

Artículo original

Estudio hidrosostenible en el cultivo del tomate, su efecto en el rendimiento y calidad del fruto

Jesús Rodríguez-Cabello^{1*} 

Aymara Pérez-González¹ 

Loreilys Ortega-García¹ 

Mayra Arteaga-Barrueta² 

¹Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700

²Universidad Agraria de La Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez”, carretera a Tapaste y Autopista Nacional. San José de las Lajas. Mayabeque, Cuba

*Autor para correspondencia: jesusr@inca.edu.cu

RESUMEN

El tomate es la hortaliza más consumida en el mundo. En Cuba la mayoría de las siembras se concentran en los meses de menores precipitaciones, por lo que se necesita la aplicación de altos volúmenes de agua para el riego. La evolución de la agricultura cubana y los efectos del cambio climático, hace necesario el estudio de las necesidades de agua de los cultivos en cada ambiente, y un nuevo enfoque en su determinación. El presente estudio tiene como objetivo, evaluar diferentes variantes de riego en el cultivo del tomate y su efecto en el rendimiento y calidad del fruto. La investigación se desarrolló en organopónico, mediante ocho tratamientos que oscilaron entre el 10 y el 100 % del volumen de agua aplicado diariamente. Se evaluaron descriptores relacionados con los componentes del crecimiento de las plantas, rendimiento y calidad del fruto. La respuesta de las plantas se caracterizó por el efecto inducido debido a los niveles de riego. En los primeros 40 días a partir de la siembra no se apreció diferencias entre los tratamientos. Las necesidades hídricas de las plantas se hicieron evidentes a partir de la floración. En los tratamientos de mayor estrés hídrico la calidad organoléptica del fruto fue superior. Los resultados indican la posibilidad de reducir

al 10 % el suministro hídrico al cultivo del tomate hasta prefloración y al 60 % en las fases siguientes, para obtener frutos de calidad, sin que se afecten los componentes del crecimiento y rendimiento de las plantas.

Palabras clave: crecimiento, fructificación, estrés hídrico, organopónico, riego

Recibido: 02/12/2019

Aceptado: 19/03/2020

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es la hortaliza más consumida en el mundo, su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio ⁽¹⁻³⁾. Los consumidores prefieren estos frutos por sus altos niveles de licopeno, betacaroteno, flavonoides, vitamina C y derivados del ácido hidroxicinámico ⁽⁴⁻⁶⁾.

El tomate ocupa el décimo primer lugar de especies más producidas a nivel mundial ^(7,8). El incremento anual de la producción en los últimos años se debe, principalmente, al aumento en el rendimiento, y en menor proporción al aumento de la superficie de siembra ⁽⁹⁾.

En Cuba, el cultivo del tomate representa el 50 % del área total dedicada a las hortalizas y la producción oscila alrededor de los 750 000 t ⁽¹⁰⁾. Sin embargo, la mayoría de las siembras se concentran entre octubre y enero, donde las precipitaciones difieren de las exigencias hídricas de las plantas, que coinciden con la etapa óptima de la especie, por lo que se necesita la aplicación de altos volúmenes de agua para el riego ⁽¹¹⁾.

El riego en la agricultura es responsable del gasto del 70 % del agua disponible en todo el mundo y una de las principales causas del uso irracional de este recurso. Las dos terceras partes del agua usada en el riego se pierden en el drenaje y la escorrentía por lo que aproximadamente el 30 % se pierde en el almacenamiento y la transportación ^(12,13). Para lograr la optimización del riego es preciso garantizar que el uso del agua sea eficiente, con alta productividad por cada gota de agua disponible, mediante un método que contribuya al incremento del rendimiento económico ⁽¹⁴⁾.

La evolución de la agricultura cubana y los efectos del cambio climático, hacen necesario el estudio de las necesidades de agua de los cultivos en cada ambiente, así como de un nuevo enfoque en su determinación, si tenemos en cuenta que el agua es un recurso esencial, pero cada vez más escaso ⁽¹⁵⁻¹⁷⁾. En este sentido, la agricultura urbana se considera una de las soluciones a la adaptación del cambio climático, se relaciona con el ambiente de las ciudades,

debido a que mejora el clima, estimula el reciclaje de desechos orgánicos y reduce el consumo de energía ⁽¹³⁾.

El adecuado manejo del agua es necesario para incrementar el valor nutricional de los alimentos procedentes de la agricultura, que contribuya a la salud de la población, a la equidad social y a la salud de los ecosistemas ^(13,18,19). Por todo lo antes planteado, el presente estudio tiene como objetivo, evaluar diferentes variantes de riego en el cultivo del tomate, para valorar la producción sostenible con mínimo impacto en el rendimiento y calidad del fruto.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en el Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), situado en el km 3 ½ de la carretera San José a Tapaste, municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque. El mismo está ubicado en los 23° 00' de latitud norte y 82° 12' de longitud oeste y 138 m s.n.m.

La investigación se llevó a cabo en condiciones de organopónico, en ocho recipientes de concreto con 1,67 m³ de capacidad (0,250 m x 0,6 m x 0,44 m) cada uno. Estos contenían grava en el fondo para facilitar el drenaje y una mezcla de suelo Ferralítico Rojo Lixiviado, degradado ⁽²⁰⁾ y cachaza descompuesta en proporción 3:1 v/v de sustrato. Se emplearon semillas de tomate `Mara´ con poder germinativo superior al 90 %.

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con ocho tratamientos (uno por cada recipiente) y diez repeticiones. Durante todo el ciclo del cultivo y en horas de la mañana se efectuaron diferentes niveles de riego por planta de acuerdo al porcentaje requerido en el tratamiento (Tabla 1), según necesidades del cultivo ⁽²¹⁾. El resto de las atenciones culturales se realizaron de acuerdo a las recomendaciones del instructivo técnico para el cultivo ⁽²²⁾.

Tabla 1. Descripción de las variantes de riego en el experimento

Tratamientos	Necesidades hídricas diario/planta(L)	Volumen de agua aplicado diario/planta (L)	Porcentaje de agua aplicado diario/planta (%)
T1	1,5	1,50	100
T2	1,5	1,12	75
T3	1,5	0,90	60
T4	1,5	0,75	50
T5	1,5	0,60	40
T6	1,5	0,45	30
T7	1,5	0,30	20
T8	1,5	0,15	10

Descriptorios evaluados

Índice de crecimiento de las plantas a los 40, 60 y 75 días después de la siembra (dds)

Altura (cm): con regla graduada, desde el cuello de la raíz hasta la axila de la hoja más joven.
 Diámetro del tallo (cm): con un bernier (pie de Rey) a partir de dos centímetros por encima del cuello de la raíz. Número de hojas por plantas: conteo visual. Masa seca de las plantas (g): cinco plantas por cada tratamiento, secado en estufa (BrBOXUN) a 70 °C hasta masa constante y pesaje en balanza analítica (*Sartorius*).

Componentes de la calidad y el rendimiento

Porcentaje de fructificación: las determinaciones del porcentaje fueron convertidos a $\arcsen \sqrt{n}$ para el análisis estadístico e informado su valor real. Diámetro polar (DP) y ecuatorial (DE) del fruto a los 60, 75 y 90 DDS: se midió con un vernier (se tomó como muestra tres frutos por planta). Color de los frutos: se realizó en 10 frutos maduros por tratamiento, cuatro días después de la cosecha: se utilizó un colorímetro Minolta modelo CR-200 (Instruments Inc. (Highland Industrial Park, Inglaterra). Los datos se expresaron en valores L^* (luminosidad), a^* y b^* (coordenadas del color), de la escala CIELAB ⁽²³⁾.

Número de frutos por planta: por conteo visual. Para el análisis de los datos se comprobó la normalidad y homogeneidad de la varianza mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la prueba de Cochran C, Hartley, Bartlett. Masa promedio de los frutos (g). Rendimiento: por división de la masa total de los frutos en el tratamiento entre el número de frutos totales. Sólidos solubles totales (°Brix): se determinaron mediante un refractómetro digital modelo

NR-151 *Instruments Inc.* (*Highland Industrial Park*, Inglaterra). Acidez titulable: se utilizó la metodología propuesta en la norma COVENIN N° 1151-77, por medio de titulación directa con NaOH (0,1 N).

Para el análisis de los datos se utilizó un ANOVA y análisis de varianza de clasificación simple. Las medias resultantes se compararon con la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan⁽²⁴⁾ o Tuckey para $p \leq 0,05$ cuando existieron diferencias significativas entre los tratamientos, procesado mediante el paquete estadístico para *Windows Statistical Package for the Social Science* (SPSS Inc.) versión 21⁽²⁵⁾.

RESULTS AND DISCUSSION

Índice de crecimiento de las plantas a los 40, 60 y 75 días después de la siembra

El resultado de los Análisis de Varianza muestra el comportamiento del crecimiento de las plantas de tomate 'Mara' a los 40, 60 y 75 dds, sometidas a diferentes variantes de riego (Tabla 2). Se observó un crecimiento exponencial que no resultó vigoroso en los primeros 40 días, pero después se incrementó significativamente hasta los 75 dds, momento en que las plantas fructifican y utilizan sus reservas para esta función fisiológica⁽²⁶⁾.

Tabla 2. Valoración de los índices de crecimiento (alturas y diámetro del tallo) de las plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) 'Mara' a los 40, 60 y 75 dds, sometido a diferentes variantes de riego en organopónico

Tratamientos	Alturas de las plantas			Diámetro del tallo			Número hojas	Masa seca
	40 ddt	60 dds	75 dds	40 dds	60 dds	75 dds	40 ddt	40 ddt
T-1	21,0	52,6 ab	77,9 a	0,56 ab	1,36 a	1,58 a	6,8	2,24 ab
T-2	21,9	58,2 a	73,0 a	0,62 a	1,20 b	1,34 bc	7,6	2,36 a
T-3	19,6	50,8 b	71,4 ab	0,54 ab	1,10 bc	1,38 bc	2,7	2,16 b
T-4	19,1	52,8 ab	63,2 bc	0,56 ab	1,22 b	1,42 b	6,8	2,12 b
T-5	19,3	45,8 bc	57,8 cd	0,50 b	1,00 cd	1,08 d	6,4	2,30 ab
T-6	20,3	46,0 bc	55,9 cd	0,60 a	0,96 cd	1,18 d	6,8	2,12 b
T-7	19,4	39,4 c	54,6 cd	0,56 ab	0,94 d	1,24 cd	7,4	2,13 b
T-8	21,7	41,8 c	51,8 d	0,56 ab	1,00 cd	1,16 d	7,2	2,14 b
E. est. X	2,70 NS	7,54 *	11,15 *	3,05 *	7,54 *	1,24 *	1,43 NS	0,08 *

* Diferencia estadísticamente significativa. NS no existe diferencia estadísticamente significativa. Medias con letras iguales no difieren entre sí, por la Prueba de Duncan ($p \leq 0,05$)

No se apreció diferencias en la altura de las plantas y el número de hojas entre los tratamientos evaluados a los 40 dds. Similar comportamiento, en cuanto a diferencias entre tratamiento, se apreció en el diámetro del tallo y la masa seca, con la excepción de los T2 y T5 que difirieron entre sí en el primero y el T2 que no difirió del T1 y T5 en el segundo. Resultado afín al presente se obtuvo en 'INCA 9 (1)' evaluado en España ⁽²⁷⁾.

Se estima que en condiciones climáticas óptimas para el cultivo, una planta adulta requiere entre 0,6 y 1,8 L de agua diario ⁽²¹⁾. Sin embargo, las raíces del tomate son superficiales en la primera etapa de crecimiento, es por ello, que el suministro diario de 0,15 L de agua por planta en horas de la mañana es suficiente para mantener su turgencia y óptimo crecimiento previo a la fase fenológica de floración.

Se debe tener presente el contenido de abono orgánico aplicado al sustrato, que contribuyó a la retención del agua en el suelo y el desarrollo de las raíces, que no se afectó luego del primer mes después de la siembra, al no existir trasplante a causa de la siembra directa. Estos son aspectos a considerar para el manejo eficiente del riego, porque el cultivo responde al agua disponible en el área radical y cuando se aplica no toda el agua queda retenida en la zona que permite a las raíces tomarla.

La respuesta fisiológica apreciada entre los tratamientos en esta fase fenológica se debe a que las plantas demandan bajos niveles de agua dado su reducido follaje. Las hojas constituyen el órgano fundamental para el proceso fotosintético y la formación de masa seca del vegetal. De ahí, que luego de esta fase fenológica se incrementa el follaje, que implica mayor área foliar y acumulación abundante de masa seca en el propio órgano, que favorece su actividad fisiológica.

A los 60 dds las afectaciones en el crecimiento de las plantas comenzaron a partir de los tratamientos donde se regó por debajo del 50 %.

Las plantas de mayor altura correspondieron a los primeros cuatro tratamientos y las más pequeñas a los dos últimos. Los tratamientos T5 y T6 mantuvieron un comportamiento intermedio, difirieron solamente del T2. Las diferencias entre los tratamientos en esta fase fenológica están dadas por el desarrollo de las plantas. Al incrementar el área foliar, las plantas aumentaron los niveles de transpiración con mayor demanda de agua, debido a cambios en los procesos de fotosíntesis y respiración ⁽¹³⁾. Se considera que la fase crítica para el cultivo se produce entre los 38 y 80 días después del trasplante, que coincide con la floración y la primera etapa de maduración del fruto ⁽²⁸⁾.

Las diferencias en la altura de las plantas se acentuaron a los 75 dds, a partir del T4 con respecto a los tratamientos del T1 al T3 de mayor crecimiento. Se infiere que cuando el déficit

hídrico se aplica lentamente, se dan cambios en procesos de desarrollo que tienen varios efectos sobre el crecimiento. La limitación de la expansión foliar es uno de los procesos más afectados en estas condiciones, porque de ella depende la fotosíntesis ⁽²⁹⁾.

El mayor diámetro del tallo correspondió al T1, regado con el 100 % del agua requerida por la planta a los 60 y 75 dds, seguido por los T2 al T4 (75-50 %) de agua. El déficit hídrico inferior al 50 % afectó el diámetro del tallo de las plantas. Los tallos menos gruesos correspondieron al T8 (10 %) del agua de riego. Sin embargo estos no difirieron de los T5 al T7.

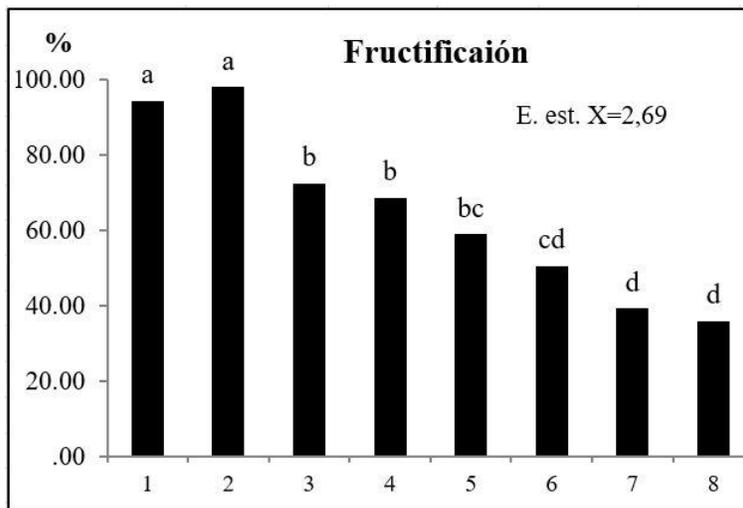
De acuerdo con los resultados mostrados los requerimientos de agua pueden diferir entre las etapas fenológicas. La respuesta de la planta depende del estadio de desarrollo de la misma en el momento del estrés y de la duración y la severidad de este. También, del genotipo y de los factores ambientales que lo provoquen ⁽³⁰⁾.

Componentes del rendimiento

Fructificación

El porcentaje de fructificación arrojó diferencias acordes con las variantes de riego aplicados (Figura 1). Los dos primeros tratamientos mostraron mejor porcentaje, mientras que los tratamientos T7 y T8, con menos niveles de riego, alcanzaron los valores más bajos, inferiores al 40 %. En estudios desarrollados en esta especie, se demostró que el consumo de agua aumentó considerablemente durante la etapa de fructificación, atribuible al incremento de las necesidades fisiológica de las plantas en esta etapa ⁽³¹⁾.

Los tratamientos T3 al T6 con riego entre el 60 y el 40 %, lograron porcentajes de fructificación entre el 73 y el 50 %. Este resultado demuestra la susceptibilidad de las plantas al riego en esta fase fenológica. Es por ello que este componente se utiliza como índice de tolerancia al estrés, basados en el comportamiento diferencial de las accesiones en ambientes estresantes y no estresantes ⁽³²⁾.

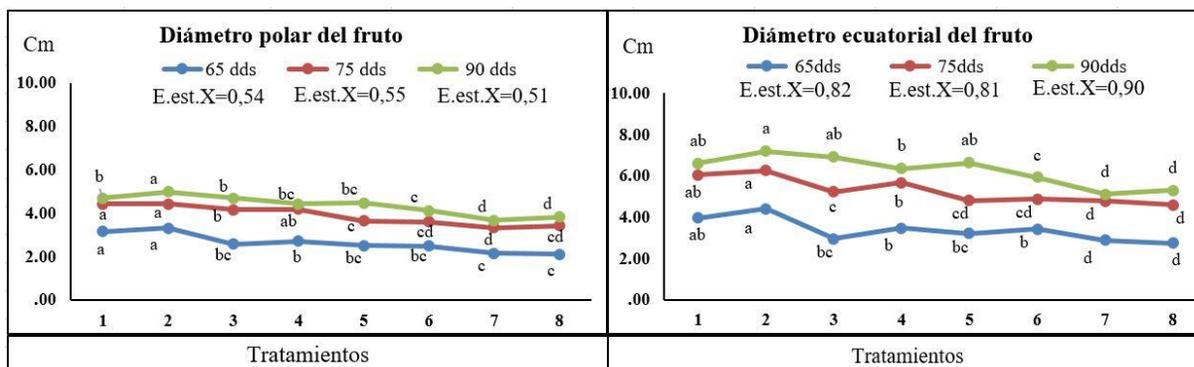


Medias con letras iguales no difieren entre sí, por la Prueba de Duncan ($p \leq 0,05$)

Figura 1. Efecto del riego en la fructificación del tomate (*Solanum Lycopersicum L.*) 'Mara', sometido a diferentes variantes de riego en organopónico

Dimensiones del fruto

El crecimiento de los frutos a los 60, 75 y 90 dds, sometido a diferentes variantes de riego se muestran en la Figura 2. Se apreció que el diámetro de los frutos fue descendiente a medida que se incrementó el estrés hídrico. Tanto el diámetro polar (DP) como ecuatorial (DE) de los frutos fue mayor en los dos primeros tratamientos. Los tratamientos T7 y T8 obtuvieron los frutos de menor diámetro en todos los momentos evaluados. Sin embargo, a los 60 dds en el DP sólo difirieron de los tratamientos T1, T2 y T4.



Medias con letras iguales no difieren entre sí, por la Prueba de Duncan ($p \leq 0,05$)

Figura 2. Diámetro polar y ecuatorial de los frutos de tomate (*Solanum Lycopersicum L.*) 'Mara', sometido a diferentes variantes de riego en organopónico

Según se ha visto, el estrés por déficit hídrico por leve que sea afecta el tamaño del fruto. Puede ser positivo para su calidad en parámetros como firmeza, sabor y vida anaquel, pero con frutos más pequeños.

Color del fruto

El color de los frutos cuatro días después de la cosecha se muestra en la Tabla 3. La luminosidad (L^*), fue mayor en los tratamientos T1 y T2 con respecto al resto de los tratamientos, que no difirieron entre sí. En las dos coordenadas los valores fueron positivos e inferiores en la coordenada a^* con respecto a la coordenada b^* , que indicó que los ángulos de tono son intermedio entre el claro y oscuro, alejados del gris.

En la coordenada a^* los mayores valores correspondieron a los tratamientos del T8 al T6, aunque este último sólo difirió de los T1 y T2 que arrojaron los valores más bajos. En la coordenada b^* el T5 fue semejante a los tratamientos de mayor estrés hídrico. Estos valores corresponden al color rojo más intenso con respecto a los tratamientos T1 al T3, que mostraron colores rojo claro.

Los cambios en el color de los frutos están controlados por enzimas que son altamente dependientes del etileno, que regulan la síntesis de licopeno, b-caroteno y la degradación de la clorofila⁽³³⁾. Resultados semejantes al presente se obtuvieron en tomate Cherry sometidos a déficit hídrico⁽³⁴⁾.

Tabla 3. Color de los frutos de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) `Mara´ cuatro días después de la cosecha, sometido a diferentes variantes de riego en organopónico

Color del fruto 4 días después de la cosecha			
Tratamientos	L^*	a^*	b^*
1	45,1 a	12,5 c	35,2 a
2	44,7 ab	14,9 c	37,7 a
3	42,0 bcd	18,6 b	34,0 b
4	41,5 cd	19,3 b	33,4 bc
5	40,8 d	19,9 b	31,1cd
6	41,6 cd	21,5 ab	31,6 cd
7	41,9 cd	24,4 a	31,4 cd
8	40,6 d	23,7 a	30,9 d
E.est.X	2,4	3,6	3,0

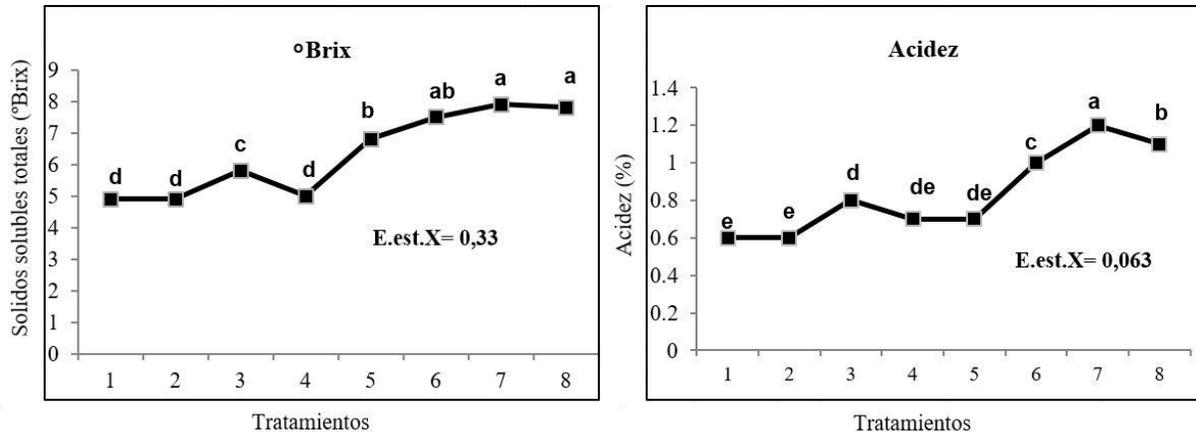
Medias con letras iguales no difieren entre sí, por la Prueba de Duncan ($p \leq 0,05$)

El color rojo intenso apreciado en los tratamientos de mayor estrés hídrico revela mayor contenido de licopeno, que resulta significativo para la agricultura, alimentación, nutrición, salud, entre otros. El mercado de estos compuestos como ingredientes de alimentos crece continuamente. Por otra parte, muchos estudios concluyen que niveles apropiados en la dieta pueden ser positivos en la protección contra enfermedades por sus propiedades antioxidantes (35).

Calidad interna del fruto

Los valores promedios de °Brix y acidez titulable en `Mara´ se muestran en la Figura 3. Se apreció variabilidad y similitud entre estos indicadores y el incremento del estrés por déficit hídrico en las plantas con diferencias entre tratamientos.

Los °Brix mostraron los menores valores para los tratamientos donde se regó por encima de 50 % (T1 al T4). Resultados afines a estos se obtuvieron en 15 cultivares de tomate evaluados en España (36). En otros estudios se lograron valores igual o mayor a 4,0 °Brix, que se consideran significativos, debido a que existe relación directa entre los sólidos solubles y la firmeza de los frutos (37).



Medias con letras iguales no difieren entre sí, por la Prueba de Duncan ($p \leq 0,05$)

Figura 3. Evaluación bromatológica en frutos de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) `Mara´ 4 días después de la cosecha, sometido a diferentes variantes de riego en organopónico

En el resto de los tratamientos se destacaron del T6 al T8, de mayor estrés hídrico. Los °Brix es el índice de mayor influencia en el rendimiento industrial y más que el carácter varietal, existen factores ambientales que determinan el contenido en sólidos solubles, especialmente las temperaturas y el agua durante el período de maduración, que pueden hacer que estos varíen para frutos de un mismo cultivar entre 4 y 7 % (37).

La acidez, también logró los mayores porcentajes en los tratamientos de mayor estrés hídrico, mientras que los tratamientos del T1 al T5 alcanzaron valores entre 0,5 y 0,7 %. Resultado similar a estos se obtuvieron en Cuba ⁽³⁸⁾. El autor planteó que aun cuando los valores son relativamente altos, no afecta las propiedades organolépticas de los frutos, que por el contrario, esta es una característica deseada cuando los frutos son destinados a la industria. La acidez total es debida a la presencia de diversos ácidos orgánicos (tartárico, málico, acético, cítrico, succínico, glutámico, entre otros). El ácido cítrico predomina y suele oscilar entre 0,35 y 0,40 g/100 ml de zumo ⁽³⁶⁾. Se reconoce como buenos los valores por encima de 0,5 % ⁽³⁷⁾.

Los azúcares reductores y la acidez total influyen sobre el sabor del fruto. En estudios desarrollados en tomate Cherry fue demostrado que con la reducción de más del 50 % del agua de riego el fruto mantuvo su calidad tanto comercial como nutricional y funcional ⁽³⁵⁾.

Rendimiento

El resultado de los análisis de varianza realizados para el rendimiento mostró correspondencia entre los tratamientos más productivos y los niveles de riego aplicados en los diferentes descriptores (Tabla 4). Los tratamientos T1 al T3 sobresalieron en el número de frutos y la masa promedio de los frutos por planta, que conllevó a un mayor rendimiento. Valores afines para este cultivar se obtuvieron en condiciones de campo en Cuba, con promedio de 12 frutos por plantas y masa de 94 g ⁽⁵⁾.

Los tratamientos T7 y T8 mostraron el menor número de frutos por planta, mientras que los tratamientos del T4 al T6 alcanzaron valores superiores a estos, sin diferencias entre sí para este descriptor. Sin embargo, la masa promedio de los frutos y el rendimiento fue inferior a partir del tratamiento T6. Se ha demostrado que cuando no se suministra la cantidad de agua necesaria para la planta, se afecta el rendimiento del cultivo ⁽³⁹⁾. No obstante, estudios en plantas de tomate sometidas a déficit hídrico revelaron, que en la mayoría de los casos la disminución del riego aplicado a las plantas no tuvo efecto negativo en el rendimiento y sus componentes ⁽⁶⁾.

En tomate tipo bola cultivado en condiciones de invernadero, la respuesta de las plantas con respecto al crecimiento, rendimiento y masa de los frutos fue positiva a medida que se redujo la cantidad de agua aplicada con respecto al volumen máximo recomendado ⁽⁴⁰⁾. También, al estudiar las afectaciones de estrategias de riego deficitario regulado, aplicado en diferentes

fases fenológicas del tomate se encontró mayor calidad de los frutos y de la productividad del agua cuando el riego se aplicó con un coeficiente de cultivo (Kc de 0,8). Sin embargo, cuando se aplicó un Kc de 0,6 en las etapas de floración y desarrollo del fruto se obtuvieron pérdidas importantes del rendimiento ⁽⁴¹⁾.

Tabla 4. Evaluación del rendimiento y sus componentes en tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) `Mara´, sometido a diferentes variantes de riego en organopónico

Tratamientos	Frutos por planta	Masa del fruto (g)	Rendimiento (kg/planta)
1	11,6 a	96,8 a	1,1 a
2	11,9 a	91,7 a	1,1 a
3	11,4 a	94,7 a	1,1 a
4	8,8 b	86,8 b	0,8 b
5	8,5 b	86,9 b	0,7 b
6	8,1 b	65,5 c	0,5 c
7	7,0 d	63,4 c	0,4 c
8	7,1 d	66,9 c	0,5 c
E. est. X	0,20	1,83	0,03

Medias seguidas de una misma letra, no difieren entre sí por la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

CONCLUSIONES

La respuesta de las plantas de tomate, cultivadas en condiciones de organopónico, se caracteriza por un efecto inducido debido a los diferentes niveles de riego. Los resultados indican la posibilidad de reducir al 10 % el suministro hídrico al cultivo del tomate desde la siembra hasta prefloración y al 60 % en las fases siguientes, para obtener frutos de mejor calidad, sin que se afecten los componentes del crecimiento y rendimiento de las plantas en organopónico.

BIBLIOGRAFÍA

1. Florido Bacallao M, Álvarez Gil M. Aspectos relacionados con el estrés de calor en tomate *Solanum lycopersicum* L. Cultivos Tropicales. 2015;36:77–95.
2. González B, Fortis H, Preciado R, Segura C, Salazar Sosa E, García H, et al. Calidad fitoquímica de tomate Saladette producido con sustratos orgánicos bajo condiciones de invernadero. Phytón (Buenos Aires). 2016;85(1):71–8.
3. Allende M, Salinas L, Rodríguez F, Olivares N, Riquelme J, Antúñez A, et al. Manual de cultivo del tomate bajo invernadero. INIA. Santiago de Chile-Chile. 2017;112.

4. López L. Manual Técnico del cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L. Innovación para la seguridad alimentaria y nutricional en Centroamérica y Panamá. Costa Rica. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología ...; 2017. 130 p.
5. Moya-López CC, Orozco-Crespo E, Mesa-Fleitas ME. Ferias de agro-biodiversidad cubanas: vía para la selección de variedades de tomate. *Agronomía Mesoamericana*. 2016;27(2):301–10.
6. Dell'Amico-Rodríguez JM, Guillama R, González MC. Respuesta de cinco líneas de tomate *Solanum lycopersicum* L. cultivadas en dos variantes de riego, en condiciones de campo. *Cultivos Tropicales*. 2018;39(4):78–85.
7. FAO STAT. Crops [Internet]. 2016 [cited 24/03/2020]. Available from: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
8. Coyago Cruz E del R. Estudio sobre el contenido en carotenoides y compuestos fenólicos de tomates y flores en el contexto de la alimentación funcional. [Internet]. De Sevilla; 2017 [cited 24/03/2020]. 238 p. Available from: <https://idus.us.es/handle/11441/77389>
9. Arcauce Lozano M. Aplicación de técnicas de riego deficitario en tomate para industria y sus efectos sobre la producción y calidad de la cosecha. Universidad de Sevilla. 2015;68.
10. Terry Alfonso E, Falcón Rodríguez A, Ruiz Padrón J, Carrillo Sosa Y, Morales Morales H. Respuesta agronómica del cultivo de tomate al bioproducto QuitoMax®. *Cultivos Tropicales*. 2017;38(1):147–54.
11. González MC, Mukandama JP, Fuentes JL, Sevillano E. Nuevos mutantes de tomate para uso industrial tolerantes a bajos insumos hídricos. *Cultivos Tropicales*. 2007;28(3):89–90.
12. FAO. Evaluación de los Recursos Hídricos Renovables. [Internet]. 2016 [cited 24/03/2020]. Available from: <http://www.fao.org/aquastat/en/>
13. Aguilar CCRB. El manejo integrado del agua en la agricultura: necesidad de implementación y aspectos vinculados. *Revista Científica Agroecosistemas*. 2017;5(2):40–54.
14. Kadasiddappa MM, Rao VP, Reddy KY, Ramulu V, Devi MU, Reddy SN. Effect of irrigation (drip/surface) on sunflower growth, seed and oil yield, nutrient uptake and water use efficiency-A review. *Agricultural reviews*. 2017;38(2):152–8.

15. Aurín R. Agua y desarrollo sostenible. Aplicación de los objetivos de desarrollo sostenible relacionados con el agua. La relevancia de la tecnología. *Revista Iberoamericana agua*. 2015;2(1):104.
16. Alaña Castillo TP, Capa Benítez LB, Sotomayor Pereira JG. Desarrollo sostenible y evolución de la legislación ambiental en las MIPYMES del Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*. 2017;9(1):91–9.
17. Puebla JH. Estudio de las necesidades de agua de los cultivos, una demanda permanente, un nuevo enfoque. *Revista Ingeniería Agrícola*. 2017;5(1):52–7.
18. Brown Manrique O, Gallardo Ballat Y, Correa Santana A, Barrios García S. El cambio climático y sus evidencias en las precipitaciones. *Ingeniería hidráulica y Ambiental*. 2015;36(1):88–101.
19. López-Seijas T. Matrices integradoras de acciones para la implementación de medidas de adaptación al cambio climático a escala local. *Revista Ingeniería Agrícola*. 2017;6(4):23–31.
20. Hernández Jiménez A, Cabrera Rodríguez A, Borges Benítez Y, Vargas Blandino D, Bernal Fundora A, Morales Díaz M, et al. Degradación de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados y sus indicadores de la Llanura Roja de La Habana. *Cultivos Tropicales*. 2013;34(3):45–51.
21. Merino Ruiz GAM. Producción de semillas híbridas de tomate *Solanum lycopersicum* L. determinados o indeterminados en el valle de Cañete. 2017;78.
22. MINAGRI. Instructivo técnico para organopónicos y huertos intensivos. Minagri La Habana; 1998. 74 p.
23. McGuire RG. Reporting of objective color measurements. *HortScience*. 1992;27(12):1254–5.
24. Duncan DB. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics (International Biometric Society)*. 1995;11(1):1–42.
25. SPSS. Manual de usuario del sistema básico de IBM SPSS Statistics. Vol. 21. IBM USA; 2011. 484 p.
26. Alemán Pérez RD, Domínguez Brito J, Rodríguez Guerra Y, Soria Re S. Indicadores morfológicos y productivos del cultivo del tomate en Invernadero con manejo agroecológico en las condiciones de la Amazonía Ecuatoriana. *Centro Agrícola*. 2016;43(1):71–6.

27. Dell Amico JM, Fernández F, Nicolás Nicolás E, Sánchez-Blanco M de J. Crecimiento, relaciones hídricas y aprovechamiento nutricional en el tomate inoculado con un inoculante micorrízico en soporte líquido. *Cultivos Tropicales*. 2015;36(4):77–85.
28. García C. Manejo del riego en el cultivo de tomate industria. *Revista INIA*. 2007;12:26–9.
29. Nilsen ET, Orcutt DM. Physiology of plants under stress. Abiotic factors. *Physiology of plants under stress. Abiotic factors*. 1996;
30. Cattivelli L, Rizza F, Badeck F-W, Mazzucotelli E, Mastrangelo AM, Francia E, et al. Drought tolerance improvement in crop plants: an integrated view from breeding to genomics. *Field Crops Research*. 2008;105(1–2):1–14.
31. Peña-Casadevall MS, Vargas-Rodríguez P. Tecnología del riego por succión para la producción de tomate *Lycopersicon esculentum* L. en condiciones controladas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 2018;27(2):1–9.
32. Florido Bacallao M, Bao Fundora L, Lara Rodríguez RM, Álvarez Gil M, Dueñas Hurtado F, Shagarodsky Scull T. Evaluación de la tolerancia a la sequía en tomate *Solanum lycopersicum* L. utilizando los índices de tolerancia. *Cultivos Tropicales*. 2016;37(1):128–35.
33. Martínez-González ME, Balois-Morales R, Alia-Tejacal I, Cortes-Cruz MA, Palomino-Hermosillo YA, López-Gúzman GG. Poscosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 2017;8(19):4075–87.
34. Matsuzoe N, Zushi K, Johjima T. Effect of soil water deficit on coloring and carotene formation in fruits of red, pink, and yellow type cherry tomatoes. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 1998;67(4):600–6.
35. Coyago-Cruz E, Corell M, Stinco CM, Hernanz D, Moriana A, Meléndez-Martínez AJ. Effect of regulated deficit irrigation on quality parameters, carotenoids and phenolics of diverse tomato varieties *Solanum lycopersicum* L. *Food Research International*. 2017;96:72–83.
36. Ciruelos-Calvo A, De la Torre R, González-Ramos C. Parámetros de calidad en el tomate para industria. *La agricultura y la ganadería extremeñas*, [http://eia.unex.es/EIIAA/Portals/0/La](http://eia.unex.es/EIIAA/Portals/0/La%20agricultura%20y%20la%20ganaderia%20extreme%C3%B1as). 2008;13(31):157.

37. Cabello JR. Obtención de híbridos F1 de tomate *Solanum lycopersicon* L. Estimación de parámetros genético-estadísticos del rendimiento y sus componentes. UNIVERSIDAD DE LA HABANA; 2006. 83 p.
38. Dell'Amico J. Comportamiento de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) ante condiciones de abastecimiento hídrico del suelo. [ISAAC]; 1992. 27 p.
39. Guerra DD, Grajales LC, Rojas LR. Efecto del riego y la fertilización sobre el rendimiento y la calidad de la fruta de lima ácida Tahití *Citrus latifolia* Tanaka *Rutaceae*. Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 2015;16(1):87–93.
40. Macías-Duarte R, Grijalva-Contreras RL, Robles-Contreras F. Efecto de tres volúmenes de agua en la productividad y calidad de tomate bola *Lycopersicon esculentum* Mill. bajo condiciones de invernadero. Biotecnia. 2010;12(2):11–9.
41. Nangare DD, Singh Y, Kumar PS, Minhas PS. Growth, fruit yield and quality of tomato *Lycopersicon esculentum* Mill. as affected by deficit irrigation regulated on phenological basis. 2016;171:73–9.