

GENOTIPOS DE TOMATE EN POLICULTIVO CON MAÍZ Y EL EFECTO DE LA ORIENTACIÓN DE LAS HILERAS NORTE-SUR Y ESTE-OESTE

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

ABSTRACT. The present work had the objective of testing different tomato genotypes in polyculture systems, as well as protecting the crop from adverse climatic conditions, that appear in the nonoptimal period, through natural shade, considering row direction in respect to sunrise and sunset, so that a shade effect capable to modify phytoclimate system level takes place. Lignon, INCA-17 and INCA9-1 genotypes of determinate growth were seeded in polyculture and monoculture arranged in two maize rows on both sides of three tomato rows, where maize was seeded 30 days before transplanting tomatoes and orienting rows N-S and E-O during the early and late sowing periods. Results showed that even for climatically adapted genotypes, the application of polyculture system is valid, reaching tomato yields between 21.78 and 23.00 t.ha⁻¹, additional soft maize yields of 5.72 and 7.04 t.ha⁻¹ for the late and early periods respectively, that allowed to increase the total production of the system.

Key words: tomatoes, companion crops, protective plants, shade, seed drilling

RESUMEN. El presente trabajo tuvo como objetivo probar diferentes genotipos de tomate en los sistemas de policultivo y a su vez proteger al cultivo de las condiciones climáticas adversas que se presentan fuera del período óptimo a través de sombra natural, teniendo en cuenta la orientación de las hileras con respecto a la salida y puesta del sol, de manera tal que se produzca un efecto de sombra capaz de modificar el fitoclima a nivel de sistema. Para ello se utilizaron los genotipos Lignon, INCA-17 e INCA 9-1, todos de crecimiento determinado, los cuales se sembraron en policultivo y monocultivo en un arreglo espacial de dos hileras de maíz por ambos lados de tres hileras de tomate con el maíz sembrado 30 días antes del trasplante y las hileras orientadas N-S y E-O durante los períodos de siembra temprano y tardío. Los resultados mostraron que aún para variedades adaptadas climáticamente es válida la aplicación del sistema de policultivo, alcanzándose rendimientos de tomate que oscilaron entre 21.78 y 23.00 t.ha⁻¹ y rendimientos adicionales de maíz tierno de 5.72 y 7.04 t.ha⁻¹ para los períodos tardío y temprano respectivamente, que permitieron incrementar la producción total del sistema.

Palabras clave: tomate, cultivos asociados, plantas protectoras, sombra, siembra en hileras

INTRODUCCIÓN

La utilización de diferentes genotipos en sistemas de asociaciones de cultivos es un tema aún muy poco estudiado, como lo es también la respuesta de las asociaciones de cultivos con diferente porte de crecimiento, respecto a si las hileras se orientan norte-sur o este-oeste.

Otro problema que se presenta es la respuesta de los genotipos cuando son sembrados fuera de su período óptimo; en el caso del tomate, la mayoría de las variedades actuales han sido mejoradas y desarrolladas para producir en zonas templadas. Ellas presentan problemas para fructificar si las temperaturas durante la noche y el día llegan a 23 y 30°C respectivamente y tales condiciones se encuentran a menudo en los trópicos, lo que trae

como consecuencia que el tomate sea un cultivo difícil de desarrollar (1).

Los investigadores dedicados a trabajar sistemas de cultivos múltiples o policultivos buscan variedades con estos fines. Las investigaciones tienden a evaluar programas independientes de mejoramiento para cada cultivo, teniendo en cuenta la ocurrencia de interacciones significativas entre genotipos y sistemas de cultivos, realizándose dichas mejoras en condiciones muy semejantes a las empleadas en la producción (2).

Es muy difícil especular sobre el potencial genético de los cultivos en asociación, ya que se conoce que en asociaciones de maíz y frijol existen genotipos que por separado no son capaces de expresar su potencial de rendimiento, así como que no todos los genotipos admiten la asociación y se detecta un efecto competitivo perjudicial que se manifiesta en un detrimento en el rendimiento, ya sea de uno de los cultivos o de ambos (2). Por otra parte, las actuales variedades mejoradas fueron desarrolladas para sistemas de monocultivo, por lo que no se puede afirmar que las variedades óptimas para monocultivo lo serán también para la asociación.

Dr.C. María de los A. Pino, Investigador Auxiliar; Ms.C. Elein Terry, Investigador Agregado 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

De ahí la importancia que tiene probar diferentes genotipos en los sistemas de policultivo y a su vez el proteger de las condiciones climáticas adversas que se presentan fuera del período óptimo al cultivo a través de sombra natural, teniendo en cuenta la orientación de las hileras con respecto a la salida y puesta del sol, de manera tal que se produzca un efecto de sombra capaz de modificar el fitoclima a nivel de sistema.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para alcanzar los objetivos propuestos, el estudio se desarrolló en áreas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) a 138 m sobre el nivel del mar, en San José de las Lajas, provincia La Habana, Cuba.

El suelo utilizado se clasifica como Ferralítico Rojo compactado (3).

Se desarrollaron dos experimentos durante dos años con siembras de semillero en los meses de agosto y enero y trasplante en septiembre y febrero (períodos temprano y tardío, respectivamente).

Para ello se emplearon los siguientes genotipos, de los cuales se presentan algunas de sus características fundamentales:

Tabla I. Características de los genotipos empleados

	LIGNON	INCA-17	INCA 9-1
Origen	Cuba	Cuba	Cuba
Adaptación	Húmedo-caliente	Húmedo-caliente	Húmedo-caliente
Hábito de crecimiento determinado	Compacto	Intermedio	Abierto
Forma del fruto	Redondo aplastado	Redondo achatado	Redondo
Tamaño del fruto	Mediano	Mediano	Pequeño
Cobertura	Buena	Buena	Buena

Fuente: (4, 5, 6)

Se utilizó el arreglo espacial de dos hileras de maíz por ambos lados de tres hileras de tomate, con el maíz sembrado 30 días antes del trasplante; se empleó la variedad de maíz Francisco mejorada, caracterizada por ser una variedad de porte alto, llegando 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. Los tratamientos aparecen a continuación por experimentos:

Experimento 1

- ⇒ policultivos de Lignon, INCA-17 e INCA 9-1
- ⇒ monocultivos de Lignon, INCA-17 e INCA 9-1
- ⇒ monocultivo de maíz.

Todos con orientación de las hileras N-S.

Experimento 2

- ⇒ policultivos de Lignon, INCA-17 e INCA 9-1
- ⇒ monocultivos de Lignon, INCA-17 e INCA 9-1
- ⇒ monocultivo de maíz.

Todos con orientación de las hileras E-O.

Los tratamientos se asignaron aleatoriamente a las unidades experimentales en franjas, en las que se seleccionaron puntos que obedecían a muestreos estratificados.

La distancia de plantación empleada 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 los tratamientos de policultivos y en los de monocultivos 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 los cultivos de tomate y maíz.

En la superficie de cálculo de cada arreglo espacial, se evaluaron 40 plantas al azar del cultivo del tomate 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 (no. R/pta.)
- ★ número de flores por planta (no. Fl/pta)
- ★ número de flores por racimo (no. Fl/r)
- ★ número de frutos por racimo (no. Fr/r)
- ★ número de frutos por planta (no. Fr/pta)
- ★ masa promedio de los frutos (g) (m.pro.fr)
- ★ rendimiento (t.ha⁻¹) (rto).

Para evaluar el fitoclima, se midieron la radiación incidente (kw/m²) y la temperatura del aire (gC) dentro del sistema por debajo del follaje del maíz y por encima de las plantas de tomate, en tres puntos aleatorios en cada franja en la fase de floración-fructificación del cultivo en tres momentos del día (9:00 am, 12:00 m y 3:00 pm de acuerdo con el meridiano de Greenwich) en la orientación N-S y E-O así como en el monocultivo, para lo cual se utilizaron el piranómetro y el sicrómetro de aspiración.

Se realizó el Análisis de Componentes Principales, utilizando como variables el rendimiento y sus componentes y como individuos los genotipos en policultivo y monocultivo en los dos períodos de siembra. Para corroborarse si el agrupamiento formado era efectivo o no, se realizaron Análisis Discriminantes (7).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla II aparecen los valores y vectores propios del análisis de componentes principales, realizados a los diferentes genotipos en las siembras tempranas y tardías. Las dos primeras componentes explicaron el

86.11 % de la variabilidad total, correspondiendo a la primera el 64.23 % y a la segunda el 21.48 %.

Tabla II. Valores y vectores propios

	C ₁	C ₂
Valores propios	5.17	1.72
% de contribución	64.63	21.48
Total		
% acumulado	86.11	
Vectores propios		
Número de racimos/planta	-0.590	-0.705
Número de flores/planta	-0.958	-0.049
Número de flores/racimo	-0.714	0.385
Número de frutos/racimo	-0.830	0.377
Número de frutos/planta	-0.937	-0.038
Masa promedio de frutos (g)	0.299	0.890
Rendimientos	-0.954	0.187

La primera componente C₁ está determinada por el número de flores por planta y por racimo, el número de frutos por planta y por racimo, y el rendimiento. La segunda componente C₂ está determinada por el número de racimos por planta y la masa promedio de los frutos.

En general, se puede plantear que respecto al rendimiento de estos tres genotipos que se analizan, las variables de floración-fructificación son las que mayor peso ejercen sobre el rendimiento.

En este análisis a diferencia de los anteriores, la masa promedio de los frutos se ubicó en la componente C₂, lo que pudiera estar dado por la diferencia que existe en el tamaño de los frutos de los genotipos empleados, ya que en los genotipos intermedio y compacto la mayoría de los frutos son medianos, mientras que en el genotipo abierto los frutos son pequeños.

La distribución de los genotipos se observa en la Figura 1; en el grupo I se encuentra el policultivo del genotipo abierto con orientación de las hileras N-S en ambos períodos de siembra. Estos dos individuos presentaron los mejores resultados en cuanto al número de flores por planta y por racimo, número de frutos por planta y por racimo, y rendimiento.

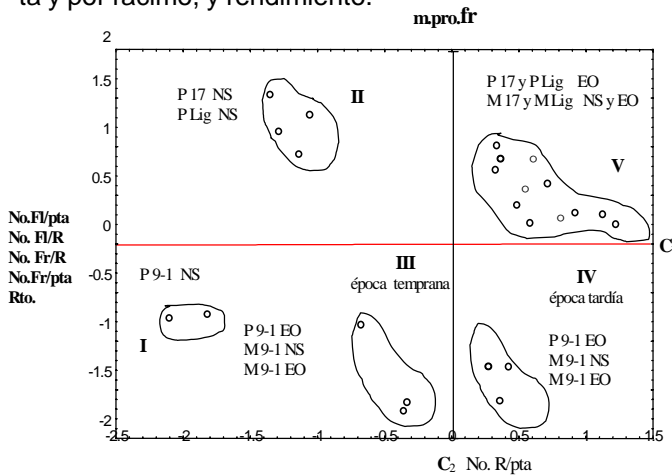


Figura 1. Representación gráfica del componente principal para los genotipos y las orientaciones de las hileras

El grupo II lo integran los policultivos de los genotipos intermedio y compacto de ambos períodos de siembra con orientación de las hileras N-S. Estos se caracterizan por poseer una mayor masa promedio de los frutos y buenas características en cuanto a las variables que definen el eje C₁.

Los grupos III y IV se caracterizan por tener una menor masa promedio de los frutos y un mayor número de racimos por planta. En ambos está presente el policultivo y monocultivo del genotipo abierto INCA 9-1, con orientación de las hileras E-O y el monocultivo del mismo genotipo con orientación N-S.

Los policultivos de los genotipos compacto e intermedio orientados E-O y sus respectivos monocultivos orientados N-S y E-O en los períodos temprano y tardío se encuentran en el grupo V, caracterizado por poseer una mayor masa promedio de los frutos y menores valores en el resto de las variables.

Se observa que los grupos donde aparecen los policultivos con orientación de las hileras N-S tendieron a presentar las mejores características que definían la componente C₁, mientras que los policultivos con orientación de las hileras E-O tendieron a concentrarse hacia la derecha del eje X, con excepción del policultivo del genotipo abierto en período temprano.

El análisis discriminante reflejó un 100 % de clasificación dentro de los grupos de individuos, lo que corrobora lo obtenido en el Componente Principal.

Analizando la Tabla III de las medias de las variables para cada grupo, se observa de manera general que en los que estuvo presente el genotipo abierto, el número de racimos por planta fue superior al resto (grupos I, III y IV), así como la masa promedio de los frutos fue inferior, aspectos estos que caracterizan a esta variedad de acuerdo con lo informado por algunos autores (5, 8).

Tabla III. Medias de las variables por grupo

Variables	Grupos				
	I	II	III	IV	V
Número de racimos/planta	7.16	5.59	7.21	7.00	5.05
Número de flores/planta	18.74	17.80	17.19	14.49	12.88
Número de flores/racimo	2.63	3.19	2.57	2.39	2.31
Número de frutos/racimo	2.47	2.47	1.74	1.75	1.70
Número de frutos/planta	17.62	14.81	12.55	11.86	10.59
Masa promedio frutos (g)	54.23	64.61	53.98	53.46	64.16
Rendimientos	23.30	21.35	19.28	17.38	16.58

También se observa que el grupo I presentó valores superiores de número de flores por planta y número de frutos por planta, así como un rendimiento superior al resto, lo que se debe a que este genotipo en su constitución presenta plasticidad ante las condiciones de estrés abiótico y al unir esta característica con el arreglo espacial 2:3:2 y a que el maíz fue sembrado 30 días antes del trasplante con las hileras orientadas N-S, este se benefició en la fase de floración-fructificación con independencia del período de siembra.

Al respecto, se ha encontrado poco nivel de daño celular en esta variedad (9) con respecto a la variedad

INCA-17, lo que demuestra su resistencia al estrés por altas temperaturas.

Los grupos III y IV tienen la característica de que en ellos se encuentran los genotipos desprovistos de sombra, lo que implica que sus resultados sean inferiores a los encontrados en el grupo anterior, aunque el genotipo presente sea el mismo; aquí aparece que los grupos se definen de acuerdo con sus períodos de siembra, lo que parece se debe al comportamiento de las variedades determinadas abiertas, las cuales frente a períodos tempranos (grupo III) tienden a abrirse más, aumentando el porcentaje de fructificación y el número de frutos por racimo, así como que las plantas tienen mayor crecimiento y desarrollo vegetativo (10).

En el período tardío ocurre lo contrario; estas variedades al presentar un crecimiento más compacto disminuyen el porcentaje de fructificación y los frutos por racimo, como se observa en el grupo IV, debido a que el crecimiento vegetativo es menor, por lo que existe un menor follaje, y las flores y frutos se encuentran más expuestos a los factores adversos del clima (10).

Aunque aparecen tratamientos de policultivos en el grupo V, estos no se diferencian de los monocultivos en el comportamiento de las plantas de tomate, ya que las hileras se encuentran orientadas E-O, por lo que las plantas de maíz no proyectan sombra sobre las de tomate y solamente va a existir un efecto ligero de autosombreo.

En la Tabla IV se puede observar cómo durante el período temprano existió una reducción de la radiación incidente de un 25 % con una consiguiente reducción de la temperatura de 2.6gC como promedio durante el día, cuando las hileras fueron orientadas N-S, mientras que en las hileras orientadas E-O la reducción solo fue de 4.53 % y 0.4gC respectivamente.

Tabla IV. Porcentaje de reducción de la radiación incidente y la temperatura del aire (gC) durante el período temprano con orientación de las hileras N-S y E-O

Horas del día	Reducción de la radiación (%)		Reducción de la temperatura del día	
	Por horas	Total	Por horas	Total
Orientación N-S				
9.00	46.13		2.5	
12.00	4	25.0	2.8	2.6
3.00	25.54		2.5	
Orientación E-O				
9.00	8.63		0.9	
12.00	4	4.53	0.4	0.4
3.00	1.28		-	

También se observó que en las horas del día en que se realizaron las evaluaciones, existió variación en cuanto a la reducción de la radiación y la temperatura del aire, cuando las hileras fueron orientadas N-S y E-O.

En el período tardío (Tabla V) ocurre algo similar, observándose que los valores de reducción para ambos factores son superiores a los obtenidos en el período temprano, lo que coincide con el análisis de los diferentes arreglos espaciales realizado en ambos períodos de siembra.

Otro aspecto comprobado es que las mayores reducciones en ambos factores se logran a las 9.00 am y a las 3.00 pm, siendo este último donde es mayor la acumulación de calor durante el día; también existe una reducción de la radiación así como un refrescamiento en la temperatura del aire.

Esto evidencia que para poder lograr el efecto de sombra que modifique el fitoclima, las hileras en los sistemas de asociación deben ser orientadas N-S, para lograr reducir la radiación incidente en un 25 % y la temperatura del aire en 3gC.

Tabla V. Porcentaje de reducción de la radiación incidente y la temperatura del aire (gC) durante el período tardío con orientación de las hileras N-S y E-O

Horas del día	Reducción de la radiación (%)		Reducción de la temperatura del día	
	Por horas	Total	Por horas	Total
Orientación N-S				
9.00	74.54		4	
12.00	5.77	26.7	2.9	3.6
3.00	28.02		4	
Orientación E-O				
9.00	19.03		0.2	
12.00	5.77	6.3	0.4	0.3
3.00	22.18		0.5	

Por tanto, puede decirse que los resultados obtenidos en el rendimiento y sus componentes con los genotipos en policultivo, son la consecuencia de las variaciones que se producen en el metabolismo de las plantas en las diferentes condiciones de cultivo, debido a las modificaciones de la radiación incidente y de la temperatura del aire cuando las hileras fueron orientadas N-S.

Partiendo de todo lo presentado, se observa que en general las variedades de tomate de crecimiento determinado responden al sistema de policultivo orientado N-S, con un aumento de los rendimientos en relación con los monocultivos, oscilando sus valores de 21.47 y 22.53 t.ha⁻¹ para el policultivo y de 16.34 y 18.44 t.ha⁻¹ para el monocultivo, en los períodos tardío y temprano respectivamente.

Se observa, además, que el efecto de sombra provocado por el maíz resultó beneficioso tanto a la fase de floración como de fructificación, existiendo una mayor conversión de flores a frutos y mayor número de estos que llegan a cosecha con independencia del tipo de crecimiento, ya sea compacto, intermedio o abierto de los genotipos y también con independencia de los períodos de siembra, siempre y cuando las hileras sean orientadas N-S.

De lo analizado hasta aquí, se puede decir que existió una respuesta positiva con incremento en los rendimientos, aún cuando estas variedades poseían adaptación climática, cuando fueron plantadas con dos hileras de maíz por ambos lados de tres hileras de tomate con el maíz sembrado 30 días antes del trasplante y orientación de las hileras N-S.

Hasta el momento no se conocen resultados que avalen de manera general los encontrados, en cuanto a la combinación de diferentes genotipos en asociación y a su vez con distinta ubicación de las hileras, aunque sí los que han abordado algunos de estos aspectos de manera independiente.

En cuanto al comportamiento de las variedades y las variables que mayor contribución realizan al rendimiento (11), se planteó que en las variedades determinadas de frutos pequeños, el mayor efecto directo sobre el rendimiento lo presentaba el número de frutos por planta, mientras que en las variedades de frutos grandes y medianos, el número de frutos por planta y por racimos eran las variables de mayor efecto directo; estos resultados avalan los encontrados en el caso del genotipo abierto de fruto pequeño y los genotipos intermedio y compacto de frutos grandes y medianos.

En trabajos realizados en asociación papa-maíz (12), se estudiaron diferentes arreglos espaciales con orientación de las hileras N-S y E-O, encontrándose los mejores resultados cuando las hileras fueron orientadas N-S.

Entre los genotipos, al ser desprotegidos, se observó mejor comportamiento del genotipo abierto, lo que coincide con resultados obtenidos con esta variedad (13) en trabajos de selección de variedades de tomate para períodos temprano y tardío, en la que presentaron los mejores resultados.

Se ha podido observar a lo largo de este trabajo, que la sombra que provoca el maíz sobre las plantas de tomate de hábito de crecimiento determinado, con la combinación arreglo espacial-tiempo relativo de siembra adecuados y la orientación N-S, benefician la producción del cultivo fuera de su período óptimo.

REFERENCIAS

1. Nuez, F. y 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. Libman, M. Los policultivos. URL:www.cied. perú.org., 2001.
3. Cuba. Ministerio de la Agricultura. Instituto de Suelos. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. La Habana. Agrinfor, 1999. 64 p.
4. Alvarez, M. Variedad de tomate INCA-17. *Cultivos Tropicales*, 1996, vol. 17, no. 2, p. 81-82.
5. 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.
6. 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.
7. Varela, M. Análisis Multivariado de datos. Aplicación a las ciencias agrícolas. /M. Varela. La Habana:INCA, 1998. 56 p.
8. González, M. C. INCA 9(1) nueva variedad de tomate para diferentes períodos de siembra. *Cultivos Tropicales*, 1997, vol. 18, no. 1, p. 82.
9. Florido, M. Caracterización de variedades y especies silvestres de tomate atendiendo a características morfo-bioquímicas y tolerancia al calor. Tesis de Maestría en Biología Vegetal. Universidad de La Habana. 1999.
10. Torres, W. Desarrollo del cultivo del tomate (*L. esculentum, Mill*) plantado en dos períodos del año). *Cultivos Tropicales*, 1987, vol. 9, no. 7, p. 67.
11. Moya, C. Estimaciones de parámetros genético-estadísticos en tres grupos diferentes de variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) cultivadas en organopónico. *Cultivos Tropicales*, 1996, vol. 17, no. 3, p.67-71.
12. Mohamed, A. Effect of ridge direction and plant orientation on potato growth and yield. *Agricultural Research Corporation*. 1990.
13. 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.

Recibido: 3 de mayo del 2002

Aceptado: 27 de septiembre del 2002