

CULTIVO DE ESPECIES HORTÍCOLAS EN ORGANOPONÍA SEMIPROTEGIDA: DENSIDAD DE SIEMBRA Y MANEJO NUTRIMENTAL

Noel J. Arozarena Daza¹, Alfredo Lino Brito¹, Renier Pérez Coipel¹, José F. Gil Vidal¹, Hipólito Ramos Cordero¹, Jesús Fernández Alonso¹, Bismark Creagh González¹, Grisel Croche Alfonso¹, Sonia Álvarez Encinosa¹, Ulises A. Socas Estrada¹, Ernesto A. Mesa Vilorio¹, Daniel Sánchez Reyes² y Magdiel Díaz Rodríguez².

¹ *Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt” (INIFAT); MINAG.*

² *Empresa Agropecuaria “Habana Libre”/Finca MURGAS; MINAZ.
daza@inifat.co.cu*

RESUMEN

Se estudió la respuesta productiva de variedades de acelga china (*Brassica rapa*, L. subsps.); lechuga (*Lactuca sativa*, L.) y pimiento (*Capsicum annuum*, L.), a diferentes densidades de plantación, en organoponía bajo tendales para reducción del 35 % de la radiación solar incidente. El objetivo fue identificar posibles efectos limitantes de normas de manejo agronómico vigentes, sobre la respuesta productiva de esas especies, como resultado de las condiciones de captura de radiación solar, nutrientes y agua por las plantas, determinadas por el tapado. Los resultados obtenidos validan el criterio de que el desempeño eficiente de la producción de estas hortalizas en la agrotecnología, se compromete con el estudio y definición de nuevas pautas de manejo nutricional y marcos de plantación; además de ser una condicionante para la obtención de producciones altas y estables, la satisfacción de tal demanda puede contribuir a la preservación de los atributos genéticos de las especies cultivadas. Consecuentemente se evaluó una propuesta de manejo agronómico empleando tomate (*Solanum lycopersicum*, L.) como especie indicadora: se llevó la densidad de siembra a ocho plantas por metro cuadrado y las plantaciones se condujeron mediante poda a dos racimos por planta, en tanto para la nutrición se aplicó un esquema bio-organomineral [portador de materia orgánica; microorganismos biofertilizadores; fertilizante mineral y bioestimulante FitoMas] capaz de sustentar el crecimiento, desarrollo y producción de los genotipos evaluados [híbrido HA 3057 y variedad FL 5], de manera similar a la garantizada mediante la aplicación de notables cantidades de insumos agroquímicos, en agrotecnologías de horticultura intensiva.

Palabras clave: nutrición vegetal; marco de plantación; bio-organomineral.

ABSTRACT

Response of *Brassica rapa* L. subsps. *Lactuca sativa* L. and *Capsicum annuum* L. to different sowing densities under covered organoponic conditions (reduction of 35% of sun incident radiation), was studied to identify the possible negative effects affecting plant development and production. Results indicate that, under shade conditions of the new agro technology, new concepts of nutritional and sowing management are necessary in order to guarantee high yields and for helping to prevent lacks of genetic attributes of cultivated species. To demonstrate that, a trial concerning bio organomineral nutrition management, pruning and high sowing density was carried out with *Solanum lycopersicum* L. as index plant, under the same agro technology conditions. Obtained data from hybrid HA 3057 and Cuban cultivar FI-5 indicate that it is possible to guarantee conditions for plants genetic and productive characteristics expression, by combining organic matter applications with mineral fertilizer and bio products based on microorganisms.

Key words: nutrition, sowing density, bioorganomineral, covered organoponic

INTRODUCCIÓN

La protección de plantas cultivadas mediante el empleo de cubiertas de agrotexiles es práctica agrotécnica concebida para atenuar la incidencia de la radiación solar y también disminuir el efecto limitante de los factores climáticos, en la expresión del potencial productivo de cultivos hortícolas, según Papadopoulos y Hao (1997); Casanova *et al.* (1998); Cristóbal, Cabrera y Díaz (1998) y Arozarena (1999).

En Cuba esa práctica incluye también a la organoponía semiprotegida que ha cobrado auge en el escenario agrícola nacional bajo patrocinio del MINAG ~sistema de Agricultura Urbana~ y el MINAZ ~tarea Álvaro Reynoso~ y que como modalidad de producción hortícola intensiva, sin dudas habrá de contribuir notablemente a la seguridad alimentaria de la población.

Por tratarse de una tecnología cara en términos de inversión, también se justifica orientarla hacia su rentabilidad económica mediante la inclusión de especies de alta demanda en el mercado, combinada con un manejo agronómico eficiente, en busca de rendimientos altos por unidades de superficie y tiempo, o sea: alta productividad.

Lo anterior también significa identificar y atender a través de la investigación y la extensión agraria, las demandas que el desempeño tecnológico genera. Así, la reconocida relación existente entre radiación incidente y actividad fotosintética, junto a la influencia decisiva que fotosíntesis y nutrición ejercen sobre la respuesta productiva de las especies cultivadas, se imponen como aspectos a tomar en cuenta en estas condiciones de cultivo, sobre todo a partir de manifestaciones de competencia entre plantas ~ahilamiento~ por la atenuada radiación solar, Arozarena *et al.* (2007).

En consecuencia, el trabajo realizado se orientó hacia la optimización de la respuesta agroproductiva, a partir de la siguiente hipótesis: *“las densidades de siembra, así como las pautas de manejo nutrimental recomendadas y validadas para la organoponía tradicional pueden no resultar adecuadas para el manejo de las mismas especies hortícolas, en las condiciones de mejora de la respuesta vegetal derivadas del tapado y protección de las plantaciones con tendales”*.

MATERIALES y MÉTODOS

En condiciones de organoponía semiprotegida ~Empresa Habana Libre/Finca MURGAS (MINAZ)~ se evaluó la respuesta vegetal de acelga china (*Brassica rapa*, *L. subsps.*); lechuga (*Lactuca sativa*, *L.*) y pimiento (*Capsicum annuum*, *L.*), según se describe en el tabla 1, a diferentes densidades de plantación. En todos los casos se siguieron las indicaciones de Rodríguez *et al.* (2007) para el establecimiento y manejo de las plantaciones; las variables evaluadas se especifican en cada cuadro, al momento de discutir los datos obtenidos.

Demostrada la hipótesis de trabajo, se condujo en similares condiciones productivas, un experimento vegetativo para validar una propuesta de manejo agronómico para la agrotecnología, con empleo de tomate (*Solanum lycopersicum*, *L.*) como especie indicadora. En las tablas 6 (a-d) aparece la información correspondiente.

Tabla 1. Densidades de siembra (plantas/m²) y variedades cultivadas de especies vegetales bajo régimen de organoponía semiprotegida. Épocas de siembra óptima; período 2005/2008.

Espece vegetal	Variedades	Plantas/m ²
Acelga china	PK 7; Cantón y Mariela	39 (testigo); 22 y 13
Lechuga	Fomento 95	55 (testigo); 33 y 20
Pimiento	BSS 13 y Chile 1185-3	33(testigo); 22 y 13
	Verano 1 y California Wonder	16 (testigo); 12 y 8

testigo: densidad de plantación según Rodríguez *et al.* (2007)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 se presenta la información referida al comportamiento de las variedades de acelga; nótese como, independientemente de las características propias de cada una, se obtuvo un mismo patrón de respuesta para la variable rendimiento agrícola.

El aumento del tamaño de las plantas con la disminución de su número por unidad de área evidencia que el marco de plantación vigente [Manual técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida], no permite ~en las condiciones del 35 % de reducción de la radiación solar incidente que implica el tapado con tendales negros~ la expresión total de atributos propios de la especie.

Tabla 2. Acelga china. Rendimiento agrícola (Kg/m²) y variación porcentual en peso del producto agrícola respecto al tratamiento testigo de cada variedad.

Variedad	Plantas/m ²	Kg/m ²	% variación
PK 7	39 (testigo)	4.58 ± 0.191	
	22	4.82 ± 0.760	+ 86.5
	13	2.86 ± 0.465	+ 87.4
CANTÓN	39 (testigo)	4.14 ± 0.546	
	22	3.85 ± 0.318	+ 76
	13	2.82 ± 0.286	+ 128
MARIELA	39 (testigo)	6.53 ± 1.000	
	22	6.44 ± 0.397	+ 88
	13	4.10 ± 0.167	+ 97

Por eso en todos los casos, el rendimiento ~confirmado por plantas de mayores tamaño y aceptación~ prácticamente no difiere al reducir en más de un cuarenta por ciento, la población por cantero.

En el caso de las variedades de lechuga ~Tabla 3~ se repite la tendencia de ambos indicadores de respuesta. Adicionalmente el aumento del número de hojas por planta indica mayor desarrollo vegetativo, lo que se asocia a una actividad fotosintética de mayor eficiencia, consecuencia del superior aprovechamiento por la especie cultivada, de la calidad agrícola del sustrato y la radiación solar incidente, atenuada por los tendales.

Los resultados obtenidos para ambas hortalizas de hoja coinciden con lo reseñado por Smith y San José (1979), en cuanto a que el valor total de superficie foliar activa es un factor condicionante de la producción de materia seca que realiza la planta y por extensión, de la formación de su producción agrícola.

La disminución del rendimiento que respecto a la variante testigo se observa para los menores densidades de plantación, también en ambas hortalizas, pudiera atribuirse al hecho de que se redujo notablemente ~más de un cincuenta por ciento~ el número de plantas

trasplantadas; sin embargo, los valores de rendimiento obtenidos son superiores en cualquier caso al sesenta por ciento del rendimiento del tratamiento testigo.

Tabla 3. Lechuga. Rendimiento agrícola (Kg/m²); número de hojas por planta en la cosecha y variación porcentual en peso del producto agrícola respecto al tratamiento testigo de cada variedad.

Variedad	Plantas/m ²	Kg/m ²	Hojas/planta	% variación
Fomento-95 DSM _{0.01}	55 (testigo)	4.57 ^a	6.31 ^b	-
	33	5.35 ^a	10.38 ^a	+ 95
	20	3.68 ^b	10.75 ^a	+ 121
		1.014	2.493	
BSS-13 DSM _{0.01}	33 (testigo)	3.34 ^a	14.63 ^b	-
	22	3.24 ^a	18.29 ^a	+ 45
	13	2.10 ^b	20.29 ^a	+ 59
		0.305	3.035	
Chile1185-3 DSM _{0.01}	33(testigo)	3.06 ^a	16.39 ^b	-
	22	2.80 ^a	23.13 ^a	+ 30
	13	2.20 ^b	24.98 ^a	+ 82
		0.359	4.103	

Tal información conduce a inferir que la respuesta vegetal obtenida incluye dos componentes o efectos: el resultado superior de una actividad fotosintética mejorada, al garantizarse mayor captura de radiación incidente por planta y la mayor disponibilidad neta de nutrimentos por planta, consecuencia ambos de las distribuciones espaciales estudiadas.

Parecería entonces que la calidad del sustrato ~entendida como balance de fenómenos químicos, físicos, físico-químicos y biológicos y expresada en su fertilidad~ derivada únicamente de la mezcla de sus componentes ~suelo y portador de materia orgánica~ puede llegar a constituir una limitante de la respuesta vegetal, en las favorables condiciones ambientales que induce el tapado.

Los resultados obtenidos para pimiento ~tablas 4 y 5~ sustentan la anterior suposición.

Tabla 4. Pimiento. Análisis del crecimiento. Altura (cm; media ± s); TAC (mg/día; media ± s) y TRC (mg/g x día⁻¹; media ± s) como función de la densidad de plantación. Período: trasplante / inicio de fructificación.

Variedad	Plantas/m ²	Altura	TAC	TRC
Verano - 1	16 (testigo)	28.4 ± 0.43	72.8 ± 3.70	24.1 ± 0.81
	12	32.2 ± 1.68	123.3 ± 4.85	32.3 ± 0.62
	8	34.3 ± 1.51	122.8 ± 18.22	32.1 ± 2.44
California Wonder	16 (testigo)	22.1 ± 1.75	35.3 ± 1.62	12.8 ± 0.69
	12	25.6 ± 1.25	55.7 ± 3.30	19.2 ± 0.89
	8	24.7 ± 2.22	60.3 ± 4.73	20.9 ± 1.17

Se alcanzó mayor desarrollo vegetativo debido al aumento de la distancia de plantación, dadas las mayores posibilidades de captura de radiación solar, nutrimentos y agua por las plantas, lo que supone una actividad fotosintética de mayor eficiencia y se constata en los respectivos incrementos que respecto a la variante testigo presentan las tasas de crecimiento; Tittonell, de Grazia y Chiesa (2002) ofrecen consideraciones similares.

De acuerdo con este patrón o tendencia y debido a las condiciones de mayor eficiencia fisiológica a que el sombreado da lugar, se induce una demanda por las plantas que el abasto nutrimental del sustrato ~garantizado básicamente por la composición del portador de materia orgánica incluido en la mezcla~ no satisface.

Ésa es la explicación a que en los resultados obtenidos, las diferencias sean más notables entre las distancias de plantación propuestas y la establecida por Rodríguez *et al.* (2007), que entre las variantes de ensayo como tal.

Los resultados obtenidos para el rendimiento y sus componentes en una especie de mayor demanda y extracción de nutrimentos y con un ciclo de mayor duración, respecto a las hortalizas de hoja incluidas en el estudio, no dejan lugar a dudas sobre el hecho de que en las condiciones creadas por el empleo de agrotexiles en la protección de las plantaciones, se inducen cambios en la actividad fisiológica que justifican el estudio y propuesta de nuevas formas de manejo nutrimental y hacen recomendable el establecimiento de menores densidades de plantación.

Tabla 5. Pimiento. Rendimiento agrícola (Kg/m²; media ± s) y variación porcentual respecto al tratamiento testigo del número de frutos por planta y el peso del fruto (g) en variedades cultivadas en organoponía semiprottegida a diferentes densidades de plantación.

Plantas/m ²	Variable	variedad	
		Verano – 1	California Wonder
16 12 8	Rendimiento	6.01 ± 0.490 8.23 ± 0.662 5.99 ± 0.309	6.93 ± 0.629 10.14 ± 0.821 6.85 ± 0.495
16 12 8	Frutos/planta (% variación)	+ 43 + 46	+ 49 + 53
16 12 8	Gramos/fruto (% variación)	+ 26 + 36	+ 30 + 29

Validada así la hipótesis de trabajo, el diseño y evaluación de un esquema de manejo agronómico en la producción de tomate ~Cuadro 6a~ demostró la posibilidad de lograr producciones comercialmente competitivas en la agrotecnología, con total expresión del potencial de rendimiento de las especies cultivadas.

Tabla 6a. Modelación de tecnología para producción de tomate en organoponía semiprottegida. Densidad de plantación: 8 plantas/m². Poda a dos racimos/planta. Manejo nutrimental: fertilización bio-órgano mineral. Especificaciones de manejo

Acción	Producto
Fertilización biológica	Producto AZOMEG [®] INIFAT y ECOMIC [®]
Fertilización orgánica	Portador de materia orgánica (estiércol; cachaza o compost)
Fertilización mineral	N; P; K
Bioestimulación	FitoMas

Se seleccionaron como genotipos indicadores, el híbrido HA 3057 y la variedad FL 5, ambos de reconocida calidad en agrotecnologías de cultivo intensivo de tomate, (Arozarena, 1999 y Casanova *et al.*, 2003).

Los resultados de las Tablas 6b y 6c semejan los alcanzados para ambos materiales, bajo condiciones de uso notable de insumos agroquímicos, lo que señala como adecuados al manejo nutrimental; la poda y el marco de plantación propuestos.

Tabla 6b. Genotipos de tomate conducidos a dos racimos en organoponía semiprotegida: altura máxima y tasa de crecimiento (cm/día y R²; coeficientes de regresión y determinación para análisis de regresión lineal). Periodo trasplante/decapitado.

Genotipo	Altura (cm)	b	R ²
HA 3057	83.1 ± 3.63	2.24	0.946**
FL – 5	60.1 ± 4.05	1.58	0.949**

Tabla 6c. Genotipos de tomate conducidos a dos racimos en organoponía semiprotegida: días después de la germinación (ddg) en que se alcanza cada fase de desarrollo y manejo por las plantaciones.

FENOFASE	HA 3057	FL – 5
Inicio de floración	44 – 45	46 – 47
Inicio de fructificación	57 – 59	60 – 61
Decapitado	61 – 62	62 – 63
Inicio de cosecha	86	89
Fin de cosecha	99	105

El rendimiento y la distribución por categorías comerciales de la producción alcanzada ~Tabla 6d~ igualmente demuestran, no sólo la posibilidad de inclusión de la especie en los planes de siembra de las áreas dedicadas a organoponía semiprotegida ~actualmente está prohibido~: también validan una alternativa de manejo, concebida para el logro de mayores producciones en calidad y cantidad, en momentos en que el aumento de la eficiencia productiva de las áreas en uso puede ser preferible al crecimiento físico de las mismas.

Tabla 6d. Genotipos de tomate conducidos a dos racimos en organoponía semiprotegida: rendimiento (Kg/m²) y distribución (%) en categorías comerciales (media ± desviación estándar).

GENOTIPO	RENDIMIENTO	CATEGORÍAS SELECTA Y PRIMERA (%)	CATEGORÍA SEGUNDA (%)
HA 3057	6.51 ± 0.593	61.8 ± 4.08	33.0 ± 3.52
FL – 5	3.52 ± 0.318	45.6 ± 3.43	40.5 ± 4.00

No olvidar que la experiencia nacional en agrotecnologías de horticultura intensiva permite afirmar que las pautas de manejo nutrimental útiles para la producción de tomate, lo son también para buena parte de las especies hortícolas incluidas en esos sistemas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARZARENA, N. J. (1999): Criterios para un manejo sostenible de la nutrición vegetal en la agrotecnología zeopónica. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana: INIFAT (MINAG).
- ARZARENA, N. J. et al. (2007). Cultivo semiprotegido: evaluación de distancias de plantación para pimiento (*Capsicum annum*, L.) en época óptima. *Revista Agrotecnia de Cuba* 31 (1, 2, 3),. ISSN: 05683114.
- CASANOVA, A. et al. El cultivo protegido de hortalizas en Cuba: Estudio del túnel tipo "sombrella". En: Ramírez, Neyda (ed). Producciones de cultivos en condiciones tropicales. --La Habana: Liliانا, 1998, 49-51.
- CASANOVA, A. S. *et al.* Manual para la producción protegida de hortalizas. --La Habana: LILIANA, 2003.

- CRISTOBAL, R.; Melba Cabrera y Cecilia Díaz. Comportamiento del crecimiento de tres variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) al reducirse la radiación solar. En: Ramírez, Neyda (ed). Producciones de cultivos en condiciones tropicales. --La Habana: Liliana, 1998, 49-51.
- PAPADOPOULOS, A. P. and X. M. Hao. Effects of three greenhouse cover materials on tomato growth, productivity and energy use. *Scientia Horticulturae* 70 (2-3): 165-178, 1997.
- RODRÍGUEZ, A. A. et al. Manual técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida. --La Habana: ACTAF/INIFAT, 2007.
- SMITH, A. y J. San José. Productividad del maíz (*Zea mays*, L.) en las condiciones climáticas de los llanos altos centrales de Venezuela. II Crecimiento del híbrido OBREGÓN sembrado en la temporada seca. *Agronomía Tropical*. 29 (5): 439-451, 1979.
- TITTONELL, P. A.; J. De Grazia y A. Chiesa. Adición de polímeros superabsorbentes en el medio de crecimiento para la producción de plantines de pimiento. [Horticultura Brasileira](#). 20 (4): 22-28, 2002.