

Influencia del sombreado y la nutrición sobre el desarrollo, rendimiento y calidad del fruto de cinco variedades de tomate de mesa en ambiente protegido

Isidro Almonte¹, Carlos Cespedes¹, Leocadia Sánchez², Noel Hernández³, Pedro Núñez⁴

¹Investigadores del proyecto KOPIA “Mejoramiento de la calidad y productividad de tomate a través de la difusión de nuevas tecnologías”. Investigadores asociados, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf). ²Investigadora y líder del proyecto “Mejoramiento de la calidad y productividad de tomate a través de la difusión de nuevas tecnologías”. Docente en cátedras de Horticultura, Entomología I, Fitopatología I, Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO), Facultad de Ingeniería y Recursos Naturales. Escuela de Agronomía. Investigadora asociada, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf). ³Graduado de Ingeniero Agrónomo, mención desarrollo agrícola, Escuela de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). ⁴Investigador titular Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf), docente Cátedra de Suelos en , Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA). *Autor para correspondencia: ialmonte@idiaf.gov.do

RESUMEN

El cultivo de tomate de mesa tiene importancia económica para la República Dominicana y producirlos en invernaderos requiere ajustes tecnológicos. El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de sombra y nutrición sobre desarrollo, rendimiento, calidad de frutos e ingresos. Se usó un diseño de parcelas subdivididas, 45 tratamientos (cinco variedades, tres niveles de sombra y tres programas de fertilización), tres repeticiones. La altura de plantas, por efecto combinado variedad-sombra (S)-fertilización (F), fue mayor para variedad 'Anairis' con 159.17 cm (S60 % +F3) y menor en 'Bermello' con 104.11 cm (S60 % +F1). Para racimos/planta, 'Tremendity' produjo más con 5.58 (S0 % +F3) y 'Bermello' menos (3.56) bajo (S60 % +F3), Anairis 4.99 frutos / racimo (S30 % +F2) y Bermello 2.51 (S0 % +F3). Tremendity presentó menor peso/fruto con 137.86 g (S0 %) y mayor con 203.09 g (S30 %). 'Doterang' menor rendimiento con 14.82 t ha⁻¹ (S0 %) y Anairis mayor (44.83 t ha⁻¹) bajo S30 %. Menor calidad de frutos con diámetro 6.21 cm y longitud 6.32 cm, produjo 'Doterang' (S0 %). Mayor diámetro (6.77 cm) produjo 'Anairis' (S0 %), y 'Tremendity' la mayor longitud 6.77 cm. 'Doterang' produjo menor grados Brix con 2.88 % y 'Anairis' 4.32 %. Mayor ingreso (DOP \$ 5,131,593.88) aportó ('Belfast' + S30 % +F2). Se concluyó, que la sombra influyó el desarrollo de plantas, rendimiento y calidad de frutos, con efecto sobre temperatura y luminosidad que favorecieron las demás variedades, para mejor adaptabilidad y productividad que la 'Doterang'.

Palabras claves. Tomate, fertilización, variedades, sombra, invernaderos.

ABSTRACT

Table tomato cultivation is economically important for the Dominican Republic and producing them in greenhouses requires technological adjustments. The objective of this study was to evaluate the influence of shade and nutrition on development, yield, fruit quality and income. A subdivided plot design, 45 treatments (five varieties, three levels of shade and three fertilization programs), three replications was used. Plant height, due to the combined variety-shade (S)-fertilization (F) effect, was higher for the 'Anairis' variety with 159.17 cm (S60 % +F3) and lower for 'Bermello' with 104.11 cm (S60% +F1). For bunches/plant, 'Tremendity' produced more with 5.58 (S0 % +F3) and 'Bermello' less (3.56) under (S60 % +F3), Anairis 4.99 fruits/bunch (S30 % +F2) and Bermello 2.51 (S0 % +F3). Tremity presented lower weight/fruit with 137.86 g (S0 %) and higher with 203.09 g

(S30 %). 'Doterang' lower yield with 14.82 t ha⁻¹ (S0 %) and higher Anairis (44.83 t ha⁻¹) under S30 %. Lower quality of fruits with a diameter of 6.21 cm and a length of 6.32 cm, produced 'Doterang' (S0 %). Largest diameter (6.77 cm) produced 'Anairis' (S0%), and 'Tremendity' the largest length 6.77 cm. 'Doterang' produced lower Brix degrees with 2.88% and 'Anairis' 4.32%. Higher income (DOP \$5,131,593.88) contributed ('Belfast' + S30% +F2). It was concluded that the shade influenced the development of plants, yield and fruit quality, with an effect on temperature and light that favored the other varieties, for better adaptability and productivity than the 'Doterang'.

Keywords: Tomato, fertilization, varieties, shade, greenhouses.

INTRODUCCIÓN

La producción de vegetales bajo ambiente protegido (invernaderos) en la República Dominicana ha tomado extraordinaria preponderancia al convertirse en la mayor actividad agrícola, a partir del 2004 (Severino 2016), gracias a las potencialidades que ofrecen los invernaderos para impulsar un nuevo modelo agrícola, sustentado en alta productividad, inocuidad y calidad de los vegetales. Además, de la reducción de riesgos y alta rentabilidad (Cedaf 2012).

El concepto de cultivo protegido se refiere al que durante todo el ciclo productivo o parte de este se actúa modificando condiciones del microclima en que se desarrolla la planta, permitiendo obtener productos en tiempo y espacio fuera de lo habitual. Este concepto está estrechamente ligado a la elevada y continua incorporación de nuevas técnicas que facilitan rápida adecuación de la producción a la evolución de los mercados, incremento de producción y mejora de la calidad de productos obtenidos y facilita así, el mantenimiento de la rentabilidad del sistema productivo (Cedaf 2012).

El tomate es de las hortalizas con mayor importancia económica en la República Dominicana. Sin embargo, bajo condiciones de alta temperatura y humedad, el cultivo se ve afectado por enfermedades que inciden en la producción a campo abierto. Estas enfermedades causan reducen los rendimientos y la calidad e inclusive pueden causar la pérdida total (FAO 2013). La producción de tomate en cultivo intensivo en invernadero se apoya en la utilización de variedades capaces de producir frutos de gran calidad y con un potencial productivo destacado. Sin embargo, estos dos factores son decisivos desde el punto de vista de la rentabilidad, dependerán de la correcta aplicación o manejo del suministro de agua y de fertilización (Díaz *et al.* 1999).

Existen mallas de diferentes tipos para manejar el sombreado en invernaderos, y su elección debe ser adecuada a cada tipo de cultivo y las necesidades de sombreado de cada fase de desarrollo del mismo. La mayoría de las mallas son negras o aluminizadas, pero se pueden encontrar en otros colores. La malla de sombreado es muy eficaz junto con la ventilación para disminuir la temperatura dentro de los invernaderos, que favorecen la transpiración de las plantas. Los beneficios del sombreado son: a) reduce la radiación solar que llega a los invernaderos, con descenso de temperatura en el interior; b) reduce el exceso térmico, que mejora las condiciones vegetativas de desarrollo del cultivo, al reducir desecación del suelo y proteger contra la insolación y se regula el tiempo de maduración; c) regula la

intensidad de luz a las necesidades de cada cultivo; d) disminuye el uso de agua de riego; e) mejora la difusión de luz, y se aumenta la actividad química y se evita el manchado en hojas y frutas; f) mejora polinización, al evitar excesos de humedad y g) reduce el efecto invernadero, al minimizar diferencia entre la temperatura máxima y mínima, que mejoran la fotosíntesis.

Según Mallam de Occidente (2012), la malla sombra versus cielo abierto incrementa la productividad del tomate (kg/m^2) de 50 a 60% y mejora el precio/calidad de 10 a 15%. El 35% de los frutos producidos en invernaderos sin el uso de una malla de sombreado presenta piel agrietada, mientras en invernaderos cubiertos con una malla para sombreado 50%, solo 24% de los tomates han presentado piel agrietada. La porción de productos apta a ser comercializada resulta mayor en las plantas que crecen debajo de un 50% de sombra. Esta cantidad varía y es mayor al 9% que un invernadero sin protección en el 2003 y un 7% mayor para el 2004 y el 2005 (Obamalla 2006).

En relación a la fertilización se puede afirmar, en sentido general, que en algunos casos se aplican dosis de fertilizantes superiores a los requerimientos del cultivo. Estas aplicaciones de nutrientes pueden, en determinadas circunstancias, no ser perjudiciales para los frutos y la calidad, pero inciden en los costos de producción y, además, es una fuente de desperdicio de fertilizante (Carballo *et al.* 1994) y fuente de contaminación del suelo y mantos acuíferos subterráneos (Hochmuth *et al.* 1993); para evitarlo se recomienda el análisis del suelo. Esto permite, por una parte, determinar el tipo de suelo, contenido de materia orgánica, reserva fácilmente utilizable (RFU) y pH, en base a lo cual se tomarán las decisiones adecuadas de aporte de enmiendas y del tipo y cantidades de nutrientes a incorporar a la plantación para buscar su fertilidad y equilibrio nutricional (Díaz *et al.* 1999). Dentro de los elementos esenciales, el nitrógeno es el macronutriente que más incide sobre el rendimiento y la calidad de los productos hortícolas cosechados, sin embargo, es importante conocer la respuesta de cada cultivo y ambiente en particular a fin de hacer un uso eficiente del o los nutrientes aplicados (Núñez *et al.* 2016). Los elementos nutritivos deben aportarse en proporciones o equilibrios diferentes a lo largo del ciclo, dependiendo del estado vegetativo en que se encuentre la planta y de la propia variedad, vigor y carga de frutos (Díaz *et al.* 1999).

En estudios realizados sobre fertilización del tomate se alcanzaron producciones superiores a los $16 \text{ kg}/\text{m}^2$ de frutos comerciales (calibre superior a 57 mm) con la aplicación de cantidades de abono necesarios para preparar las soluciones nutritivas para la fertilización del tomate en sus diferentes estados de desarrollo. Con volumen de riego de $2 \text{ l}/\text{m}^2$ en las dos primeras fases y $4 \text{ l}/\text{m}^2$ en las tres siguientes con agua cuyo contenido de sales es despreciable (Díaz *et al.* 1999). En respuesta a productores de tomate en ambiente protegido de Constanza, con relación al manejo de sombra, fertilizantes y variedad utilizada, esta investigación se realizó con el objetivo de evaluar la influencia de la sombra y la nutrición sobre desarrollo, rendimiento, calidad de frutos e ingresos en el cultivo de tomate.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio

El estudio se realizó en un invernadero en la Estación Hortícola Constanza del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), durante el período marzo a octubre del año 2019.

Diseño experimental

Se utilizó el diseño de parcelas subdivididas de 45 tratamientos y tres factores de estudio (tres niveles de sombra, cinco variedades, y tres programas de fertilización) con tres 3 repeticiones. La parcela grande fue sombra con niveles de 60, 30 y 0%, la intermedia cinco variedades de tomate de mesa: 'Bermello', 'Belfast', 'Doterang' (coreana), 'Tremendity' y 'Anairis' y la parcela pequeña son tres programas de fertilización, ver Tabla 2.

Descripción de los tratamientos evaluados

Tratamiento	Código	Descripción
T1	a1b1c1	Bermello+ 60% sombra+ Programa fertilización 1
T2	a1b1c2	Bermello+ 60% sombra+ Programa fertilización 2
T3	a1b1c3	Bermello+ 60% sombra+ Programa fertilización 3
T4	a1b2c1	Bermello+ 30% sombra+ Programa fertilización 1
T5	a1b2c2	Bermello+ 30% sombra+ Programa fertilización 2
T6	a1b2c3	Bermello+ 30% sombra+ Programa fertilización 3
T7	a1b3c1	Bermello+ 0% sombra+ Programa fertilización 1
T8	a1b3c2	Bermello+ 0% sombra+ Programa fertilización 2
T9	a1b3c3	Bermello+ 0% sombra+ Programa fertilización 3
T10	a2b1c1	Belfast+ 60% sombra+ Programa fertilización 1
T11	a2b1c2	Belfast+ 60% sombra+ programa fertilización 2
T12	a2b1c3	Belfast+ 60% sombra+ Programa fertilización 3
T13	a2b2c1	Belfast+ 30% sombra+ Programa fertilización 1
T14	a2b2c2	Belfast+ 30% sombra+ Programa fertilización 2
T15	a2b2c3	Belfast+ 30% sombra+ Programa fertilización 3
T16	a2b3c1	Belfast+ 0% sombra+ Programa fertilización 1
T17	a2b3c2	Belfast+ 0% sombra+ Programa fertilización 2
T18	a2b3c3	Belfast+ 0% sombra+ Programa fertilización 3
T19	a3b1c1	Coreana+ 60% sombra+ Programa fertilización 1
T20	a3b1c2	Coreana+ 60% sombra+ Programa fertilización 2
T21	a3b1c3	Coreana+ 60% sombra+ Programa fertilización 3
T22	a3b2c1	Coreana+ 30% sombra+ programa fertilización 1
T23	a3b2c2	Coreana+ 30% sombra+ Programa fertilización 2
T24	a3b2c3	Coreana+ 30% sombra+ Programa fertilización 3
T25	a3b3c1	Coreana+ 0% sombra+ Programa fertilización 1
T26	a3b3c2	Coreana+ 0% sombra+ Programa fertilización 2
T27	a3b3c3	Coreana+ 0% sombra+ Programa fertilización 3
T28	a4b1c1	Tremendity+ 60% sombra+ Programa fertilización 1
T29	a4b1c2	Tremendity+ 60% sombra+ Programa fertilización 2
T30	a4b1c3	Tremendity+ 60% sombra+ Programa fertilización 3
T31	a4b2c1	Tremendity+ 30% sombra+ Programa fertilización 1
T32	a4b2c2	Temendity+ 30% sombra+ Programa fertilización 2

T33	a4b2c3	Tremendity+ 30% sombra+ Programa fertilización 3
T34	a4b3c1	Tremendity+ 0% sombra+ Programa fertilización 1
T35	a4b3c2	Tremendity+ 0% sombra+ Programa fertilización 2
T36	a4b3c3	Tremendity+ 0% sombra+ Programa fertilización 3
T37	a5b1c1	Anairis+ 60% sombra+ Programa fertilización 1
T38	a5b1c2	Anairis+ 60% sombra+ Programa fertilización 2
T39	a5b1c3	Anairis+ 60% sombra+ Programa fertilización 3
T40	a5b2c1	Anairis+ 30% sombra+ Programa fertilización 1
T41	a5b2c2	Anairis+ 30% sombra+ Programa fertilización 2
T42	a5b2c3	Anairis+ 30% sombra+ Programa fertilización 3
T43	a5b3c1	Anairis+ 0% sombra+ Programa fertilización 1
T44	a5b3c2	Anairis+ 0% sombra+ Programa fertilización 2
T45	a5b3c3	Anairis+ 0% sombra+ Programa fertilización 3

Tabla 2. Programas de fertilización (1, 2 y 3) utilizados en la producción de tomate en invernadero.

Programa de fertilización 1									
Fuentes	Semanas	1 ^{ra} etapa Trasplante hasta inicio primera floración				2 ^{da} -etapa Desde el 1 ^{er} cuaje al 5 ^{to} racimo			
		1	2	3	4	5	6	7	8
		Concentración Gramos/m ³ /4000m ²							
Nitrato de calcio	(15.5- 0- 0) 19% Ca	600	600	600	600	600	600	700	750
Nitrato de potasio	(13- 0- 46)	50	50	50	50	50	50	150	150
Fosfato monopotásico	(0- 53- 34)	125	125	125	125	125	125	125	125
Sulfato de potasio	(0- 0- 50) 18% S	100	100	100	100	100	100	100	100
Sulfato de magnesio	9.8% Mg- 13% S	500	500	500	500	500	500	500	500
Fersan Mix Quelatado	Microelementos	95	95	95	95	95	95	95	95
Fuentes	Semanas	3 ^{ra} etapa Desde el 6 ^{to} al 10 ^{mo} racimo				4 ^{ta} etapa Cosecha			
		9	10	11	12	13	14	15	16
		Concentración Gramos/m ³ /4000m ²							
Nitrato de calcio	(15.5 0-0) 19% Ca	750	750	750	750	750	750	750	750
Nitrato de potasio	(13-0-46)	200	200	200	200	200	200	200	200
Fosfato monopotásico	(0-53-34)	125	125	125	125	125	125	125	125
Sulfato de potasio	(0-0-50) 18%S	100	100	100	100	100	100	100	100
Sulfato de magnesio	9.8% Mg- 13% S	500	500	500	500	500	500	500	500
Fersan Mix quelatado	Microelementos	95	95	95	95	95	95	95	95

Programa de fertilización 2									
Fuentes	Semanas	1 ^{ra} etapa Trasplante hasta inicio primera floración				2 ^{da} -etapa Desde el 1 ^{er} cuaje al 5 ^{to} racimo			
		1	2	3	4	5	6	7	8
		Concentración Gramos/m ³ /4000 m ²							
Nitrato de calcio	(15.5- 0- 0) 19% Ca	300	300	300	300	300	300	350	375
Nitrato de potasio	(13- 0- 46)	52	25	25	25	25	25	75	75
Fosfato monopotásico	(0- 53- 34)	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5
Sulfato de potasio	(0- 0- 50) 18% S	50	50	50	50	50	50	50	50
Sulfato de magnesio	9.8% Mg- 13% S	250	250	250	250	250	250	250	250
Fersan Mix Quelatado	Microelementos	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5

Fuentes	Semanas	3 ^{ra} etapa Desde el 6 ^{to} al 10 ^{mo} racimo				4 ^{ta} etapa Cosecha			
		9	10	11	12	13	14	15	16
		Concentración Gramos/m ³ /4000m ²							
Nitrato de calcio	(15.5 0-0) 19% Ca	375	375	375	375	375	375	375	375
Nitrato de potasio	(13-0-46)	100	100	100	100	100	100	100	100
Fosfato monopotásico	(0-53-34)	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5
Sulfato de potasio	(0-0-50) 18% S	50	50	50	50	50	50	50	50
Sulfato de magnesio	9.8% Mg- 13% S	250	250	250	250	250	250	250	250
Fersan Mix quelatado	Microelementos	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5

Programa de fertilización 3									
Fuentes	Semanas	1 ^{ra} etapa Trasplante hasta inicio primera floración				2 ^{da} etapa Desde el 1 ^{er} cuaje al 5 ^{to} racimo			
		1	2	3	4	5	6	7	8
		Concentración Gramos/m ³ /4000m ²							
Nitrato de calcio	(15.5- 0- 0) 19% Ca	900	900	900	900	900	900	1050	1125
Nitrato de potasio	(13- 0- 46)	150	150	150	150	150	150	225	225
Fosfato monopotásico	(0- 53- 34)	187.5	187.5	187.5	187.5	187.5	187.5	187.5	187.5
Sulfato de potasio	(0- 0- 50) 18% S	150	150	150	150	150	150	150	150
Sulfato de magnesio	9.8% Mg- 13% S	750	750	750	750	750	750	750	750
Fersan Mix Quelatado	Microelementos	142.5	142.5	142.5	142.5	142.5	142.5	142.5	142.5

Fuentes	Semanas	3 ^{ra} etapa Desde el 6 ^{to} al 10 ^{mo} racimo				4 ^{ta} etapa Cosecha			
		9	10	11	12	13	14	15	16
		Concentración Gramos/m ³ /4000m ²							
Nitrato de calcio	(15.5 0-0) 19% Ca	1125	1125	1125	1125	1125	1125	1125	1125
Nitrato de potasio	(13-0-46)	300	300	300	300	300	300	300	300
Fosfato monopotásico	(0-53-34)	187.5	187.5	187.5	187.5	187.5	187.5	187.5	187.5
Sulfato de potasio	(0-0-50) 18% S	150	150	150	150	150	150	150	150
Sulfato de magnesio	9.8% Mg- 13% S	750	750	750	750	750	750	750	750
Fersan Mix quelatado	Microelementos	142.5	142.5	142.5	142.5	142.5	142.5	142.5	142.5

Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron: altura de planta (cm) y diámetro basal del tallo (cm), rendimiento (t ha⁻¹) y componentes del rendimiento (cantidad de racimos/planta, cantidad de frutos/racimos y peso de fruto (g), calidad (longitud de fruto (cm), diámetro de fruto (cm) y grado brix), las variables ambientales (temperatura mínima (°C), temperatura máxima (°C), humedad del suelo (%), humedad relativa (%), presión del aire (PSI), intensidad lumínica (lux), temperatura del suelo (°C), conductividad eléctrica (mmhos/cm) y económicas (rentabilidad o ingresos económicos por tratamiento).

Análisis de los datos

Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico InfoStat (2018). Se realizó análisis de varianza, separación de media por Duncan al 5 % y pruebas de Kruskal Wallis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desarrollo vegetativo de las variedades de tomate de mesa en ambiente protegido

Altura de plantas en variedades de tomate de mesa

La altura de la planta (cm) fue medida al inicio de la floración, durante el desarrollo vegetativo. Los resultados del análisis de varianza indican diferencias estadísticas ($p < 0.0001$) con coeficiente de variación 3.79 % (Tabla 3). Se presentó efecto combinado entre variedades, sombra y fertilización. Este comportamiento indica que las variedades de tomate cultivadas en el invernadero expresan su potencial de crecimiento vegetativo en altura de plantas, como respuesta a la fertilización y la sombra, de manera conjunta y no de manera independiente de los factores.

En la comparación de medias por Duncan (5 %) Tabla 3, se aprecia que la variedad con menor altura (104.11 cm) fue la 'Bermello' con 60 % de sombra y programa de fertilización 1 (nivel más bajo de aplicación de nutrientes). La mayor altura (159.17 cm) se midió para la variedad 'Anairis' en la sombra de 60 % y programa de fertilización 3 (nivel más alto de fertilización), con similar comportamiento estadístico en altura (155.22 cm) con la variedad 'Bermello' bajo 30 % de sombra y el programa de fertilización 1. Se puede apreciar que las variedades mostraron crecimiento diverso en altura, tanto en niveles bajos, intermedios y altos, según la combinación en sombra y fertilización en la que se encontraba influenciada. Por tanto, la sombra y los programas de fertilización por sí solos no afectan el crecimiento vegetativo en altura de plantas de las variedades de tomate.

Tabla 3. Efecto combinado de variedades (Var), sombra (Som) y programa de fertilización (Fert), sobre la altura (cm) de las plantas de tomates de mesa.

Var	Som	Fert	Medias	n	E.E.	
Bermello	60	1	104.11	3	2.97	A
Bermello	0	3	107.44	3	2.97	A
Coreana	0	3	109.28	3	2.97	A
Belfast	30	2	112.95	3	2.97	A B
Coreana	0	2	120.44	3	2.97	B C
Coreana	0	1	121.67	3	2.97	B C D
Tremendity	60	2	122.55	3	2.97	C D E
Belfast	60	2	122.83	3	2.97	C D E
Belfast	30	1	123.28	3	2.97	C D E
Belfast	60	3	125.39	3	2.97	C D E
Belfast	30	3	125.61	3	2.97	C D E
Bermello	60	3	128.39	3	2.97	C D E F
Tremendity	60	1	129.00	3	2.97	C D E F G
Tremendity	0	2	129.78	3	2.97	C D E F G H
Bermello	0	1	129.78	3	2.97	C D E F G H
Coreana	30	1	131.33	3	2.97	D E F G H
Anairis	30	2	131.49	3	2.97	D E F G H I
Bermello	0	2	131.83	3	2.97	E F G H I
Bermello	60	2	132.11	3	2.97	E F G H I
Anairis	30	1	132.11	3	2.97	E F G H I

Belfast	60	1	132.56	3	2.97	E	F	G	H	I				
Tremendity	0	1	136.28	3	2.97	F	G	H	I	J				
Coreana	60	2	137.61	3	2.97	F	G	H	I	J	K			
Belfast	0	3	138.39	3	2.97	F	G	H	I	J	K	L		
Anairis	30	3	138.83	3	2.97	G	H	I	J	K	L			
Belfast	0	2	139.28	3	2.97	H	I	J	K	L	M			
Coreana	30	2	139.34	3	2.97	H	I	J	K	L	M			
Coreana	30	3	139.89	3	2.97	H	I	J	K	L	M			
Belfast	0	1	141.50	3	2.97	I	J	K	L	M	N			
Tremendity	0	3	142.94	3	2.97	J	K	L	M	N	O			
Coreana	60	3	144.06	3	2.97	J	K	L	M	N	O	P		
Coreana	60	1	144.37	3	2.97	J	K	L	M	N	O	P		
Anairis	0	1	144.89	3	2.97	J	K	L	M	N	O	P	Q	
Tremendity	60	3	145.83	3	2.97	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
Anairis	60	1	147.39	3	2.97	K	L	M	N	O	P	Q	R	
Bermello	30	2	148.11	3	2.97	L	M	N	O	P	Q	R		
Tremendity	30	2	148.25	3	2.97	L	M	N	O	P	Q	R		
Anairis	0	3	149.02	3	2.97	M	N	O	P	Q	R			
Bermello	30	3	150.33	3	2.97	N	O	P	Q	R	S			
Anairis	0	2	151.00	3	2.97	N	O	P	Q	R	S			
Tremendity	30	3	152.57	3	2.97	O	P	Q	R	S				
Tremendity	30	1	153.88	3	2.97	P	Q	R	S					
Anairis	60	2	154.67	3	2.97	Q	R	S						
Bermello	30	1	155.22	3	2.97	R	S							
Anairis	60	3	159.17	3	2.97	S								

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); n = tamaño de muestra; EE = error experimental.

Diámetro basal del tallo de plantas de tomate de mesa

Los resultados del análisis de varianza indican diferencias estadísticas ($p < 0.0001$) y coeficiente de variación 2.79 %, para diámetro basal del tallo de las plantas, asociadas al efecto combinado de las variedades y programas de fertilización. La variedad con menor diámetro basal de tallo (0.92 cm) fue la 'Bermello' bajo sombra de 60 % y el programa 1, resultando estadísticamente inferior a las demás para esta variable. El mayor diámetro de 1.42 cm se midió para la variedad 'Doterang' (coreana) en la sombra de 60 % y programa de fertilización 2 (nivel recomendado de aplicación de nutrientes), con similar comportamiento estadístico en diámetro del tallo de la planta (1.33 cm) para 'Belfast', bajo 0% reducción de luz y aplicación del programa 1 de fertilización (Tabla 4).

Tabla 4. Efecto combinado de variedades, sombra y programa de fertilización, sobre el diámetro (cm) del tallo de las plantas de tomates de mesa.

Variedad	Sombra	Fertilización	Medias	N	E.E.	
Bermello	60	1	0.92	3	0.04	A
Belfast	30	1	1.11	3	0.04	B
Tremendity	60	1	1.13	3	0.04	B C
Anairis	30	1	1.14	3	0.04	B C D
Tremendity	60	3	1.14	3	0.04	B C D
Bermello	60	2	1.15	3	0.04	B C D
Bermello	0	3	1.15	3	0.04	B C D
Bermello	60	3	1.15	3	0.04	B C D
Anairis	60	2	1.15	3	0.04	B C D
Tremendity	0	1	1.15	3	0.04	B C D
Bermello	0	2	1.17	3	0.04	B C D
Doterang	60	3	1.17	3	0.04	B C D
Belfast	60	3	1.18	3	0.04	B C D
Anairis	60	3	1.18	3	0.04	B C D
Belfast	30	3	1.19	3	0.04	B C D
Belfast	60	1	1.19	3	0.04	B C D
Doterang	0	3	1.19	3	0.04	B C D
Coreana	0	1	1.19	3	0.04	B C D
Bermello	30	2	1.20	3	0.04	B C D E
Anairis	60	1	1.20	3	0.04	B C D E
Anairis	30	3	1.20	3	0.04	B C D E
Belfast	0	3	1.21	3	0.04	B C D E
Tremendity	60	2	1.21	3	0.04	B C D E
Doterang	0	2	1.21	3	0.04	B C D E
Belfast	30	2	1.21	3	0.04	B C D E
Tremendity	30	3	1.22	3	0.04	B C D E
Tremendity	0	2	1.22	3	0.04	B C D E
Doterang	30	2	1.22	3	0.04	B C D E
Anairis	30	2	1.22	3	0.04	B C D E
Belfast	0	2	1.23	3	0.04	B C D E
Tremendity	0	3	1.23	3	0.04	B C D E
Doterang	60	1	1.23	3	0.04	B C D E
Bermello	30	1	1.23	3	0.04	B C D E
Bermello	0	1	1.23	3	0.04	B C D E
Belfast	60	2	1.24	3	0.04	B C D E
Anairis	0	2	1.24	3	0.04	B C D E
Anairis	0	3	1.24	3	0.04	B C D E
Doterang	30	3	1.24	3	0.04	B C D E
Doterang	30	1	1.25	3	0.04	B C D E
Tremendity	30	2	1.26	3	0.04	C D E
Tremendity	30	1	1.26	3	0.04	C D E
Anairis	0	1	1.27	3	0.04	C D E
Bermello	30	3	1.29	3	0.04	D E
Belfast	0	1	1.33	3	0.04	E F
Doterang	60	2	1.42	3	0.04	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); n = tamaño de muestra; EE = error experimental.

El desarrollo vegetativo de las variedades de tomates de mesa con ambiente protegido fue influenciado al hacer cambios en los niveles de sombra y programas de nutrición. Este hecho quedó evidenciado en la variedad 'Bermello' que exhibió su mayor crecimiento en altura con nivel de sombra al 30 % y grosor de tallo a nivel de nutrición diferente. Este resultado parece indicar que la variedad presenta poca variación en el desarrollo vegetativo, cuando se varían los niveles de nutrición bajo un mismo

nivel de sombra. Con similar comportamiento, la variedad 'Tremendity' resultó favorecida por la sombra al 30 % y con poca variación cuando se aplicó los niveles de nutrición.

La variedad 'Anairis', la más sembrada en los invernaderos de Constanza, también creció influenciada por los cambios en los niveles de sombra y nutrición. Esta variedad alcanzó su mayor altura de plantas con el mayor nivel de sombra (60 %); sin embargo, el mayor grosor del tallo cuando se sembró con 0 % de sombra y con el menor nivel de nutrición. Las variedades 'Belfast' y 'Doterang' se mostraron más favorecidas que las demás en el grosor del tallo, cuando fueron sembradas bajo 0 y 60 % de sombra y niveles bajo y recomendado de nutrición, respectivamente.

Componentes del Rendimiento en variedades de tomate de mesa en ambiente protegido

Rendimiento promedio de racimos/planta de las variedades de tomate

El rendimiento, principal parámetro para evaluar una variedad, generalmente referido como t/ha o kg/m², se evalúa por la expresión de algunos parámetros relacionados y en cuanto a racimos/planta, los resultados del análisis de varianza indican diferencias estadísticas ($p = 0.0015$) y coeficiente de variación 5.22 %, asociadas al efecto combinado de las variedades, sombra y fertilización. En la comparación media de Duncan (0.05) la variedad con menor número promedio de racimos/planta (3.56) fue 'Bermello' bajo sombra de 60 % y el programa (3) con mayor nivel de fertilización, resultando estadísticamente inferior a las demás combinaciones para esta variable, Tabla 5.

El mayor número promedio de racimos/planta (5.78) se midió para la variedad 'Tremendity' en la sombra de 0 % y programa de fertilización 2. El comportamiento estadístico en racimos/planta entre las demás variedades ('Anairis', 'Belfast' y 'Doterang') varío entre 4 y 5 racimos/planta, al depender de las diversas combinaciones de sombras y programas de fertilización.

No obstante, la variedad 'Bermello' mostró ser más sensible a la mayor cantidad de sombra (60 %) con los mayores (1 y 3) niveles de fertilización, con cantidades (3.89 y 3.56) de racimos/planta, respectivamente. Sin embargo, presentó entre las mayores cantidades de racimos cuando se colocó entre 0 y 30% de sombra, combinados con los programas de fertilización 2 y 3. La variedad 'Anairis' es otra que muestra comportamiento interesante cuando se aplican los tres programas de fertilización y se combinan a 0 % de sombra, incluyendo 60 % de sombra y el nivel de fertilización 1.

En estudio realizado por Machado *et al.* (2007), evaluaron diferentes números de racimos/planta (2, 4 y 8) en dos híbridos comerciales de tomate y a medida que se aumentó el número de racimos/planta, la producción total y comercial fue mayor. Como resultado de esto, la variedad 'Tremendity' debería presentar resultado similar a este; sin embargo, mayor número de frutos/planta haría referencia a mayor número de frutos cosechados por unidad de área. Esto marca la diferencia de que la variedad 'Anairis' logró mayor rendimiento.

Tabla 5. Efecto combinado de variedades, sombra y programa de fertilización, sobre el promedio de racimos/planta en tomates de mesa.

Variedad	Sombra	Fertilización	Medias	n	E.E																
Bermello	60	3	3.56	3	0.07	A															
Bermello	60	1	3.89	3	0.07	A	B														
Doterang	30	3	3.89	3	0.07	A	B														
Belfast	60	1	3.89	3	0.07	A	B														
Belfast	0	3	4.00	3	0.07	A	B	C													
Doterang	0	1	4.00	3	0.07	A	B	C													
Tremendity	0	1	4.22	3	0.07	A	B	C	D												
Belfast	0	2	4.22	3	0.07	A	B	C	D												
Belfast	30	1	4.22	3	0.07	A	B	C	D												
Doterang	30	2	4.33	3	0.07	A	B	C	D	E											
Anairis	60	3	4.33	3	0.07	A	B	C	D	E											
Doterang	30	1	4.33	3	0.07	A	B	C	D	E											
Anairis	60	2	4.44	3	0.07	A	B	C	D	E	F										
Anairis	30	2	4.44	3	0.07	A	B	C	D	E	F										
Tremendity	60	1	4.44	3	0.07	A	B	C	D	E	F										
Tremendity	30	3	4.55	3	0.07		B	C	D	E	F	G									
Tremendity	30	2	4.55	3	0.07		B	C	D	E	F	G									
Tremendity	60	2	4.56	3	0.07		B	C	D	E	F	G									
Doterang	60	2	4.56	3	0.07		B	C	D	E	F	G									
Doterang	60	3	4.56	3	0.07		B	C	D	E	F	G									
Tremendity	30	1	4.67	3	0.07		B	C	D	E	F	G									
Doterang	60	1	4.67	3	0.07		B	C	D	E	F	G									
Anairis	30	3	4.67	3	0.07		B	C	D	E	F	G									
Bermello	60	2	4.78	3	0.07		B	C	D	E	F	G									
Tremendity	60	3	4.78	3	0.07		B	C	D	E	F	G									
Doterang	0	3	4.78	3	0.07		B	C	D	E	F	G									
Anairis	30	1	4.78	3	0.07		B	C	D	E	F	G									
Belfast	30	3	4.89	3	0.07		B	C	D	E	F	G									
Bermello	30	2	4.89	3	0.07		B	C	D	E	F	G									
Belfast	60	2	4.89	3	0.07		B	C	D	E	F	G									
Tremendity	0	3	4.89	3	0.07			C	D	E	F	G									
Bermello	30	1	5.00	3	0.07			C	D	E	F	G									
Belfast	0	1	5.00	3	0.07			C	D	E	F	G									
Doterang	0	2	5.00	3	0.07			C	D	E	F	G									
Belfast	60	3	5.00	3	0.07			C	D	E	F	G									
Bermello	0	1	5.00	3	0.07				D	E	F	G									
Belfast	30	2	5.00	3	0.07				D	E	F	G									
Bermello	0	3	5.11	3	0.07				D	E	F	G									
Bermello	30	3	5.11	3	0.07					E	F	G									
Bermello	0	2	5.22	3	0.07					E	F	G									
Anairis	0	3	5.22	3	0.07						F	G									
Anairis	60	1	5.22	3	0.07							G									
Anairis	0	2	5.45	3	0.07								G								
Anairis	0	1	5.56	3	0.07									G							
Tremendity	0	2	5.78	3	0.07																H

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); n = tamaño de muestra; EE = error experimental.

Cantidad promedio de frutos de tomate/racimo

Los resultados del análisis de varianza indican diferencias estadísticas ($p = 0.0083$) y coeficiente de variación 6.60 %, para cantidad de frutos/racimo, asociadas al efecto combinado de variedades cultivadas bajo tres niveles de sombra y tres niveles de fertilización, Tabla 6.

Mediante la comparación de media por Duncan (0.05), la variedad con menor cantidad promedio de frutos/racimo (2.51) fue la 'Bermello' bajo sombra de 0 % y el programa (3) de mayor nivel de fertilización (Tabla 7), resultando estadísticamente inferior a las demás combinaciones para esta variable. El mayor promedio de frutos/racimo (4.99) se midió para la variedad 'Anairis' en la sombra de 30 % y programa de fertilización 2, recomendado en Constanza. El comportamiento estadístico en frutos por racimos entre las demás variedades 'Belfast', 'Tremendity' y 'Doterang', varió entre 2 y 4 frutos, en dependencia de las combinaciones de niveles de sombra y programas de fertilización.

Tabla 6. Efecto combinado de variedades, sombra y programa de fertilización, sobre el promedio de frutos/racimo en tomates de mesa.

Variedad	Sombra	Fertilización	Medias	n	E.E.	
Bermello	0	3	2.51	3	0.07	A
Doterang	30	1	2.54	3	0.07	A B
Doterang	60	3	2.71	3	0.07	A B C
Bermello	0	2	2.82	3	0.07	A B C D
Anairis	60	1	2.82	3	0.07	A B C D
Doterang	30	2	2.96	3	0.07	A B C D E
Bermello	0	1	2.99	3	0.07	A B C D E F
Bermello	30	3	3.03	3	0.07	A B C D E F G
Bermello	60	2	3.05	3	0.07	A B C D E F G H
Bermello	60	3	3.18	3	0.07	A B C D E F G H I
Anairis	60	3	3.19	3	0.07	A B C D E F G H I J
Tremendity	0	3	3.2	3	0.07	A B C D E F G H I J
Anairis	30	1	3.21	3	0.07	A B C D E F G H I J K
Bermello	60	1	3.27	3	0.07	A B C D E F G H I J K
Tremendity	0	2	3.27	3	0.07	A B C D E F G H I J K
Anairis	0	2	3.34	3	0.07	B C D E F G H I J K
Tremendity	60	3	3.35	3	0.07	B C D E F G H I J K
Anairis	60	2	3.38	3	0.07	C D E F G H I J K
Tremendity	0	1	3.4	3	0.07	C D E F G H I J K
Tremendity	60	1	3.41	3	0.07	C D E F G H I J K
Anairis	0	1	3.41	3	0.07	C D E F G H I J K
Anairis	30	3	3.44	3	0.07	C D E F G H I J K
Belfast	30	1	3.53	3	0.07	C D E F G H I J K L
Tremendity	30	3	3.55	3	0.07	C D E F G H I J K L
Tremendity	30	2	3.58	3	0.07	C D E F G H I J K L
Bermello	30	1	3.58	3	0.07	C D E F G H I J K L

Belfast	0	1	3.64	3	0.07	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Doterang	60	1	3.71	3	0.07	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Bermello	30	2	3.72	3	0.07		E	F	G	H	I	J	K	L
Belfast	60	3	3.72	3	0.07		E	F	G	H	I	J	K	L
Doterang	30	3	3.76	3	0.07		E	F	G	H	I	J	K	L
Anairis	0	3	3.82	3	0.07		E	F	G	H	I	J	K	L
Doterang	60	2	3.84	3	0.07		E	F	G	H	I	J	K	L
Tremendity	60	2	3.91	3	0.07			F	G	H	I	J	K	L
Tremendity	30	1	3.92	3	0.07				G	H	I	J	K	L
Belfast	60	1	3.92	3	0.07				G	H	I	J	K	L
Doterang	0	2	3.93	3	0.07				G	H	I	J	K	L
Doterang	0	1	3.94	3	0.07				G	H	I	J	K	L
Belfast	60	2	3.95	3	0.07					H	I	J	K	L
Doterang	0	3	4.03	3	0.07						I	J	K	L
Belfast	0	2	4.12	3	0.07							I	J	K
Belfast	30	3	4.13	3	0.07								J	K
Belfast	30	2	4.16	3	0.07									K
Belfast	0	3	4.53	3	0.07									
Anairis	30	2	4.99	3	0.07									

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); n = tamaño de muestra; EE = error experimental.

Peso promedio (g) de frutos de tomate de mesa

Los resultados del análisis de varianza indica diferencias estadísticas ($p < 0.0001$) y coeficiente de variación 11.30 %, para peso promedio de frutos, asociadas al efecto combinado de variedades cultivadas bajo tres niveles de sombra. No hubo influencia de los niveles de fertilización, Tabla 7.

Mediante la comparación media por Duncan (0.05), la variedad con menor peso promedio de frutos (137.86 g) fue 'Tremendity' bajo sombra de 0 %, Tabla 8, resultando estadísticamente inferior a 'Tremendity' con 30% de sombra y peso de 203.09 g con el mayor peso promedio de fruto. El comportamiento estadístico del peso de los frutos para la variedad 'Doterang' varió entre 151 y 199.95 g, en dependencia de 30 y 60 % de sombras, respectivamente, en similar resultado con la variedad 'Tremendity'.

Tabla 7. Efecto combinado de variedades y sombra sobre el peso promedio (g) de frutos en tomates de mesa.

Variedad	Sombra	Medias	n	E.E.
Tremendity	0	137.86	9	7.54 A
Doterang	30	151.00	9	7.54 AB
Anairis	30	152.89	9	7.54 AB
Doterang	0	161.01	9	7.54 ABC
Bermello	60	161.22	9	7.54 ABC
Belfast	60	167.83	9	7.54 BCD
Belfast	30	168.06	9	7.54 BCD
Bermello	0	169.75	9	7.54 BCDE
Belfast	0	171.47	9	7.54 BCDE
Tremendity	60	173.24	9	7.54 BCDE
Bermello	30	186.14	9	7.54 CDEF
Anairis	0	188.00	9	7.54 DEF
Anairis	60	194.45	9	7.54 EF
Doterang	60	199.95	9	7.54 F
Tremendity	30	203.09	9	7.54 F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); n = tamaño de muestra; EE = error experimental.

Rendimiento promedio ($t\ ha^{-1}$) de tomate de mesa

Los resultados del análisis de varianza indican diferencias estadísticas ($p < 0.0001$) y coeficiente de variación 9.68 %, para el rendimiento de frutos, asociadas al efecto combinado de las variedades cultivadas bajo tres niveles de sombra. No hubo efecto de los niveles de fertilización, Tabla 8.

Mediante la comparación media por Duncan (0.05), la variedad con menor rendimiento promedio de frutos ($14.82\ t\ ha^{-1}$) fue la 'Doterang' bajo 0 % de sombra. El mayor rendimiento promedio de frutos ($44.83\ t\ ha^{-1}$) se obtuvo con 'Anairis' en la sombra de 30 %. Esta misma variedad cuando se varió la sombra a 60 y 0 %, los rendimientos redujeron a 33.88 y $31.48\ t\ ha^{-1}$, respectivamente, Tabla 8. El comportamiento estadístico del rendimiento entre las demás variedades 'Tremendity', 'Belfast' y 'Bermello' varió entre 22 y $55\ t\ ha^{-1}$, bajo las diversas combinaciones de sombras. Según FAOSTAT (2020), el rendimiento promedio mundial de tomates, para el año 2019, se sitúa en $35.93\ t\ ha^{-1}$; sin embargo, este varía según el continente y país de que se trate. En las regiones norte, central y sur americana, el rendimiento fue 97.27 , 47.73 y $58.04\ t\ ha^{-1}$, respectivamente.

La región del caribe registra rendimientos de $16.08\ t\ ha^{-1}$ y para República Dominicana según esta misma fuente reporta rendimientos de $37.99\ t\ ha^{-1}$, ligeramente superior al promedio mundial. Los rendimientos aquí logrados, superan los logrados en el caribe y podríamos acercarnos a los reportados en américa central, en condiciones de nuestro estudio, si se hacen los ajustes necesarios con las variedades y el nivel de sombra adecuados para lograrlo, como se perfila con la variedad Anairis, cuyo máximo rendimiento se sitúa entre 30 y 60 % de sombra, para expresar su mayor potencial productivo.

Tabla 8. Efecto combinado de variedades y sombra sobre el rendimiento (t.ha-1) promedio de frutos en tomates de mesa.

Variedad	Sombra	Medias	N	E.E.
Doterang	0	14.82	9	1.68 A
Belfast	60	22.52	9	1.68 B
Doterang	30	25.21	9	1.68 BC
Tremendity	0	26.05	9	1.68 BCD
Doterang	60	26.59	9	1.68 BCD
Bermello	60	26.63	9	1.68 BCD
Tremendity	60	27.44	9	1.68 BCD
Belfast	0	27.75	9	1.68 BCD
Belfast	30	28.95	9	1.68 CDE
Anairis	0	31.48	9	1.68 CDEF
Anairis	60	33.88	9	1.68 EF
Bermello	30	35.48	9	1.68 F
Tremendity	30	35.63	9	1.68 F
Bermello	0	35.77	9	1.68 F
Anairis	30	44.83	9	1.68 G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); n = tamaño de muestra; EE = error experimental.

Calidad del fruto de tomate de mesa en ambiente protegido

Diámetro promedio (cm) de frutos en variedades de tomates de mesa

Los resultados del análisis de varianza indican diferencias estadísticas ($p < 0.0051$) y coeficiente de variación 1.19 %, para el diámetro promedio de frutos, asociadas al efecto combinado de variedades cultivadas bajo tres niveles de sombra. No hubo influencia de los niveles de fertilización.

Mediante la comparación medias por Duncan (0.05), la variedad con menor diámetro promedio de frutos (6.21 cm) fue la 'Doterang' bajo sombra de 0 % (Tabla 8). El mayor diámetro promedio de frutos (6.77 cm) se midió para la variedad 'Anairis' en la sombra de 0 %. El comportamiento estadístico del diámetro promedio de frutos entre las demás variedades 'Bermello', 'Belfast' y 'Tremendity' varió entre 6.33 y 6.74 cm, en combinación de los niveles de sombras.

Tabla 9. Efecto combinado de variedades y sombra sobre el diámetro promedio (cm) de frutos en tomates de mesa

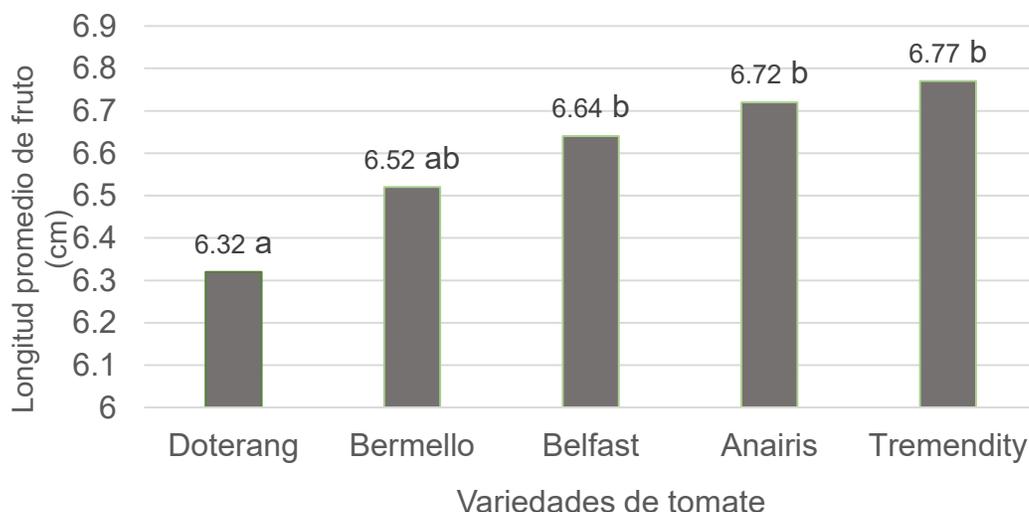
Variedad	Sombra	Medias	N	E.E.		
Doterang	0	6.21	9	0.01	A	
Doterang	30	6.33	9	0.01	A	B
Bermello	60	6.48	9	0.01		B C
Doterang	60	6.48	9	0.01		B C
Belfast	0	6.57	9	0.01		C D
Anairis	60	6.61	9	0.01		C D E
Tremendity	60	6.62	9	0.01		C D E
Bermello	30	6.62	9	0.01		C D E
Tremendity	0	6.63	9	0.01		C D E
Bermello	0	6.66	9	0.01		D E
Belfast	30	6.66	9	0.01		D E
Tremendity	30	6.69	9	0.01		D E
Anairis	30	6.69	9	0.01		D E
Belfast	60	6.74	9	0.01		D E
Anairis	0	6.77	9	0.01		E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); n = tamaño de muestra; EE = error experimental.

Longitud promedio (cm) de frutos en variedades de tomates de mesa

Los resultados del análisis de varianza indican diferencias estadísticas ($p < 0.0154$) y coeficiente de variación 3.32 %, para la longitud de frutos, asociadas solo al efecto de variedades. Para esta variable la expresión de la longitud de los frutos solo se circunscribe a características varietales y no por efecto de los niveles de sombra o fertilización evaluados en las condiciones del estudio, Figura 1.

Mediante la comparación de media por Duncan (0.05), la variedad con menor longitud promedio de frutos (6.32 cm) fue la 'Doterang'. El mayor promedio de longitud de frutos (6.77 cm) se midió para la variedad 'Tremendity', Figura 1. El comportamiento estadístico en longitud de frutos entre las demás variedades 'Bermello', 'Belfast' y 'Anairis' varió entre 6.52 y 6.72 cm.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

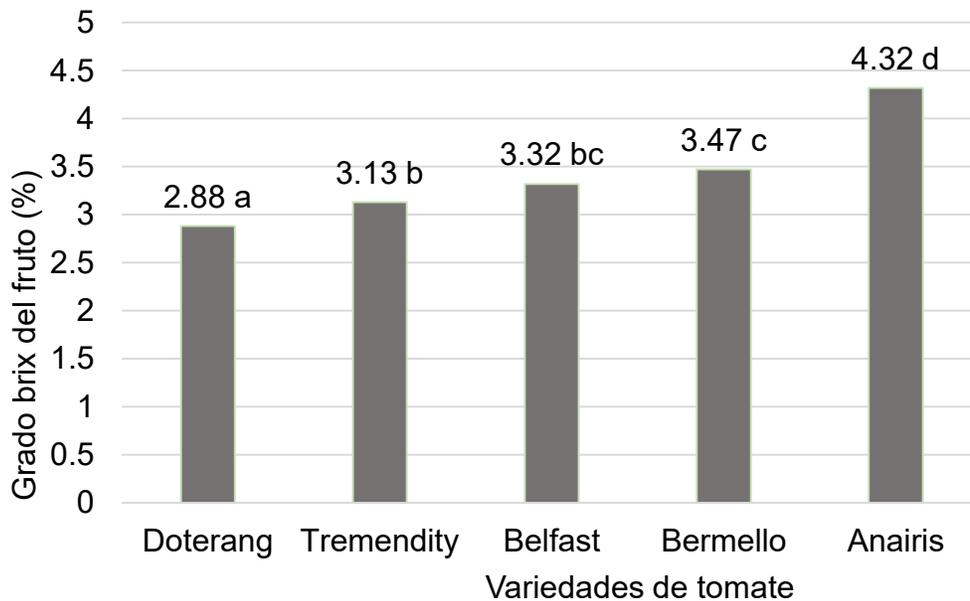
Figura 1. Efecto de las variedades sobre longitud promedio (cm) de frutos de tomate de mesa.

Grado Brix promedio (%) de frutos en variedades de tomates de mesa

Los resultados del análisis de varianza indican diferencias estadísticas ($p < 0.0001$) y coeficiente de variación 17.70 %, para el grado Brix de los frutos, asociado solo al efecto de las variedades cultivadas, Figura 2.

Mediante la comparación de medias por Duncan (0.05), la variedad con menor grado Brix (2.88 %) fue la 'Doterang'. El mayor valor promedio en °Brix (4.32 %) se obtuvo para la variedad 'Anairis', Figura 2. El comportamiento estadístico en °Brix entre las demás variedades 'Tremendity', 'Belfast' y 'Bermello', varió entre 3.13 y 3.47 %.

Cantwell (2004), indica que el contenido de sólidos solubles de los tomates en general, se sitúa entre 3.5 y 7.0 °Brix, dependiendo de la variedad. Por otra parte, Arana *et al.* (2007), señalan el rango de sólidos solubles entre 4 y 6 °Brix, que se relaciona con el aroma y sabor de los frutos y Aguayo y Artés (2004) destacan que las cualidades organolépticas de los tomates están relacionadas con su composición química. En este sentido, las variedades en estudio presentan contenido de sólidos solubles particulares intermedios y en relación a este resultado Cantwell (2004) considera el rango de °Brix entre 3 y 4 como generalmente bajo. En este trabajo no fue detectado influencia de la sombra o programas de nutrición por lo que este comportamiento depende de la variedad.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Figura 2. Efecto de variedades sobre el grado Brix (%) de frutos de tomates de mesa.

Variables ambientales registradas dentro del invernadero

Se realizó análisis no paramétrico, mediante prueba de Kruskal Wallis y se encontró que solo la temperatura mínima ($p = 0.0242$) y la intensidad lumínica ($p = 0.0271$) presentaron diferencias estadísticas entre los niveles de sombra en el invernadero, Tabla 8. La temperatura mínima más baja ($20.64\text{ }^{\circ}\text{C}$) se registró en el área con 60 % de sombra, la más alta ($22.92\text{ }^{\circ}\text{C}$) se registró en el área de sombra cero. La temperatura es un factor que influye en la eficiencia de la fotosíntesis y limita los rendimientos de los cultivos hortícolas, Maroto (2008). En tal sentido, Gómez *et al.* (2010) señalan que el tomate es una planta hortícola que se desarrolla muy bien con temperatura entre 18 y $26\text{ }^{\circ}\text{C}$, pero exige temperatura nocturna de $17 \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ y diurna de $23 \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$, para su mejor desarrollo y fructificación. Las demás variables ambientales, aunque con valores diferentes bajo los niveles de sombra, no fueron significativas estadísticamente. Por tanto, temperatura mínima y la intensidad lumínica podrían ser las más influyentes en el comportamiento de las variedades de tomate.

Según Bruggink y Heuvelink (1987) evidenciaron que reducción en la intensidad de luz produce una disminución de la tasa de asimilación de fotosintatos e incrementa el índice de área foliar. Señalan que el crecimiento de los frutos de tomate está íntimamente relacionado con la temperatura, siendo óptimo entre 10 - $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, aunque a partir de $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ reduce la tasa de crecimiento y cosecha. Siendo óptimo entre 10 - $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, aunque a partir de $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ reduce la tasa de crecimiento y cosecha. La mayor intensidad lumínica fue 815 lux , registrada en el área del invernadero con cero sombras. La menor intensidad lumínica correspondió al área del invernadero a 60 % de sombra, con valor de 282.28 lux .

De acuerdo a Maas y Hoffman (1977) la máxima salinidad del suelo que tolera el cultivo del tomate es de 2,5 dS/m, con una reducción de cerca del 10% en la producción por cada unidad de incremento de la salinidad por encima de ese límite. En nuestra condición la conductividad eléctrica no fue limitante cuyo mayor valor (0.64 dS/m) fue registrado en el área de invernadero con sombra 30 %, Tabla 10.

En este estudio pueden destacarse dos elementos importantes que no fueron tomados como fuentes de variación, estos son, la regulación de la temperatura mediante la apertura y cierre de la ventana cenital del invernadero y dosis y frecuencias de riego. Ambos factores podrían entrar como factores de evaluación en futuros trabajos de investigación. De esta manera se podrían obtener mejores ajustes en las condiciones de producción de las variedades de tomate, las cuales permitan la mayor expresión del potencial productivo de las mismas.

Tabla 10. Comportamiento de variables ambientales y del sustrato, medidas en la estructura de invernadero con diferentes niveles de sombreado.

Variables	Niveles de sombra (%)			P
	0	30	60	
Temperatura Mínima (°C)	22.92 b	21.60 ab	20.64 a	0.0242
Temperatura Máxima (°C)	32.12	29.70	28.36	0.1578
Humedad Relativa (%)	60.94	63.74	64.08	0.7539
Presión del aire	882.68	882.74	882.82	0.7137
Intensidad lumínica	815.00 b	362.48 ab	282.28 a	0.0271
Humedad del suelo (%)	22.84	25.60	28.42	0.4781
Temperatura del suelo (19.68	19.46	18.16	0.7444
Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	0.30	0.64	0.39	0.5445

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$; P = probabilidad).

Ingresos generados

El tratamiento con el mayor ingreso fue T14 (Belfast+ 30% sombra+ Programa fertilización 2) con ingreso de DOP \$ 5,131,593.88. Mientras que los tratamientos 1, 9,10, 12, 24, 30, 34, 35, 36, 39, 42 y 45 no generaron beneficios brutos (Tabla 10).

Tabla 10. Rendimientos, ingresos, costos y beneficios/tratamientos.

Tratamientos	Rend. (t/ha)	Ingresos/ trat. (DOP\$)	Costos (DOP\$)	Beneficios brutos (DOP\$)
T1= Bermello+ 60% somb+ Programa fert 1	78.42	3,136,800.00	3,184,373.72	- 47,573.72
T2= Bermello+ 60% somb+ Programa fert 2	112.59	4,503,600.00	1,888,406,12	2,615,193.88
T3=Bermello+ 60% somb+ Programa fert 3	116.29	4,651,600.00	4,480,074.66	171,525.34
T4= Bermello+ 30% somb+ Programa fert 1	185.37	7,414,800.00	3,184,373.72	4,230,426.28
T5= Bermello+ 30% somb+ Programa fert 2	141.78	5,671,200.00	1,888,406,12	3,782,793.88
T6=Bermello+ 30% somb+ Programa fert 3	146.40	5,856,000.00	4,480,074.66	1,375,593.34
T7= Bermello+ 0% somb+ Programa fert 1	109.82	4,392,800.00	3,184,373.72	1,208,426.28
T8= Bermello+ 0% somb+ Programa fert 2	128.16	5,126,400.00	1,888,406,12	3,237,993.88
T9= Bermello+ 0% somb+ Programa fert 3	98.93	3,957,200.00	4,480,074.66	-522,874.66
T10= Belfast+ 60% somb+ Programa fert 1	78.75	3,150,000.00	3,184,373.72	-33,973.72
T11= Belfast+ 60% somb+ programa fert 2	95.44	3,817,600.00	1,888,406,12	1,929,193.88
T12= Belfast+ 60% somb+ Programa fert 3	87.21	3,488,400.00	4,480,074.66	-991,674.66
T13= Belfast+ 30% somb+ Programa fert 1	154.25	6,170,000.00	3,184,373.72	2,985,626.28
T14= Belfast+ 30% somb+ Programa fert 2	175.50	7,020,000.00	1,888,406,12	5,131,593.88
T15= Belfast+ 30% somb+ Programa fert 3	121.58	4,863,200.00	4,480,074.66	383,725.34
T16= Belfast+ 0% somb+ Programa fert 1	83.42	3,336,800.00	3,184,373.72	152,426.28
T17= Belfast+ 0% somb+ Programa fert 2	95.85	3,834,000.00	1,888,406,12	1,945,593.88
T18= Belfast+ 0% somb+ Programa fert 3	124.47	4,978,800.00	4,480,074.66	498,725.34
T19= Doterang+ 60% somb+ Programa fert 1	129.39	5,175,600.00	3,184,373.72	1,991,226.28
T20= Doterang+ 60% somb+ Programa fert 2	119.65	4,786,000.00	1,888,406,12	2,897,593.34
T21= Doterang+ 60% somb+ Programa fert3	140.42	5,616,800.00	4,480,074.66	1,136,725.34
T22= Doterang+ 30% somb+ programa fert 1	80.92	3,236,800.00	3,184,373.72	42,026.28
T23= Doterang+ 30% somb+ Programa fert 2	80.66	3,226,400.00	1,888,406,12	1,337,993.88
T24= Doterang+ 30% somb+ Programa fert 3	87.06	3,482,400.00	4,480,074.66	-997,674.66
T25= Doterang+ 0% somb+ Programa fert 1	136.36	5,454,400.00	3,184,373.72	2,270,026.28
T26= Doterang+ 0% somb+ Programa fert 2	157.21	6,288,400.00	1,888,406,12	4,399,993.88
T27= Doterang+ 0% somb+ Programa fert 3	141.71	5,668,400.00	4,480,074.66	1,188,325.34
T28= Tremendity+ 60% somb+ Programa fert 1	91.18	3,647,200.00	3,184,373.72	462,826.28
T29= Tremendity+ 60% somb+ Programa fert 2	82.46	3,258,400.00	1,888,406,12	1,369,993.88
T30= Tremendity+ 60% somb+ Programa fert 3	72.46	2,898,400.00	4,480,074.66	-1,581,674.66
T31= Tremendity+ 30% somb+ Programa fert 1	185.37	7,414,800.00	3,184,373.72	4,230,426.28
T32= Temendity+ 30% somb+ Programa fert 2	170.96	6,838,400.00	1,888,406,12	4,950,393.88
T33= Tremendity+ 30% somb+ Programa fert 3	213.07	8,522,800.00	4,480,074.66	4,042,725.34
T34= Tremendity+ 0% somb+ Programa fert 1	47.85	1,914,000.00	3,184,373.72	-1,270,373.72
T35= Tremendity+ 0% somb+ Programa fert 2	35.75	1,430,000.00	1,888,406,12	-458,405.12
T36= Tremendity+ 0% somb+ Programa fert 3	41.16	1,646,400.00	4,480,074.66	-2,833,674.66
T37= Anairis+ 60% somb+ Programa fert 1	100.09	4,003,600.00	3,184,373.72	819,226.28
T38= Anairis+ 60% somb+ Programa fert 2	111.25	4,450,000.00	1,888,406,12	2,561,593.88
T39= Anairis+ 60% somb+ Programa fert 3	104.28	4,171,200.00	4,480,074.66	-308,874.66
T40= Anairis+ 30% somb+ Programa fert 1	143.31	5,732,400.00	3,184,373.72	2,548,026.28
T41= Anairis+ 30% somb+ Programa fert 2	123.49	4,939,600.00	1,888,406,12	3,051,193.88
T42= Anairis+ 30% somb+ Programa fert 3	93.88	3,755,200.00	4,480,074.66	-724,874.66
T43= Anairis+ 0% somb+ Programa fert 1	141.78	5,671,200.00	3,184,373.72	2,486,826.28
T44= Anairis+ 0% somb+ Programa fert 2	132.11	5,284,400.00	1,888,406,12	3,395,993.88
T45= Anairis+ 0% somb+ Programa ferti 3	98.68	3,947,200.00	4,480,074.66	-532,874.66

Precio de venta= RD20.00 libra. Precio (lb) de los fertilizantes (precio: Nitrato de calcio soluble=11.33, Nitrato de potasa cristalino= 25.56, Fosfato monopotásico (0-52-34) =43.56, Sulfato de potasio soluble (52% K₂O) = 17.19, Sulfato de magnesio= 9.04, Fersan micro mix inv.SNP-2= 2,820.45.

CONCLUSIONES

Se determinó el efecto del sombreado y la nutrición sobre el desarrollo de las plantas de variedades de tomate de mesa en ambiente protegido. La variedad 'Anairis' a 60 % de sombra y programa de fertilización 3, produjo mayor altura promedio de plantas. 'Doterang' (coreana), con 60 % de sombra y programa de fertilización 2, produjo mayor diámetro basal del tallo. La variedad 'Bermello' con 60 % de sombra y programa de fertilización 1, produjo menores promedios en altura y diámetro de plantas. Estos resultados destacan que durante el desarrollo vegetativo la fertilización en el invernadero es de vital importancia para el cultivo, ya que al mismo nivel de sombra hubo respuestas diferentes de tres programas de nutrición y estas tres variedades de tomates.

El sombreado y la nutrición sobre el rendimiento y sus componentes (frutos/racimo, racimos/planta, peso de fruto) tuvieron su efecto entre las variedades. La variedad 'Tremendity' a 0 % de sombra y programa de fertilización 2 (recomendación actual) produjo mayor cantidad de racimos/planta, y Bermello bajo sombra 60 % y programa de fertilización 3 produjo menor promedio de racimos/planta. Mayor promedio de frutos/racimo fue para 'Anairis' en sombra 30 % y programa de fertilización 2 (recomendación actual), la variedad con menor promedio fue 'Bermello' bajo sombra 0 % y programa de fertilización 3. 'Tremendity' fue la variedad con mayor peso promedio/fruto bajo sombra 30% y a su vez la de menor peso bajo sombra de 0%. La variedad con mayor rendimiento promedio de tomates fue 'Anairis' en sombra 30 %, y menor lo presentó 'Doterang' bajo sombra 0 %. En los casos del peso promedio por frutos y rendimiento en $t\ ha^{-1}$, no hubo efectos estadísticos de los programas de nutrición. Se destaca que con la variedad 'Anairis', sombra al 30 % y la recomendación actual de aplicación nutrientes, el componente del rendimiento frutos /racimo influye en el rendimiento total.

El efecto del sombreado y la nutrición sobre la calidad del fruto (diámetro y largo de fruto, y grado brix) resultó con mayor diámetro promedio del fruto para la variedad 'Anairis' en sombra 0 %, y menor diámetro a la variedad 'Doterang', con la misma sombra. Mientras la variedad con la mayor longitud promedio de frutos fue 'Tremendity', y menor longitud correspondió a la variedad 'Doterang'. El mayor grado Brix resultó para 'Anairis' y menor a la variedad 'Doterang'. En casos de longitud de frutos y grado Brix, los efectos de niveles de sombra y fertilización no fueron estadísticamente significativos, más bien, responden a característica varietal de forma del fruto y concentración de sólidos totales.

En relación con el ingreso bruto/tratamiento en variedades de tomates de mesa, el mayor ingreso bruto se obtuvo con el tratamiento 'Belfast' + 30% sombra + Programa fertilización 2. Sin embargo, no se ubica entre las de mayores rendimientos, ni es muy demandada por productores y comercializadores. La temperatura mínima ($^{\circ}C$) y la intensidad lumínica (lux), influenciadas por los niveles de sombra, podrían ser las variables ambientales más influyentes en el comportamiento de las variedades de tomate.

Las variedades de tomates presentaron comportamientos diferentes con los niveles de sombra y los programas de fertilización con que fueron cultivadas, y responden de acuerdo con las etapas

fenológicas y calidad de frutos. Además, hubo influencias sobre los componentes del rendimiento, en especial frutos/racimo, que determina la expresión potencial del rendimiento de las variedades. La variedad 'Anairis'; de amplia aceptación por productores, comercializadores y consumidores, mostró cierta plasticidad durante la etapa de desarrollo vegetativo ante la variación de la sombra y la fertilización. Sin embargo, fue favorecida ante las demás, en su componente de rendimiento frutos/racimo, al reducirse la sombra al 30 % con recomendación de fertilización actual, y logró mayor rendimiento ($t\ ha^{-1}$) con esta misma sombra a independencia de la fertilización.

AGRADECIMIENTOS

A la Oficina de la Cooperación Agrícola en República Dominicana (KOPIA-RD) por el auspicio del proyecto "Mejoramiento de la calidad y productividad de tomate a través de la difusión de nuevas tecnologías en Constanza", ejecutado por Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF).

A los técnicos y obreros de la estación experimental del IDIAF en Constanza, por su colaboración y estrategias de manejo del cultivo.

LITERATURA CITADA

- Aguayo, E.; Artés, F. 2004. Elaboración del tomate mínimamente procesado en fresco. Compendios de Horticultura. 15. Ediciones de Horticultura S.L. Reus (España).
- Arana, I.; Jarén, C.; Arazuri, S.; García-Gembe, M.J.; Ursua, A.; Riga, P. 2007. Calidad del tomate fresco: técnica de cultivo y variedad. Universidad Pública de Navarra. Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural, Campus Arrosadia 31006 Pamplona. España. 5p.
- Bruggink, G.; Heuvelink, E. 1987. Influencia de la luz en el crecimiento de plantas jóvenes de tomate, pepino y pimiento dulce en invernadero: efectos sobre la tasa de crecimiento relativo, la tasa de asimilación neta y la proporción de área foliar. *Sci. Hortic.*, 31: 161-174.
- Cantwell, M. 2004. Fresh Market Tomato. Statewide Uniform Variety Trial Report Field and Postharvest Evaluations. University of California. South San Joaquin Valley, USA. 33p.
- Carballo, S.; Blandenship, S.; Sanders, D. 1994. Drip fertigation with nitrogen and potassium and postharvest susceptibility to bacterial soft rot of bell peppers. *J. Plant Nutr.* 17: 1175-1191.
- Casierra, P.; Moreno, D. 2007. Efecto de estrés por sombra sobre la planta de limonio (*Limonium* sp. CV. Bluestream). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas.* (1)2:236-238.
- Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, DO (Cedaf). 2012. Diagnóstico cultivos en invernaderos. Santo Domingo, República Dominicana. P3.
- Díaz, I.; Fueyo O.; Arrieta, A. 1999. Horticultura: La fertilización del tomate. (En línea). Revisado el 26 de enero del 2020. Disponible en: <http://www.serida.org/pdfs/2054.pdf>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT (FAO). 2013. El cultivo de tomate con buenas prácticas agrícolas en la agricultura urbana y periurbana. (En línea). Revisado el 10 de noviembre 2021. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i3359s/i3359s.pdf>
- Gómez, O.; Casanova, A.; Cardoza, H.; Piñeiro, F.; Hernández, J.; Murguido, C.; León, M.; Hernández, A. 2010. Guía técnica para la producción del cultivo del tomate. Editora Agroecología. Biblioteca ACTAF. IIH "Liliana Dimitrova", La Habana, CU.
- Hochmuth, G.; Hochmuth, R.; Donley, M.; Hanlon, E. 1993. Eggplant yield in response potassium fertilization on sandy soil. Hortscience. 28: 1002-1005.
- Maas, E.; Hoffman, G. 1977. Crop salt tolerance - current assessment. J. Irrig. and Drainage Div., ASCE 103 (IR2): 115-134.
- Machado, A.; Alvarenga, M.; Florentino, C. 2007. Produção de tomate italiano (saladete) sob diferentes densidades de plantio e sistemas de poda visando ao consumo in natura. Hort. Bras. 25: 149-15.
- Maroto B. 2008. Consumo de hortalizas y salud. Agrícola Vergel. 315: 138-143.
- NOVAGRIC. 2021. Mallas para invernaderos. (En línea). Consultado el 25 de abril del 2019. Disponible en: <http://www.novagric.com/es/venta-invernaderos-novedades/materiales-y-estructuras/mallas-invernaderos>
- Núñez, R.; Grijalva, C.; Robles, C.; Macias, D.; Escobosa, G.; Snatillano, C. 2016. Influencia de la fertirrigación nitrogenada en la concentración de nitratos en el extracto celular de peciolo, el rendimiento y la calidad de tomate de invernadero. Rev. FCA UNCUIYO. 2017. 49(2): 93-103. ISSN impreso 0370-4661.
- Obamalla. 2016. Casa sombra. (En línea). Consultado el 13 de enero del 2020. Disponible en: <https://casa-sombra.com/>
- Quesada, R.; Bertsch, H. 2012. Fertirriego en el rendimiento de híbridos de tomate producidos en invernaderos. Agronomía Mesoamericana 23(1):117-128. Universidad de Costa Rica, Alajuela, CR.
- RESUSA. 2021. Belfast F1. (En línea). Consultado el 25 de noviembre del 2019. Disponible en: <https://www.resusa.co.cr/images/material/Semillas/Semillas%20de%20Hortalizas/Tomates/Folleto%20Tomate%20BELFAST%20F1.pdf>
- Rodríguez, O. 2016. La plasticidad fenotípica de las plantas. Universidad de Málaga, Malaga, ES. (En línea). Consultado el 25 de junio del 2020. Disponible en: <https://www.infobiologia.net/2016/10/plasticidad-fenotipica-plantas.html>.
- Saing, A. 2012. Tomate Anairis. (En línea). Consultado el 25 de noviembre del 2019. Disponible en: <https://www.proteccionvegetal.com/tomate/726-tomate-a.html>.
- Semillas Copelo. 2021. Cacique F1 Rojo Pimiento. (En línea). Consultado el 14 de enero del 2020. Disponible en: <https://www.scapelo.com/productos/cacique-f1-rojo/>
- Seminis. 2021. Anairis. (En línea). Consultado el 25 de abril del 2019. Disponible en: <https://seminis.es/producto/anairis/743>.
- Smart Biblioteca. 2021. Guía de cultivos, nutrición de plantas, fertilizantes y más. (En línea). Consultado el 25 de abril del 2019. Disponible en: <https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/tomato-fertilizer>.
- Severino, J. 2016. Invernaderos, principal activo de la agricultura dominicana. El Dinero. (En línea). Consultado el 11 de enero del 2021. Disponible en: <https://www.eldinero.com.do/sobre-el-dinero>

