							
Monocultivo	5.06	10.24	2.02	1.43	8.3	67.30	17.11
Policultivo	5.66	17.51	3.09	3.02	15.45	64.40	23.00
Período tardío							
Monocultivo	4.00	8.32	1.48	1.24	7.28	65.88	14.37
Policultivo	5.04	15.53	3.13	2.56	12.94	62.79	21.38

Posteriormente, en la fase reproductiva durante el período temprano, la temperatura media promedio presentó valores de 19.3 gC, encontrándose en el rango de la considerada como óptima para esa fase (19-24 gC), lo que permitió que el fruto se desarrollara en mejores condiciones fitoclimáticas y que contara con una buena cantidad de fotoasimilatos recibidos de las hojas.

Por el contrario, en el período tardío, la fase reproductiva presentó valores de temperatura de 21.27 gC. Ellas influyeron en que se lograra un mayor número de frutos que en las condiciones de monocultivo, pero la planta no contó con un buen desarrollo vegetativo como almacén de sustancias de reserva para un posterior desarrollo de dichos frutos, por lo que el rendimiento final del cultivo se vio afectado en comparación con el obtenido durante el período temprano.

Se ha planteado (11) que los frutos en el período no óptimo presentan menos tamaño y masa promedio, y representan un adelanto en su proceso de maduración, lo cual se hizo evidente en los resultados mostrados en la Tabla II, donde aparece la masa promedio de los frutos para ambos períodos de siembra, que comparados con el de 80 g resultaron inferiores para la variedad INCA-17 (12). Lo encontrado demuestra la importancia de que las diferentes fases del cultivo se desarrollen con niveles de temperatura óptimos.

Al caracterizarse las diferentes fechas o períodos de desarrollo del cultivo del tomate en Cuba, se planteó (13) que durante el período temprano, las temperaturas se comportaban altas al inicio e irían disminuyendo gradualmente, por lo que la planta tendría un buen desarrollo vegetativo en un período más corto y un beneficio en su fase reproductiva, mientras que en el período tardío las temperaturas al inicio serían más frescas, aumentando gradualmente durante el desarrollo del cultivo y provocando que los rendimientos no fueran favorables.

Todo lo anterior se vio reflejado en el rendimiento alcanzado con la aplicación de este sistema, donde el manejo de las condiciones del fitoclima a través de la utilización de la sombra natural del maíz, influyó de manera positiva en aquellos caracteres principales que definen el rendimiento del tomate, como son el número de flores por planta y por racimo, el número de frutos por planta y por racimo (14).

En general, se observaron las diferencias que se presentaron tanto entre la duración de las fases como del ciclo biológico en los dos períodos analizados, así como la respuesta de la planta a través del rendimiento y sus componentes, cuando esta se vio favorecida con un sistema de protección independientemente del período de siembra, lo que permitió una complementación fisiológica que se manifiesta en policultivos compuestos de especies que utilizan procesos fotosintéticos C4 y C3, ya que el primer

tipo de especie se adapta, a menudo, mucho mejor a los ambientes bien soleados a través de sus doseles, mientras que los últimos se adaptan mejor a condiciones más sombreadas (15).

REFERENCIAS

1. Nuez, F.; Yacer, G. La horticultura española. Ed. De Horticultura, S.L. Mundi-Prensa Libros, S.A. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas, SECH. 2001. p.491.
2. Gómez, O.; Casanova, A.; Laterrot, H. y Anais, G. Mejora genética y manejo del cultivo del tomate para la producción en el Caribe. La Habana. Cuba. 2000. 159 p.
3. Nuez, F. El cultivo del tomate. Madrid:Ed. Mundi-Prensa. España. 1995. 793 p.
4. Pino, M. de los Á. Modificación de la productividad del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fuera del período óptimo utilizando al maíz como sombra natural. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana.. 2001. 104 p.
5. Cuba. Ministerio de la Agricultura. Instituto de Suelos. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. La Habana:Agrinfor, 1999. 64 p.
6. Pérez, A., Florido, R. y Caballero, A. Sistema para el manejo y recuperación de la información meteorológica (SIMRIM). *Cultivos Tropicales*, 1998, vol. 19, no. 1, p. 65-66.
7. Verde, G. Ciclo biológico y fases fenológicas en el cultivo del tomate. Tesis de Maestría. ISCAH. 2000.
8. Cuartero, J. Tomate para consumo fresco. Madrid:Ed. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas, Mundi Prensa. 2001.
9. Chamarro, J. Anatomía y fisiología de la planta. En: El cultivo del tomate. Madrid:Ed. Mundi Prensa. 1995.
10. Línea de fertilizantes especializados Champion. Fundamentos básicos de nutrición vegetal aplicados a la producción de hortalizas. Tomate. 1999.
11. Sam, O. e Iglesias, L. Caracterización del proceso de floración-fructificación en variedades de tomate en dos períodos de siembra. *Cultivos Tropicales*, 1994, vol. 15, no. 2, p. 34-43.
12. Morales, C. /et al./ Caracterización de un grupo de cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) para consumo fresco. *Cultivos Tropicales*, 1997, vol. 18, no. 1, p. 66-70.
13. Canasova, A. Manejo del cultivo del tomate. En: Mejora genética y manejo del cultivo del tomate para la producción en el Caribe. La Habana, 2000. 159 p.
14. Domini, M. E. y Moya, C. Estimados de correlaciones y coeficientes de sendero en diferentes períodos de siembra en el cultivo del tomate. *Cultivos Tropicales*, 1997, vol. 18, no. 3, p. 63-65.
15. Libman, M. Los Policultivos. URL:www.cied. peru.org., 2001.

Recibido: 3 de mayo del 2002

Aceptado: 25 de septiembre del 2002