

Nutrición vegetal en condiciones de cultivo protegido: una contribución a la sostenibilidad de la agrotecnología.

Noel J. Arozarena Daza¹; Alfredo Lino Brito¹; Aida C. González Martínez¹; Pedro L. González La Fe¹; Rosalía González Bayón¹; Carlos F. Báez Moré²; Mayra González Hurtado³; Eddy T. Perera Aja¹; Hipólito Ramos Cordero¹; Jesús Fernández Alonso¹; Oscar Rosales Rodríguez² e Irma Casanova Castillo¹.

1.- Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt”; Ministerio de la Agricultura, CUBA.

2.- Centro Nacional para la Producción de Animales de Laboratorio; Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, CUBA.

3.- Centro de Investigaciones e Ingeniería Química; Ministerio de la Industria Básica, CUBA.

RESUMEN

La nutrición vegetal, factor condicionante de la sostenibilidad en el desempeño productivo de túneles y casas de cultivo protegido, identifica a no pocas demandas tecnológicas hacia la investigación. Así, se estudiaron alternativas de manejo nutrimental en la producción bajo tales condiciones, de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) y pepino (*Cucumis sativus*, L.), dirigidas a validar la posibilidad de reducción del consumo de fertilizantes que se establece por el Manual para la Producción Protegida de Hortalizas. La evaluación de variantes de fertilización organo-mineral para ambas especies vegetales demostró que la dosis de fertilizantes puede disminuirse en un 25 %, si se combina a esa práctica con la aplicación de 7.5 Kg de materia orgánica (estiércol vacuno) por metro cuadrado de suelo; igualmente satisfactoria resultó, la aplicación al suelo tratado con materia orgánica, de 50 gramos de fertilizante (fórmula completa 9/13/17) por planta de tomate, combinada con el manejo de la plantación hasta el 5to. racimo floral y la aspersión foliar de bioestimulantes. También, como vía hacia la optimización del manejo nutrimental, se evaluaron fertilizantes de liberación controlada que, conjuntamente con el uso de microorganismos biofertilizadores y el tratamiento foliar con bioestimulantes, permitieron simultanear notables reducciones del consumo de fertilizantes, con la obtención de los rendimientos técnicamente recomendados para cada cultivo en las épocas de siembra evaluadas.

INTRODUCCIÓN

El cultivo protegido tiene actualmente un marcado protagonismo como alternativa para la producción intensiva de hortalizas en el contexto de la agricultura cubana. Su fundamental participación en la respuesta productiva a la demanda que de esos productos genera el turismo, no deja lugar a dudas al respecto.

La nutrición vegetal, uno de los aspectos del manejo agronómico que más influye en la eficiencia del desempeño tecnológico, descansa en un elevado consumo de agroquímicos, en alguna medida todavía pendiente de justificación técnica, (1), que expresa una debilidad tecnológica en tanto dependencia de un insumo externo, (2) y también significa un impacto sobre el agroecosistema, cuyas consecuencias ambientales ya es necesario prevenir.

Ejemplo de caso es la falta de correspondencia reportada por (1), entre la cantidad de macroelementos suministrada de acuerdo con las pautas de nutrición vigentes, (3), y la extracción de los mismos por plantas de pimiento cultivadas en túneles.

Por eso, el diseño y puesta en práctica de alternativas de manejo que conjuguen el adecuado suministro de nutrimentos a las plantas, con la preservación del suelo, la estabilidad de la producción y la reducción de posibles afectaciones al manto freático es, actualmente, una demanda a satisfacer por la investigación agraria.

Hacer una propuesta en ese sentido, a partir del estudio de diferentes variantes de ejecución de dicha práctica agronómica, fue el objetivo del trabajo realizado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se consideraron como especies vegetales de referencia, híbridos comerciales de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) y pepino (*Cucumis sativus*, L.) cultivados en condiciones de producción protegida, según lo establecido por (3) y de presencia común en la tecnología, de manera que los resultados puedan extenderse hacia otras áreas de producción, de similares características edafoclimáticas.

Para tomate se seleccionaron los híbridos FA – 180 y HA – 3108; de pepino se empleó el HA – 436, en todos los casos establecidos sobre suelo Ferralsol de fertilidad media a alta, (4). El procesamiento estadístico comprendió cálculo de valor promedio y desviación estándar y análisis de regresión lineal, según (5). La secuencia de trabajo fue la siguiente:

A) Fertilización organomineral

Se contrastó al fertirriego, según (3), con la aplicación conjunta de estiércol vacuno composteado y seco (dosis de 7.5; 15; 22.5 y 30 Kg/m²) y el 75 % de la norma de fertilizantes aplicada en el tratamiento testigo. Para tomate, híbrido FA – 180, se consideraron como indicadores de respuesta, **a)** la altura total de las plantas 70 días después del trasplante y la tasa de crecimiento diario durante ese período, estimada mediante análisis de regresión lineal; **b)** el tiempo transcurrido hasta el inicio de la cosecha y **c)** el rendimiento agrícola de calidad comercial y su composición porcentual en categorías. Para garantizar la confiabilidad de los resultados, cada tratamiento se aplicó a un total de 4 canteros con 200 plantas c/u a dos hileras y se evaluó simultáneamente dentro de un área total protegida de 0.25 ha.

El efecto residual o durabilidad de la aplicación de materia orgánica, se evaluó a partir de la siembra de pepino, HA – 436, en las mismas condiciones, luego de concluida la cosecha de tomate. En este caso, las variables de respuesta fueron **a)** el largo de la guía principal 50 días después de la germinación; **b)** el largo y diámetro del fruto y **c)** el rendimiento agrícola en Kg/m².

B) Fertilización alternativa y manejo agrotécnico de la plantación.

En respuesta a la falta de insumos adecuados para el manejo nutrimental, se evaluó como alternativa la producción de tomate, híbrido FA – 180 en siembra de invierno, a partir de la aplicación como fondo a cada planta en el momento de trasplante de 50 gramos de fórmula fertilizante 9 – 13 – 17 y el riego sólo con agua durante el resto del ciclo vegetal, (Variante A).

Dicho tratamiento se contrastó con la incorporación de 7.5 Kg/m² de materia orgánica, seguida de la aplicación, igualmente en el trasplante, del 75 % de la dosis de fertilizante a cada planta, más la aspersión foliar del bioestimulante *Vitazyme* (Variante B); en ambos casos se consideró el decapitado de la plantación luego de la emisión del quinto racimo floral.

Cada tratamiento se aplicó en túneles independientes, bajo la observación de los principios de la experimentación agrícola y como indicadores de respuesta se tomaron **a)** la dinámica de crecimiento; **b)** la duración de las fenofases; **c)** el número de flores y frutos en el segundo racimo y **d)** el rendimiento agrícola y su composición por categorías comerciales.

C) Fertilización organomineral; bioestimulantes y microorganismos biofertilizadores.

Resultados obtenidos en las etapas precedentes indicaron la posibilidad de diseñar una alternativa de manejo nutrimental de bajo impacto ambiental, por el reducido consumo de fertilizantes, capaz de incrementar la eficiencia en la explotación del sistema de riego y que acercase a la agrotecnología, a las pautas de la agricultura sostenible, a tono con el carácter urbano de no pocas de estas instalaciones y con los actuales preceptos del desarrollo agrario en el país.

Así, se establecieron dos dosis de fórmula fertilizante 9 – 13 – 17: 25 y 50 gramos por planta en el trasplante, sobre suelo con incorporación previa de 7.5 Kg/m² de materia orgánica tratada con *Trichoderma viride* para garantizar la calidad fitosanitaria de ese material, conjuntamente con la aplicación simultánea de hongos micorrizógenos (*Ecomic*); *Azotobacter chroococcum* y *Bacillus megatherium var. phosphaticum*. En cada condición de fertilización mineral se definieron tres tratamientos, a saber: testigo relativo a la aspersion foliar de bioestimulantes y la aplicación independiente de dos de esos productos comerciales, *Vitazyme* y *Fitomass*.

Como planta índice se empleó tomate híbrido HA – 3108 en siembras de primavera en una área total de 0.25 ha; se manejó la plantación a cinco racimos y se evaluaron **a)** la dinámica de crecimiento hasta el decapitado; **b)** el número de flores y frutos en el segundo racimo y **c)** la composición porcentual en categorías del rendimiento agrícola.

D) Optimización del manejo nutrimental: Materia orgánica + Fertilizante de liberación controlada + Microorganismos biofertilizadores + Bioestimulante *Fitomass*.

Definido que la aplicación de la fórmula fertilizante 9 – 13 – 17 soporta nutrimentalmente al desarrollo y producción vegetales, se estudió el uso de ese producto en la elaboración de un fertilizante de liberación controlada manteniendo similar manejo respecto a la aplicación al suelo, previamente al trasplante, de materia orgánica y la complementación mediante *Ecomic*, *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megatherium var. phosphaticum* y *Fitomass*. Fueron evaluadas aplicaciones del 100 % de la dosis de fertilizante establecida por el Manual para la Producción Protegida de Hortalizas, (3), sin recubrir, contra dosis equivalentes al 100 % y el 75 % de esa cantidad, como fertilizante de liberación controlada; adicionalmente se incluyó un tratamiento combinando el 75 % de la dosis de fertilizante (liberación controlada), con el uso de *Fitomass*. Las siembras correspondieron a tomate, FA – 180, a finales de verano y a pepino, HA – 436, en junio.

Se evaluaron para el tomate, **a)** la dinámica de crecimiento; **b)** la ocurrencia de las fenofases; **c)** el número de flores y frutos en el segundo racimo y **d)** el rendimiento agrícola y sus categorías. Al pepino, **a)** el largo de la guía principal 42 días después de la germinación; **b)** largo y diámetro del fruto; **c)** número de frutos por planta; **d)** ocurrencia de fenofases y **e)** rendimiento agrícola.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A) Fertilización organomineral

a) TOMATE

La información obtenida se muestra en los Cuadros 1 al 5.

Se nota el efecto positivo que sobre los agroecosistemas tiene la aplicación de materia orgánica, tanto por las mejoras físicas, como por su calidad nutrimental y efectos sobre la biología del suelo, (6), (7) y (8). El valor de la tasa de crecimiento diario del tomate, coeficiente de regresión, evidencia una más intensa respuesta vegetal que alcanza su máximo efecto, en el adelanto de la cosecha en los tratamientos sometidos al doble manejo nutrimental, para los que también hay un

mejor resultado productivo, en términos de calidad comercial. Se manifiesta en estos resultados, la conveniencia de incorporar prácticas similares al manejo agrotecnológico, en el que la reiterada y alta aplicación de agroquímicos al suelo, con la eficiencia que suponen el fertirriego y los fertilizantes de primera calidad empleados, puede impactar negativamente sobre la fertilidad del recurso natural, (9) y (10).

Cuadro 1. Altura (cm) de las plantas 70 ddt. Análisis de regresión lineal Altura vs Días

Variante	% de Fertilización mineral	Estiércol Kg/m ²	Altura 70 ddt	Análisis de regresión lineal	
				Coefficiente de regresión	Coefficiente de determinación
1	100	0	186.0 ± 10.79	3.50	0.996**
2	75	7.5	231.2 ± 6.18	4.63	0.986**
3	75	15	226.7 ± 9.83	4.47	0.986**
4	75	22.5	234.5 ± 3.94	4.70	0.983**
5	75	30	233.1 ± 2.80	4.68	0.982**

ddt: días después del trasplante

** estadísticamente significativo al 0.01

Hay que señalar que la aplicación de materia orgánica a los suelos en casas de cultivo protegido, no es totalmente desconocida, (3); sólo que las aplicaciones usualmente no rebasan los 2 ó 3 Kg/m², lo que a la luz de estos resultados resulta insuficiente, dadas las condiciones de alta mineralización creadas por la humedad ambiental y la elevación de la temperatura y las altas producciones que es necesario sostener.

Cuadro 2. Días al inicio de cosecha

Variante	Días a cosecha
1	71
2	69
3	69
4	69
5	69

Cuadro 3. Rendimiento Agrícola

Variante	Rendimiento (Kg/m ²)	Composición del rendimiento (%)
----------	----------------------------------	---------------------------------

	Rango	$M \pm s$	Selecta y Primera	Segunda	Total comercializable
1	6.37 a 7.42	6.78 \pm 0.639	52	45.4	97.4
2	8.03 a 9.12	8.52 \pm 0.467	80	16.1	96.1
3	6.12 a 7.62	6.80 \pm 0.514	76.5	18.5	95
4	5.42 a 8.09	6.52 \pm 0.998	75	19.4	94.4
5	5.42 a 7.73	6.56 \pm 0.836	62.2	22.9	85.1

Ésa es la explicación al orden inverso que presenta, en los Cuadros siguientes, la respuesta del pepino: la mineralización del estiércol incorporado al suelo, ya con un considerable grado de descomposición por las prescripciones técnicas que norman el uso agrícola de estos materiales, limita la respuesta productiva a la reducción en el consumo de fertilizante mineral, aunque sin influir en la calidad del producto agrícola.

b) PEPINO

Cuadro 4. Características de la planta

Variante	Largo de la guía principal (cm, 50 ddg)	Largo del fruto (cm)	Diámetro del fruto (cm)
1	181.5 \pm 6.28	20.4 \pm 1.70	4.9 \pm 0.51
2	170.5 \pm 5.47	20.7 \pm 1.86	4.7 \pm 0.37
3	183.0 \pm 7.08	20.8 \pm 1.15	4.9 \pm 0.43
4	194.1 \pm 6.91	20.6 \pm 0.96	4.9 \pm 0.40
5	199.0 \pm 8.74	21.2 \pm 1.50	5.0 \pm 0.38

Cuadro 5. Rendimiento agrícola (Kg/m²)

Variante	Rango	$M \pm s$
1	13.5 a 14.7	14.0 \pm 0.54
2	11.5 a 12.1	11.8 \pm 0.20
3	14.6 a 15.5	14.9 \pm 0.32
4	15.1 a 16.5	16.4 \pm 0.46
5	17.1 a 18.6	17.5 \pm 0.30

Así, lo que se demuestra no es que la dosis de 7.5 Kg/m² resulte insuficiente sino que por razones de índole práctica y económica, lo ventajoso es su previa aplicación para cada ciclo de cultivo, junto con la reducción del 25 % del fertilizante total recomendado, (3). Vale decir que esta dosis está próxima a la indicada por la FAO, (11), para la misma tecnología de cultivo y con inferiores propuestas de rendimiento agrícola.

B) Fertilización alternativa y manejo agrotécnico de la plantación.

En los Cuadros 6, 7, 8 y 9 aparecen los datos de la experiencia realizada. Los resultados satisfactorios obtenidos a partir de la Variante B, no sólo se debieron a las ya demostradas bondades de la fertilización organomineral: también fueron consecuencia de la combinación de dicha práctica con el empleo del bioestimulante y el manejo agronómico de la plantación, hasta el quinto racimo. Esta última concepción fitotecnia es básica para el logro de un índice de rotación anual para cada casa de cultivo igual a tres, factor imprescindible asociado a la eficiencia productiva en nuestras condiciones y se basa en que la práctica productiva ha demostrado que, en tomate, se obtienen mejores resultados disminuyendo el número de racimos por planta y aumentando el de ciclos de siembra o campañas, antes que manteniendo una misma plantación durante largos períodos en la instalación, (12).

Cuadro 6. Altura de las plantas

Días después del trasplante	Variante	
	A) 50 g FC/planta	B) 38 g FC/planta + 7.5 Kg MO/m ² + Vitazyme
21	26.6 ± 1.92	35.9 ± 3.62
28	57.4 ± 3.94	64.8 ± 5.17
35	74.4 ± 2.26	89.3 ± 3.80
42	98.6 ± 3.00	116.2 ± 2.57
49	120.4 ± 4.07	139.7 ± 3.77
56	143.6 ± 5.66	161.2 ± 4.12
63	166.6 ± 3.52	Decapitado

Este criterio es notablemente útil para las siembras de primavera-verano, etapa en que la especie vegetal es expuesta a un entorno más adverso y en la que debe magnificarse, la expresión del potencial productivo de la tecnología.

Igualmente es, en opinión de los autores, el punto de partida para la concepción de estudios dirigidos a validar la presencia de germoplasma cubano de tomate, en la tecnología de cultivo protegido, aspecto este también muy vinculado a su estabilidad como sistema de producción, (2).

Cuadro 7. Fenofases

Fenofase	Variante A	Variante B
Aparición de botones	20 – 21	18 – 19
Inicio de la floración	30 – 31	28 – 29
Inicio de fructificación	40 – 41	38 – 39
Inicio de cosecha	68 – 69	68 – 69
Fin de cosecha	123 – 124	106 – 107

Cuadro 8. Número de flores y frutos en el 2do. Racimo

Variante	A	B
Flores	6.7 ± 1.35	7.9 ± 1.42
Frutos	4.9 ± 1.28	4.6 ± 0.83

Del mayor interés, la respuesta vegetal en términos de acortamiento del ciclo de cultivo y concentración de la producción, sin detrimento de la calidad y la expresión de caracteres propios del híbrido en estudio.

Cuadro 9. Rendimiento Agrícola

Variante	Rendimiento Total Comercializable (Kg/m ²)	% de frutos con calidad comercial
A	13.1 ± 1.45	87
B	12.8 ± 1.25	85

Así quedó evidenciado que un manejo nutrimental eficaz, no puede asumirse sino como parte de una estrategia holística de trabajo, dirigida hacia el desempeño sostenible de la agrotecnología; similares consideraciones son hechas por (10) y (13) en estudios sobre esa categoría de la actividad agraria.

C) Fertilización organomineral; bioestimulantes y microorganismos biofertilizadores.

La inclusión del bioestimulante *Fitomass* obedeció a la conveniencia de validar la sustitución del *Vitazyme*, producto importado, por una alternativa nacional; en tanto el uso de microorganismos, a la voluntad de dotar a la tecnología, de esquemas ya comunes en otras esferas de la producción agrícola nacional, (14) y (15).

Cuadro 10. Altura (cm) de las plantas. Análisis de regresión lineal Altura vs Días

Variante	Manejo nutrimental		Altura final	Análisis de regresión	
				Coefficiente de regresión	Coefficiente de determinación
1	25 g/planta	S/estimulante	196.3 ± 2.42	4.29	0.977**
2	FC 9 – 13 – 17	Vitazyme	219.5 ± 4.51	4.79	0.979**
3		Fitomass	221.5 ± 4.23	5.04	0.975**
4	50 g/planta	S/estimulante	201.8 ± 5.98	4.30	0.984**
5	FC 9 – 13 – 17	Vitazyme	225.5 ± 2.66	4.99	0.980**
6		Fitomass	222.8 ± 2.32	4.95	0.980**

Cuadro 11. Número de flores y frutos en el 2do. racimo

Variante	1	2	3	4	5	6
Flores	5.5 ± 0.83	6.7 ± 0.60	7.4 ± 1.14	6.3 ± 0.82	6.0 ± 0.89	6.0 ± 0.75
Frutos	3.0 ± 0.89	3.7 ± 1.51	3.7 ± 1.36	3.0 ± 0.63	4.5 ± 0.83	4.0 ± 0.89

Los resultados no dejan lugar a dudas acerca de la eficiencia de los bioestimulantes y de la equivalencia entre ambos productos comparados; también señalan la conveniencia de mantener en 50 gramos la dosis de fertilizante a utilizar por planta, como requisito para alcanzar o superar la norma de producción para la época de siembra que es, según (3), de 7.0 Kg/m².

Cuadro 12. Rendimiento agrícola

Variante	Rendimiento Total (Kg/m ²)	% producción con calidad comercial
1	5.70 ± 0.870	78
2	5.84 ± 0.626	86
3	6.05 ± 0.193	86
4	8.42 ± 0.799	77
5	10.11 ± 0.936	86
6	10.83 ± 1.022	84

La selección de los microorganismos aplicados también estuvo dirigida a potenciar el consumo de nitrógeno, fósforo y potasio por las plantas, tanto a partir de fuentes naturales como del fertilizante aplicado.

Al no ser objeto de estudio la evaluación independiente de dosis o formas de aplicación de estos productos, se decidió emplearlos de acuerdo con las normas que establecen su manejo comercial en la producción hortícola, (16), y tomando como

referencia experiencias de (17) en condiciones de producción de posturas y organoponía.

La tendencia de los resultados demuestra que la combinación realizada resultó adecuada a los objetivos propuestos; nótese como el tratamiento 4, sin aplicación de bioestimulante, rebasa el valor límite, (3), de eficiencia productiva para la fecha de siembra.

Obviamente, la dosis de materia orgánica incorporada al suelo en el trabajo de acanteramiento y la vía de aplicación puesta en práctica resultaron fundamentales para la creación de un ambiente adecuado para la actividad de estos microorganismos y su influencia en el desarrollo vegetal.

D) Optimización del manejo nutrimental: Materia orgánica + Fertilizante de liberación controlada + Microorganismos biofertilizadores + Bioestimulante *Fitomass*.

La secuencia de trabajo seguida ha permitido modelar una tecnología de manejo que garantiza la obtención de rendimientos iguales o superiores a los establecidos para cada época de siembra, para las principales especies a que se dedican estas instalaciones.

Las pautas de manejo de la fertilización establecidas por (3) implican consumos de 3.3 Kg de N; 1.7 Kg de P₂O₅ y 8.0 Kg de K₂O y de 2.0 Kg de N; 0.3 Kg de P₂O₅ y 3.9 Kg de K₂O, por tonelada de tomate y de pepino, en ese orden, a producir. Esas cantidades, basadas en el empleo de fertilizantes importados de alto valor comercial, se han sustituido satisfactoriamente, a partir de insumos de producción nacional.

Fue posible, no obstante, mejorar el manejo de la fertilización tratando de reducir aún más el posible impacto de la aplicación reiterada de fertilizantes al suelo, en atención a lo reseñado por (2), (10), (13) y (18) en relación con los posibles efectos sobre los ecosistemas, de la fertilización intensiva, a partir del uso de fertilizantes de liberación controlada, (19), (20) y (21).

a) TOMATE

Cuadro 13. Dinámica de crecimiento: análisis de regresión lineal Altura (cm) vs Días después de la Germinación (ddg)

Variante	Altura (cm) 91 ddg	Coefficiente de regresión	Coefficiente de determinación
1.- TP	215.0 ± 3.21	3.62	0.995**
2.- TP (LC)	217.6 ± 2.52	3.72	0.995**
3.- 75 % TP (LC)	210.3 ± 2.52	3.57	0.994**
4.- 75 % TP (LC) + Fitomass	230.0 ± 5.00	3.88	0.996**

TP: dosis de fertilizante según (3), Testigo de producción

LC: liberación controlada

Nuevamente se manifiesta el positivo efecto del complemento del suministro de nutrimentos por vía radical, con la aplicación foliar del bioestimulante y se demuestra la validez del enfoque sistémico en la ejecución de la nutrición en la tecnología.

Cuadro 14. Fenofases

Variante →	1	2	3	4
Fenofase ↓				
Inicio de la floración	57	57	57	56
Inicio de fructificación	67	67	68	66
Inicio de cosecha	97	97	97	94

Cuadro 15. Número de flores y frutos en el segundo racimo

Variante	1	2	3	4
Flores	6.0 ± 1.41	5.3 ± 1.50	5.8 ± 0.84	6.0 ± 1.22
Frutos	4.0 ± 0.82	3.4 ± 0.55	3.4 ± 0.55	3.8 ± 0.45

Cuadro 16. Rendimiento agrícola (Kg/m²) y % Producción de calidad superior

Variante	Rendimiento	% Producción calidad superior
1	8.52 ± 0.234	62.5
2	8.51 ± 0.199	63.8
3	7.07 ± 0.345	65.8
4	8.79 ± 0.651	67.7

Cada especie vegetal brindó resultados equivalentes o superiores a los obtenidos con el testigo de producción, Variante 1, al combinar el empleo del 75 % de la fertilización mineral, como fertilizante de liberación controlada, con la aplicación de *Fitomass* y el ya avalado manejo de la materia orgánica y los biofertilizantes, Variante 4.

Lógicamente, la puesta a punto del manejo agronómico que se llevó a cabo durante la validación de los anteriores esquemas de trabajo experimental, se expresa en el hecho de que indicadores como el % de producción de calidad superior y el tamaño de los frutos, no muestren diferencias notables entre las distintas variantes, si bien hubo respuesta en ese sentido para las variables altura total y fenofases del cultivo.

Los fertilizantes de liberación controlada fueron elaborados en el país, a partir de portadores simples como la Urea y el Cloruro de Potasio y de Fórmula Fertilizante 9 – 13 – 17, por lo que su empleo también supondría reducción de la dependencia de insumos externos que caracteriza actualmente a la agrotecnología.

b) PEPINO

Cuadro 17. Características de la planta

Variante	Largo de la guía principal	Frutos/planta	Largo del fruto	Diámetro del fruto
1	176.6 ± 5.82	45.8 ± 2.39	16.8 ± 0.74	4.84 ± 0.114
2	174.0 ± 3.84	45.6 ± 1.52	16.9 ± 0.76	4.90 ± 0.254
3	172.8 ± 5.91	34.6 ± 3.21	16.5 ± 0.11	4.86 ± 0.210
4	210.0 ± 5.24	45.8 ± 2.39	16.5 ± 0.95	4.74 ± 0.296

Cuadro 18. Fenofases del cultivo (ddg)

Variante →	1	2	3	4
Fenofase ↓				
Aparición de botones	30	30	30	29
Inicio de la floración	34	34	37	33
Inicio de fructificación	37	37	41	37
Inicio de cosecha	50	50	51	49

Cuadro 19. Rendimiento Agrícola (Kg/m²)

Variante	Rango	$M \pm s$
1	20.1 a 22.6	21.4 \pm 0.290
2	21.9 a 22.6	22.3 \pm 0.49
3	16.4 a 16.8	16.7 \pm 0.23
4	19.3 a 22.5	20.7 \pm 0.88

La aplicación del fertilizante de liberación controlada, se incluye en la práctica de incorporación al suelo de los biofertilizantes, luego del acanteramiento y adición de los 7.5 Kg/m² de materia orgánica, previos al trasplante. En este caso, también el riego solamente con agua contribuye a alargar el tiempo de vida útil de ese sistema.

El uso de fertilizantes de liberación controlada en la tecnología, en lo que constituye una primera experiencia en las condiciones nacionales, satisfizo las expectativas que se asocian a ese tipo de producto, de acuerdo con los informes de (19).

CONCLUSIONES

1. El manejo eficaz de la nutrición vegetal en condiciones de cultivo protegido demanda un enfoque holístico que, para tomate, también incluya a la agrotecnia de la plantación.
2. Es posible aplicar esquemas de fertilización organomineral que combinen a la aplicación al suelo de 7.5 kilogramos de materia orgánica por metro cuadrado, con el 75 % de la fertilización mineral establecida en el Manual para la Producción Protegida de Hortalizas, con portadores de alta solubilidad.
3. Es técnicamente acertado el empleo combinado de enmiendas orgánicas; microorganismos biofertilizadores; bioestimulantes por vía foliar y fertilizante mineral como fórmula completa, en la nutrición de tomate y pepino en condiciones de cultivo protegido; en tales condiciones, el manejo del tomate debe hacerse a cinco o seis racimos.
4. La aplicación del fertilizante mineral en forma de fertilizante de liberación controlada permite reducir con resultados productivos satisfactorios, hasta el 25 % de las cantidades de N - P y K involucradas en la nutrición de tomate y pepino

en las condiciones de la agrotecnología y prescindir del uso de fertilizantes ultra solubles de importación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AROZARENA-DAZA, N. J. **et al.** Extracción de nutrimentos por plantas de pimiento (*Capsicum annuum*, L.) en condiciones de cultivo protegido. Resultado para la Investigación: Consejo Científico INIFAT/Acuerdo 89/05 (año 2003).
2. GONZÁLEZ BAYÓN, ROSALÍA C. **et al.** Diagnóstico de sostenibilidad en la agrotecnología de cultivo protegido. En: Congreso Científico del INCA (13: 2002 nov 12-15, La Habana) Memorias CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2002. ISBN 959-7023-229
3. CASANOVA, A. **et al.** Manual para la Producción Protegida de Hortalizas. --La Habana: Editorial Lilibana, 2003
4. BELTRÁN, R. **et al.** Registro de fertilidad de los suelos de Cuba. --La Habana: Instituto de Suelos, 1991.
5. LITTLE, T. y F. M. Jackson Hills. Métodos Estadísticos Aplicados a la Agricultura. --México, D. F.: Editorial Trillas, 1985.
6. CABALLERO, R. **et al.** Dosis de humus de lombriz en un suelo Pardo con Carbonatos usado en bolsas para plantas *in vitro*. Agrotecnia de Cuba (27): 2-3, 1997. pp. 55-59.
7. IZQUIERDO, IRMA **et al.** Consideraciones acerca de los bioindicadores de la actividad microbiana del suelo en áreas con manejo agroecológico. En: Congreso Científico del INCA (13: 2002 nov 12-15, La Habana) Memorias CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2002. ISBN 959-7023-229
8. JEAVONS, J. Cultivo biointensivo de alimentos. --EE. UU.: Ecology Actino of the Mid-Penninsula, 1991.
9. LINO-BRITO, A. **et al.** Reducción del consumo de fertilizantes en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en condiciones de cultivo protegido. En: Congreso Científico del INCA (13: 2002 nov 12-15, La Habana) Memorias CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2002. ISBN 959-7023-229.
10. LABRADOR MORENO, JUANA y M. A. Altieri Manejo y diseño de sistemas agrícolas sustentables. Hojas Divulgadoras: 6-7, 1994.
11. ROMA; Food and Agriculture Organization of the United Nations. Protected cultivation in the Mediterranean climate. FAO Plant Production and Production Paper 90, 1990. 311 pp.
12. GÁLVEZ-ECHAZÁBAL, JOSÉ MANUEL. Comunicación personal, 2002.
13. ALTIERI, M. A. Agroecología. Bases Científicas para una Agricultura Sustentable. --La Habana: Consorcio Latino Americano sobre Agroecología y Desarrollo, 1997.
14. RUIZ, L.; Dinorah Carvajal y Gladys Hernández. El uso de las micorrizas, el azotobacter y la fosforina como una alternativa para la fertilización de las viandas en Cuba. Agrotecnia de Cuba (27): 2-3, 1997. pp. 110-114.
15. DIBUT, B. **et al.** Acción estimuladora de *Azotobacter chroococcum* sobre el cultivo del tomate en suelo Ferralítico rojo. II. Efecto sobre la plantación. Agrotecnia de Cuba (27): 2-3, 1997. pp. 20-25.

16. DIBUT, BERNARDO. Comunicación personal, 2002.
17. LINO-BRITO, ALFREDO. Comunicación personal, 2002.
18. OLSEN, R. Effects of intensive fertilizer use on the human environment: a summary review. FAO Soils Bulletin: 116, 1972. pp. 15-33.
19. GONZÁLEZ, MAYRA **et al.** Estudio comparativo “in vitro” y “en vivo” de un fertilizante de liberación controlada y un fertilizante comercial. En: Congreso Científico del INCA (13: 2002 nov 12-15, La Habana) Memorias CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2002. ISBN 959-7023-229.
20. TRENKEL, M. R. New challenges of the world fertilizers industry with regard to agriculture. --Montecarlo: IFA Agro-Economic Committee, 1993.
21. OCHOA, J. **et al.** Empleo de abonos de liberación controlada para el cultivo de *Pelargonium zonale* en macetas. En: <http://www.arural.es/congresocch/trabajosoc71.htm> (2004)