

CULTIVO PROTEGIDO SOBRE SUELO FERRALÍTICO ROJO. II ALTERNATIVAS NUTRIMENTALES, DE MENOR IMPACTO AMBIENTAL PARA LOS CULTIVOS TOMATE (*LYCOPERSICON ESCULENTUM*, MILL) Y PEPINO (*CUCUMIS SATIVUS*, L).

Alfredo Lino Brito, Noel J. Arozarena Daza, Bernardo Dibut Álvarez, Yoania Ríos Rocaful, Grisel Croche Alfonso, Jesús Fernández Alonso, Hipólito Ramos Cordero, Bismark Creagh.
E-mail: yoania@inifat.co.cu

RESUMEN

Con el objetivo de proponer un esquema alternativo de manejo nutrimental para la producción de tomate y pepino en condiciones de cultivo protegido, que incluya prácticas de bajo impacto ambiental se trabajó –en áreas del INIFAT– en dos direcciones: a) Fertilización órgano mineral y el establecimiento de la dosis de materia orgánica a aplicar y b) Aplicación de microorganismos biofertilizadores y bioestimulante FitoMas. Teniendo como antecedentes (artículo I), que la aplicación de fertilizantes según las normas vigentes puede impactar negativamente sobre la calidad agrícola del suelo y que la conductividad eléctrica y los resultados del análisis de fósforo asimilable, potasio intercambiable, materia orgánica y microorganismos totales son propiedades del suelo que cuantifican la magnitud de esos impactos. Se evaluó la aplicación de materia orgánica (estiércol vacuno), en dosis de 7.5; 15; 22.5 y 30 kg/m², junto al suministro mediante fertirrigación, del 75% de la norma de manejo nutrimental para tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill; Híbrido FA 180) y pepino (*Cucumis sativus*, L.; Híbrido HA 436); – recomendada por Casanova et al. , (2003) —; se incluyó el correspondiente tratamiento sin aplicación de materia orgánica y con la totalidad de la fertilización mineral recomendada mediante fertirriego, (testigo de producción). La dosis de 7.5 kg./m² de estiércol vacuno junto al 75 % de las dosis de fertilizantes minerales satisfacen la demanda nutrimental de ambas especies vegetales, con independencia de la época de siembra; esa respuesta se favorece con la aplicación de microorganismos biofertilizadores (*A.chroococcum*; *B. megatherium* var. *phosphaticum* y *Glomus* sp) y el bioestimulante foliar FitoMas.

Palabras claves: ((*A.chroococcum*; *B. megatherium* var. *phosphaticum* y *Glomus* sp) y bioestimulante, FitoMas)

GREEN HOUSE OVER SOIL RED FERRALITIC. II NUTRITION ALTERNATE, OF LESS IMPACT AMBIENT, BY TOMATO (*LYCOPERSICON ESCULENTUM*, MILL) AND CUCUMBER (*CUCUMIS SATIVUS*, L) CROPS.

ABSTRACT

In it is research had as main goal propound one scheme alternate of nutrition management, by tomato and cucumber in condition of green house, what have impact lower over soil. The investigation carries out at National Institute of Fundamental Research of Tropical Agriculture, in two ways: a) organic mineral fertilization and establishment the dose of organic matter by apply and b) application of bio fertilizers microorganism and bio stimulant FitoMas. It had as previous (article I), when the application of mineral fertilizer according to established method had unfavorable impact over agricultural condition of soil and that electrical conductivity; phosphorus assimilate; interchange potassium; organic matter and total concentration of micro organism are properties of soil, that permit quantities impact over soil. It is evaluate the application of organic matter (cow manure), in dose of 7.5; 15.0; 22.5 and 30.0 kg/m² , together the supply to be through with fertirrigation technical was applicated the 75% established method by tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill; Hybrid FA 180) and cucumber (*Cucumis sativus*, L.; Hybrid HA 436); – established by Casanova et al. , (2003); it was included one treatment without application of organic matter and with the mineral fertilizer according to established method (control of production) . The rate of 7.5 kg/m² of cow manure together the 75% the rate mineral fertilizer supply the nutrition need a both vegetable species, with independence of seeding time, this is one answer, that is more favourable with the application of bio fertilizers micro organisms (*A.chroococcum*; *B. megatherium* var. *phosphaticum* y *Glomus* sp) and bio stimulant FitoMas by way foliage.

Key word: ((A.chroococcum; B. megatherium var. phosphaticum y Glomus sp) y bio stimulant, FitoMas)

INTRODUCCIÓN

La agricultura intensiva –según Miró-Granada de Grado, (1999)– supone la modificación de parámetros del desarrollo vegetal –suelo; agrotecnia; elementos del clima, etc.– de manera que no sólo se logren producciones altas y estables, sino que también se pueda decidir el momento de obtención de esas producciones.

En este sentido, el tapado de los cultivos –ya sea con efecto de invernadero o de sombrilla– se destaca por las posibilidades que ofrece para adecuar determinadas especies vegetales a condiciones de protección de factores como la intensidad luminosa, las altas temperaturas, la velocidad de los vientos, la incidencia de las lluvias y el ataque de insectos, con el objetivo de obtener cosechas en períodos tradicionalmente considerados como no óptimos para estas especies, (Castilla, 1998 y Santos, Rodríguez y Martín, 1998).

El cultivo protegido se introdujo en Cuba como alternativa de manejo agrotécnico para la producción tabacalera y fue una práctica –en términos de uso masivo– casi exclusiva de esa rama agrícola, hasta los años 80 del pasado siglo, cuando empezó a utilizarse como componente de tecnologías de producción intensiva de hortalizas(Arozarena,1999).

Esta agrotecnología goza actualmente de un alto protagonismo en la producción intensiva –de gran valor comercial– de hortalizas en el contexto de la agricultura cubana. Su participación es imprescindible en la respuesta productiva a la demanda que de esos productos genera el turismo, además de proyectarse como una variante productiva de grandes perspectivas para la exportación y otras demandas nacionales.

Además, se caracteriza por su alta dependencia respecto a insumos de importación de alto costo: una de sus grandes debilidades de acuerdo con González et al., (2002). La nutrición vegetal es, junto a la semilla híbrida con que se conforman los planes de producción, el aspecto de mayor expresión de lo dicho anteriormente.

Sin embargo, no puede afirmarse que en todos los casos, el alto consumo de fertilizantes minerales recomendados para la producción hortícola –Casanova et al., (2003)– esté técnicamente justificado, según las opiniones y resultados de Guevara et al., (2004) y Arozarena et al., (2005).

O sea, que es posible afirmar que ya resulta impostergable lograr mayor precisión en el manejo nutrimental y brindar atención a las posibilidades que las alternativas agroecológicas tienen en la tecnología.

Esta afirmación cobra especial importancia en el caso de los suelos Ferralíticos Rojos –Hernández et al., (1999)– sobre los que se asienta la mayoría de las instalaciones del occidente del país y cuya notable fertilidad natural y calidad productiva, no son tomadas en cuenta en el trazado de las correspondientes pautas de manejo de la nutrición.

En tal sentido se desarrollo la presente investigación con el objetivo de proponer un esquema alternativo de manejo nutrimental para la producción de tomate y pepino en condiciones de cultivo protegido, que incluya prácticas de bajo impacto ambiental.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental se realizó entre los años 2001 y 2002, en la sede del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt” (INIFAT) –ubicado en la localidad de Santiago de las Vegas; municipio Boyeros, provincia Ciudad Habana– del Ministerio de la Agricultura, en áreas dedicadas a la producción de hortalizas bajo régimen de cultivo protegido.

Las instalaciones, de procedencia israelí y española y con tiempo de explotación entre tres y cinco años están dispuestas sobre una superficie total de dos hectáreas de suelo Ferralítico Rojo, (Hernández et al., 1999).

Se trabajó en dos direcciones: a) Fertilización órgano mineral y el establecimiento de la dosis de materia orgánica a aplicar y b) Aplicación de microorganismos biofertilizadores y bioestimulante FitoMas.

a) Fertilización órgano mineral y el establecimiento de la dosis de materia orgánica a aplicar.

Fue evaluada –condiciones de producción; época primavera; año 2001– la aplicación de materia orgánica (estiércol vacuno con 47.1 ± 9.24 % de materia orgánica; 1.12 ± 0.222 % de N; 0.90 ± 0.082 % de P y 0.18 % de K) en dosis de 7.5; 15; 22.5 y 30 kg/m², junto al suministro mediante fertirrigación, del 75% de la norma de manejo nutrimental para tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill; Híbrido FA 180) recomendada por Casanova et al. , (2003) –equivalente a 237.6; 118.3 y 559.3 Kg/ha de N; P₂O₅ y K₂O, en igual orden–; se incluyó el correspondiente tratamiento sin aplicación de materia orgánica y con la totalidad de la fertilización mineral recomendada mediante fertirriego, (testigo de producción).

La respuesta vegetal se estableció en términos de altura (cm) a los 70 días después del trasplante (ddt); valor de la pendiente (b) para el análisis de regresión lineal altura vs tiempo hasta 65 ddt; tiempo (días) transcurrido al inicio de la cosecha; rendimiento agrícola (kg/m²) y la calidad comercial de la cosecha (%).

Concluida la cosecha de tomate, se sembró pepino, (*Cucumis sativus*, L.; Híbrido HA 436; época: verano 2001) –como parte de la secuencia de producción de estas instalaciones– para determinar el efecto residual de la aplicación del portador orgánico. Es decir, se aplicó el mismo esquema de fertirrigación pero sin repetir la incorporación de estiércol vacuno; la norma vigente de fertilización para pepino es de 301.9; 43.5 y 586.1 Kg/ha de N; P₂O₅ y K₂O, respectivamente, (Casanova et al., 2003). En este caso se evaluaron el largo de la guía principal 50 días después de la germinación (ddg); el largo y el diámetro del fruto (cm) y el rendimiento agrícola (kg/m²).

Ambos ensayos se distribuyeron según diseño de bloques al azar y constaron de cuatro réplicas de 24 m² cada una, con 100 plantas de tomate u 80 de pepino.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en las campañas precedentes, tras la siembra del pepino y ya dentro del período óptimo para el cultivo del tomate –Híbrido FA 180; época frío 2001/2002–, se evaluaron de manera conjunta, la aplicación mediante fertirriego del 100 % de la dosis de fertilizantes minerales recomendada o vigente –testigo de producción– y el 75 % de la misma, junto a la incorporación de 7.5 Kg de portador de materia orgánica por metro cuadrado.

La plantación se condujo a 5 racimos/planta, como criterio de manejo agrotécnico relacionado con la rentabilidad de estas instalaciones (Gálvez-Echazábal; 2002, comunicación personal) y se evaluaron como índices de respuesta vegetal, la altura (cm) semanal desde 21 ddt hasta decapitado, la fenología del cultivo y el rendimiento agrícola, incluido el % de frutos de calidad superior.

Los tratamientos se distribuyeron según las mismas especificaciones establecidas para la campaña anterior de la misma especie; la evaluación estadística incluyó cálculo de valor promedio y desviación estándar; análisis de regresión lineal y realización de prueba F de significación estadística, (Little y Jackson, 1981).

b) Aplicación de microorganismos biofertilizadores y bioestimulante FitoMas.

Identificada la dosis óptima de materia orgánica a incorporar, se utilizó este portador como soporte para la aplicación de microorganismos biofertilizadores *Glomus* sp (EcoMic®) en dosis de 5 gramos por planta, *Azotobacter chroococcum* y *Bacillus megatherium* var. *phosphaticum* en dosis equivalente a 2 L/ha, a partir de soluciones con título de 10¹² y 10¹⁰ UFC/mL, respectivamente . De esta manera se incorporaron los microorganismos de forma conjunta, de acuerdo con las indicaciones de Rivera et al., (2003) y Ríos Rocafull (2003, comunicación personal).

También se aplicó por aspersión foliar el bioestimulante FitoMas (Montano 2003, comunicación personal) a los siete días después del trasplante(al inicio de la floración; al definirse el tercer racimo floral y tres días después del despunte o inicio de cosecha), a una dosis de 1L/ha.

Se trabajó bajo régimen productivo. El estudio incluyó dos campañas en la época de primavera del año 2002 y el fertirriego fue la vía de suministro de la nutrición mineral, según Casanova et al., 2003; los tratamientos se distribuyeron de acuerdo a un diseño de bloques al azar, en cuatro réplicas de 24 m² con 100 plantas cada una.

Los tratamientos evaluados fueron:

- a) 75 % fertilización mineral* + 7.5 Kg./m² de Materia Orgánica.
- b) 75 % fertilización mineral* + 7.5 Kg./m² de Materia Orgánica + microorganismos biofertilizadores + FitoMas.
- * Según Casanova et al., 2003.

Se evaluaron como parámetros de crecimiento y desarrollo, la altura (cm); la dinámica de crecimiento hasta el decapitado de las plantas (5^{to} racimo; 70 ddt); el rendimiento agrícola (kg/m²) y el % de frutos con calidad superior.

A los efectos de la evaluación estadística, se calcularon el valor promedio y la desviación estándar y se realizó análisis de regresión lineal y prueba F de significación estadística, todo de acuerdo con Little y Jackson, (1981).

RESULTADO Y DISCUSIÓN

a) Fertilización órgano mineral: selección de dosis de portador de materia orgánica

La Tabla siguiente contiene los valores de altura alcanzada por las plantas de tomate hasta inicio de cosecha y los resultados del análisis de regresión lineal que describe la dinámica de crecimiento hasta ese momento.

La incorporación de estiércol vacuno como fuente de materia orgánica, a un suelo afectado en sus propiedades y calidad de la forma descrita en el artículo (I) de esta serie, se puede considerar como práctica mejoradora de sus potencialidades como sostén del crecimiento y desarrollo de las plantas.

Tabla I. Tomate Híbrido FA 180. Esquema de tratamientos. Altura de las plantas (cm; media $\pm$ s) y análisis de regresión lineal Altura vs Tiempo.

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

b: coeficiente de regresión; R²: coeficiente de determinación
ddt: días después del trasplante ** estadísticamente significativo al 0.01

Teniendo esto en cuenta resulta lógico que en los tratamientos en que se aplicó materia orgánica, la respuesta vegetal –en términos de crecimiento total y su velocidad– haya sido superior; sin embargo, la respuesta se ajusta a la aplicación o no del enmendante, que al incremento de sus dosis. La explicación está en los factores que inciden en los procesos de interacción estiércol vacuno-suelo y en la magnitud de las dosis aplicadas.

Las aplicaciones de materia orgánica, como práctica de manejo en la agrotecnología, son recomendadas también por Casanova et al., (2003) y en consecuencia, Vega et al., (2004), las evalúan en su trabajo; pero ambos coinciden en la propuesta de dosis no superiores a los 3 Kg/m² y no asocian a esa práctica con la reducción del consumo de fertilizantes. Igual información brindan Monedero et al., (2004), al reseñar aspectos sobre el manejo del suelo en la tecnología.

Al parecer, esos niveles de aplicación no resultan suficientes para la obtención de efectos notables sobre las plantaciones, debido a las condiciones imperantes en el interior de los túneles o casas de cultivo; al carácter intensivo de los procesos que en ellos transcurren incluyendo el recurso suelo, y a la alta demanda nutrimental a satisfacer.

Valga como ejemplo que avala las anteriores consideraciones, el reporte de Guevara et al., (2004), quienes evalúan como ventajosa, la respuesta a aplicaciones de 3 Kg/m² de abono orgánico en instalaciones de cultivo protegido –tomate y pepino– pero no alcanzan los rendimientos meta de cada cultivo.

Las dosis ensayadas en el estudio que se discute en este documento superan ampliamente a ese valor: tiene sentido entonces que ya con la aplicación de 7.5 Kg/m² se alcance un nivel de suficiencia y que la respuesta vegetal –en crecimiento y desarrollo– se mantenga estable para dosis superiores.

Debe considerarse que la materia orgánica libera nutrientes hacia la solución edáfica del suelo, lentamente, (Cadahía, 1994), en correspondencia con la demanda de los cultivos. Otros aportes reflejan que la naturaleza cuantitativa y cualitativa de esta liberación nutrimental, resultado de las propiedades similares que presenta la microbiota del suelo asociada (Dibut, 2005). Igual tendencia se manifestó en cuanto a la entrada en cosecha, que para el testigo de producción (71 ddt), ocurrió dos días después de iniciada la recolección de frutos, en el resto de las variantes experimentales.

Sin embargo, las aplicaciones de portadores de materia orgánica al suelo, también tienen un límite en la expresión de sus efectos favorables. Por ejemplo, Adams (1974) –citado por Portieles, Arteaga y Mojena, (1985)– demostró que la aplicación excesiva de estiércol en pastos provocaba efectos negativos en los rendimientos, similares a los asociados a dosis excesivas de N, mientras que Arozarena, Muñiz y Alfonso, (1985) señalan que el exceso de cachaza en suelos Ferralíticos Rojos origina –como consecuencia del aumento en los contenidos de Zn y P asimilables– reducciones en la disponibilidad de Mn y Cu.

Tabla II. a) Respuesta a la fertilización órgano mineral. Tomate: Rendimiento agrícola (Kg/m²) y calidad comercial de la cosecha (%). Híbrido: FA 180; Período: Primavera/2001.

Variante	Media ± s	Composición del rendimiento (%)		
		Selecta primera	y Segunda	Total comercializable
1	7.42 ± 0.639	52	45	97
2	8.52 ± 0.477	80	16	96
3	8.09 ± 0.998	76	19	95
4	7.62 ± 0.514	75	19	94
5	7.73 ± 0.836	62	23	85

b) Análisis de Regresión: Rdto. Tomate ($\text{Kg} \times \text{m}^{-2}$) vs Dosis Portador de Materia Orgánica (Kg estiércol $\times \text{m}^{-2}$)

$$Y = 7.46 - 1.95 X + 2.77 X^{0.75} \quad R^2 = 0.784^*$$

$$X_{\text{crítica}} = 9.6 \text{ Kg} \times \text{m}^{-2} \quad \text{para } Y_{\text{máxima}} = 8.29 \text{ Kg} \times \text{m}^{-2}$$

$$X_{\text{propuesta}} = 7.5 \text{ Kg} \times \text{m}^{-2} \quad \text{para } Y_{\text{calculada}} = 8.27 \text{ Kg} \times \text{m}^{-2}$$

El rendimiento agrícola obtenido con la dosis de 7.5 Kg/m^2 –Tabla II– supera ligeramente al logrado con el 100 % de la fertilización mineral y aventaja a ese tratamiento, en la producción de calidad superior. Esta tendencia resulta de particular importancia dadas las características del mercado al que se dirigen estas producciones. No obstante, los tratamientos en que se realizaron las mayores aplicaciones de materia orgánica, no alcanzaron similares resultados, lo que reafirma el criterio de que la incorporación del enmendante orgánico al suelo ha de tener un valor límite en cuanto a dosis.

Yagodin et al., (1986) hacen consideraciones semejantes acerca de la aplicación neta de elementos nutrientes; el impacto sobre la actividad microbiana que se puede asociar a las dosis aplicadas y la intensidad y diversidad de los procesos propios de la interacción materia orgánica-suelo-planta, al evaluar los resultados de la fertilización órgano mineral.

Otros autores informan respuestas similares al incremento de las dosis de materia orgánica, tras estudios de fertilización órgano mineral con especies de importancia económica.

Guzmán, Deroncelé y Aguilera, (1979), por su parte, al estudiar la fertilización órgano mineral (estiércol vacuno) en papa, no encontraron relación lineal entre el rendimiento agrícola y las dosis de materia orgánica aplicadas: la respuesta fue –como en el caso que nos ocupa– positiva decreciente.

Caballero et al., (1997) encontraron, para la aplicación creciente de humus de lombriz en suelos Pardos con carbonatos, una respuesta constante o uniforme luego de aplicar la tercera de las seis dosis evaluadas.

Esta tendencia guarda relación con el hecho de que la cantidad de materia orgánica incorporada, no es directamente proporcional a la velocidad de su descomposición en el suelo; al menos para los valores de aplicación que aquí se discuten.

Es presumible que –también como resultado de las condiciones ambientales creadas dentro de los túneles: temperatura y humedad relativa, básicamente– se alcance una tasa de mineralización estable, que a la vez que aporta nutrimentos al cultivo, también satisfaga a la demanda de energía, carbono y minerales de las sucesivas poblaciones de microorganismos presentes en el suelo.

Así, se amortigua o evita el impacto que un aumento brusco de la disponibilidad de nutrimentos –a partir del aporte neto que representa la composición del estiércol aplicado– podría tener sobre el desarrollo vegetal. Una explicación semejante brinda Cadahía, (1994), al ponderar el ya citado carácter de fertilizante de liberación lenta, atribuido a las fuentes de materia orgánica en el suelo.

La anterior hipótesis quedó demostrada, al cultivar pepino como sucesor del tomate en las instalaciones, Tablas III y IV. Nuevamente a la fertilización órgano mineral –con similar reducción del consumo de fertilizantes– correspondieron los mejores resultados

Tabla III. Pepino: evaluación del efecto residual de la enmienda orgánica Híbrido: HA 436; Período: Verano/2001. Rendimiento agrícola (Kg/m²; media ± s)

Variante	% Fertilización mineral	Estiércol* (Kg/m ²)	Media ± s
1	100	0	14.0 ± 0.54
2	75	7.5	11.8 ± 0.20
3	75	15	14.9 ± 0.32
4	75	22.5	16.4 ± 0.46
5	75	30	17.5 ± 0.30

*efecto residual de las aplicaciones hechas para el cultivo antecesor (tomate)

Pero el orden de mérito de los tratamientos, se invirtió respecto a la respuesta productiva obtenida con el tomate, (Tabla I). Si se toma en cuenta que en este caso, no se repitió la incorporación al suelo del portador de materia orgánica y únicamente se fertirrigó –100 % y 75 % de la norma–, resultará fácil asociar la respuesta obtenida, al efecto residual de las dosis de estiércol estudiadas.

Es decir, si a la dosis mínima de estiércol corresponde el menor rendimiento y a la máxima, el valor superior para igual indicador es porque el efecto sobre la variable de respuesta escogida, se debió a la transformación en el suelo, de las cantidades remanentes de portador orgánico.

Esto indica que 7.5 Kg/m² es una cantidad suficiente para lograr una respuesta vegetal favorable, en las condiciones definidas de reducción del 25 % de la fertilización mineral; sin embargo, su efecto no trasciende a una campaña o ciclo de cultivo, lo que se evidencia en el hecho de que le corresponde el menor valor de rendimiento, entre los alcanzados mediante manejo órgano mineral.

Este resultado es coincidente con la insuficiencia anteriormente comentada –en esta tecnología– para dosis inferiores de portadores de materia orgánica (Guevara et al., (2004) y Vega et al., (2004), por ejemplo), en el cultivo de tomate y pepino.

Igualmente se coincide con Monedero et al., (2004), quienes plantean como insuficientes –en sus efectos sobre la conservación de la calidad agrícola del suelo– dosis de hasta 3 Kg/m² de materia orgánica, bajo condiciones de cultivo protegido.

Estos resultados concuerdan con los de Portieles, Arteaga y Mojena (1985) quienes demostraron la conveniencia de la aplicación continuada de estiércol vacuno, sobre el rendimiento y calidad de pasto pangola y citan –con igual tendencia– a Scaife, (1971) y a Adams, (1973), en estudios similares con maíz y maní, respectivamente.

Otras variables evaluadas, Tabla IV, fueron el largo de la guía principal, así como el largo y diámetro de los frutos.

Tabla IV. Pepino: evaluación del efecto residual de la enmienda orgánica Híbrido: HA 436; Período: Verano/2001. Datos de la planta y del fruto

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

El largo de la guía principal mostró un comportamiento similar al reseñado en el Tabla III para el rendimiento, lo que avala la discusión hecha en cuanto a la residualidad del estiércol en el suelo, ya que esta mayor formación de biomasa, se debe a la disponibilidad de nutrimentos y a las condiciones favorables propiciadas con la incorporación de materia orgánica. No obstante, el resto de las variables no resultó influenciado por las prácticas de manejo; esta respuesta es consecuente con la estabilidad genética que caracteriza a los genotipos de uso común en la agrotecnología, (Gálvez et al., 2004). También es indicadora de que el manejo nutrimental empleado garantiza un adecuado balance o disponibilidad de nutrientes en el suelo y con ello, la expresión plena de las características de los materiales sembrados.

A partir de la respuesta productiva del tomate en época óptima de siembra, tablas V al VII, se confirmo que la dosis de 7.5kg del portador de materia orgánica por metro cuadrado, junto a la disminución en un 25% de la norma de fertirriego propuesta por Casanova et al., (2003), es adecuada como practica de manejo nutrimental.

Este comportamiento puede verse favorecido por el balance en la disponibilidad en el suelo de nutrimentos y sustancias estimuladoras (reguladores del crecimiento, vitaminas, azúcares, aminoácidos, péptidos de bajo peso molecular, etc.), a partir de la presencia combinada o simultánea de estructuras minerales de absorción inmediata y sustancias producto de la actividad biológica, propia de los microorganismos componentes de la flora normal del portador orgánico.

Tabla V. Tomate: validación de la fertilización órgano mineral en época óptima. Híbrido: FA 180; Período: Frío 2001/2002. Altura de plantas (21 ddt a decapitado).

Ddt	Fertilización mineral (100 %)	Fertilización órgano mineral
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
b (cm/día)	3.25	3.60
R ²	0.997**	0.998**

La mayor velocidad de crecimiento obtenida en el tratamiento en que se realizó la práctica órgano mineral es una resultante de esa condición y prueba que en tales condiciones, se incrementa la eficiencia de los procesos relacionados con el desarrollo vegetal.

Muy importante el adelanto de las fenofases que se logra respecto al testigo de producción. Especialmente la conclusión de la cosecha permite –en las condiciones de fertilización órgano mineral– ganar tiempo a favor de la comercialización de la misma y también, a los efectos de la explotación de la instalación, incide positivamente en su eficiencia.

De hecho, las tendencias predominantes en la producción hortícola intensiva, actualmente, expresan preferencia por la precocidad de la producción antes que por su volumen (Dibut, 2003).

Otra ventaja asociada a la reducción del ciclo de cultivo radica en el tiempo disponible, para la ejecución de actividades de carácter agroecológico –desconocidas actualmente en estas instalaciones–, por la continuidad de los ciclos de siembra de sus cultivos principales– como la solarización y la siembra de cultivos trampa.

Tabla VI. Tomate: validación de la fertilización órgano mineral en época óptima Híbrido: FA 180; Período: Frío 2001/2002; Fenofases del cultivo (ddt)

Fenofase	Fertilización mineral (100 %)	Fertilización órgano mineral
Aparición de botones	20 – 21	18 – 19
Inicio de la floración	30 – 31	28 – 29
Inicio de fructificación	40 – 41	38 – 39
Inicio de la cosecha	68 – 69	68 – 69
Término de la cosecha	123 – 124	106 – 107

Tabla VII. Tomate: validación de la fertilización órgano mineral en época óptima Híbrido: FA 180; Período: Frío 2001/2002; Rdto. agrícola (Kg/m²) y % de frutos con calidad superior.

Variante	Rendimiento agrícola	Frutos de calidad superior
Fertilización mineral (100 %)	13.1 ± 1.45	87
Fertilización órgano mineral	12.8 ± 1.25	85
F experimental	0.074 ^{ns}	-
F significativa (5 %)	7.71	-

A los efectos del rendimiento agrícola, la materia orgánica complementó la respuesta vegetal al fertirriego, como ocurrió durante las campañas anteriormente discutidas –tomate y pepino– lo que permite afirmar que los efectos favorables obtenidos son independientes de la especie vegetal y de la época de siembra.

Esto evidencia la posibilidad de adaptación a formas de manejo agroecológico, de los híbridos empleados en la tecnología.

En resumen, las plantas con manejo órgano mineral de la nutrición reflejan en su respuesta las ventajas atribuidas al empleo de esta clase de enmienda de los suelos, (Ibáñez, 1998).

Resultados semejantes fueron obtenidos por Aguirre et al. ,(1994) y Barreto et al. (2000), en estudios sobre aplicaciones de materia orgánica en suelos hortícolas y de olivares, respectivamente.

b) Aplicación de microorganismos biofertilizadores y bioestimulante FitoMas

La aplicación de materia orgánica biofertilizada al suelo, también crea condiciones favorables para el empleo de microorganismos beneficiadores del suelo y los cultivos, lo que constituye una vía para aumentar su valor agregado.

Esa forma de uso mejora la respuesta vegetal al manejo órgano mineral y a la vez acerca a la agrotecnología, a prácticas propias de la agricultura sostenible. En las Tablas VIII y IX, se presentan los resultados de ese tipo de manejo en la producción de tomate en época de primavera.

El esquema de coinoculación aplicado tuvo su antecedente en experiencias de Lino et al., (2004), con tomate en condiciones de organopónico; se tomaron en cuenta recomendaciones de Martínez Viera et al., (2002), así como resultados de Barea y Bonis (1985) y Kapulnick y Douds (2000), citados por Terry, (2004).

La no evaluación independiente de cada microorganismo responde a su reconocido aval como biostimulantes del crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas y a que su aplicación individual goza de reconocida aceptación entre productores y especialistas.

Tabla VIII. Tomate: Respuesta a la biofertilización y la bioestimulación. Esquema de tratamientos. Híbrido: FA 180; Periodo: Primavera 2002; Altura de las plantas (cm) y análisis de regresión lineal Altura vs Tiempo.

Variante	Altura final	Coeficiente de regresión (b)	Coeficiente de determinación (R^2)
1.- 75 % fertilización mineral + 7.5 Kg/m ² de MO	201.8 ± 5.98	4.30	0.984**
2.- 75 % fertilización mineral + 7.5 Kg/m ² de MO + biofertilizantes + FitoMas	222.8 ± 2.32	4.95	0.980**

** Estadísticamente significativo al 1 %

Tabla IX. Tomate: Respuesta a la biofertilización y la bioestimulación. Híbrido: FA 180; Periodo: Primavera 2002; Rendimiento agrícola (Kg/m²) y % de frutos con calidad superior

Variante	Rendimiento*	Frutos calidad superior
1	8.42 ^b	77
2	10.83 ^a	84
F experimental	10.37*	-
F significativa (5 %)	7.71	-

* Promedio de dos campañas

La información anterior evidencia que la fertilización mineral puede ser complementada eficazmente, con alternativas de manejo menos impactantes sobre el medio ambiente; Moya,(1994), .señala las ventajas que tiene la fertilización con base orgánica respecto al fertirriego, en explotaciones agrícolas intensivas y reconocen que la menor concentración iónica en el suelo reduce la conductividad eléctrica y mejora la extracción de nutrientes por las plantas, algo necesario en estos suelos a partir de lo reseñado en el artículo (I).

También se coincide con Serrano, Curiel y Ayala, (1995) quienes demuestran la eficiencia de los biofertilizantes en sistemas de manejo órgano mineral y concluyen que una de las principales ventajas de su uso radica, precisamente, en la reducción del consumo de fertilizantes minerales que posibilitan.

Como estrategia, en la tecnología de cultivo protegido, el empleo de los biofertilizantes –en consideración del autor– no deberá dirigirse hacia el incremento de los rendimientos, a partir de su aplicación junto a las dosis actualmente recomendadas de fertilizantes minerales: deberá orientarse hacia la disminución racional de esos niveles de consumo, como vía de contribuir – junto a otras prácticas igualmente necesarias y aún no presentes en esa cadena productiva– a la sostenibilidad de la tecnología de producción, así como la disminución de la contaminación del agroecosistema con el consiguiente impacto ambiental .

Semejantes reflexiones son hechas por Planes-Leyva et al., (2004) en estudios acerca del papel que juegan los biofertilizantes en una agricultura sostenible.

Conclusiones

1. La incorporación al inicio de cada campaña, de estiércol vacuno seco y descompuesto al suelo (en dosis de 7.5 kg./m^2) permite la reducción del 25 % de la dosis de los fertilizantes minerales, empleados para la producción de tomate y pepino en instalaciones de cultivo protegido, establecidas sobre suelos Ferralíticos Rojos de fertilidad alta.
2. La aplicación simultánea de microorganismos biofertilizadores –*Azotobacter chroococcum*; *Bacillus megatherium* var. *phosphaticum* y *Glomus* sp. en combinación con materia orgánica – y de biostimulante foliar FitoMas incrementa la positiva respuesta vegetal a esa enmienda orgánica, en términos de crecimiento, desarrollo y rendimiento agrícola.

REFERENCIAS

- AGUIRRE, Y. et al. Fertilización química y orgánica en lechuga (*Lactuca sativa*, L.). Revista Facultad Agronomía (Maracay) 20: 111-122, 1994.
- AROZARENA, N. J. 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, 1999.
- AROZARENA, N. J. et al. Cultivo protegido: evidencias del impacto ambiental de la agrotecnología sobre el suelo y propuestas de posibles acciones remediadoras. En: Jornada Científica del INIFAT (10: 2005, marzo 30-abril 1; Ciudad Habana). Resúmenes Soporte Electrónico, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical, 2005.
- AROZARENA, N. J.; O. Muñiz y C. A. Alfonso. Efecto de niveles de cachaza en el contenido asimilable de zinc, cobre y manganeso y sus interacciones con el fósforo asimilable en un suelo Ferralítico Rojo compactado. Ciencia y Técnica en la Agricultura (Serie Suelos y Agroquímica) 8 (2): 7-14, 1985.
- BARRETO, C. et al. Efectos de la aplicación de residuos de almazara en el fósforo asimilable y otras propiedades edáficas de un olivar en regadío. Edafología 7 (2): 29-38, 2000.
- CABALLERO, R. et al. Dosis de humus de lombriz en un suelo Pardo con carbonato usado en bolsas para plantas "in vitro". Agrotecnia de Cuba. 27 (2-3): 55-59, 1997
- CADAHÍA, C. Productos naturales como fertilizantes. En: Curso Máster Fertilizantes y Medio Ambiente. --Madrid: Universidad Autónoma de Madrid, 1994.
- CASANOVA, A. S. et al. Manual para la producción protegida de hortalizas. --La Habana: LILIANA, 2003
- CASTILLA, N. El microclima en los invernaderos de plástico de la costa suroeste de España. Horticultura (5): 60-70, 199.
- DIBUT, B. Biofertilizantes como insumos en Agricultura sostenible. Cosió Eds, México, 2005, 154pp.
- DIBUT, B. et al. Biofertilización: biotecnología indispensable para el desarrollo de la agricultura sostenible. En: Memorias III Congreso Internacional de Biotecnologías para la Región Latinoamericana (CINBIOS); Yucatán, 2003.
- GÁLVEZ, J. M. et al. Comparación de híbridos comerciales de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) y de pepino (*Cucumis sativus*, L.), a partir de diferentes fechas de siembra en condiciones de cultivo protegido. En: Convención Trópico 2004. (II Congreso de Agricultura Tropical; 2004, abril 4-9, La Habana). Memorias CD-ROM GEOTECH, 2004. ISBN 959-7167-02-6.
- GONZÁLEZ, ROSALÍA. 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.
- GUEVARA, ANIUSKA. et al. Aplicaciones de abonos orgánicos y fertilizantes minerales para las hortalizas en casa de cultivo protegido. En: Congreso Científico del INCA (14: 2004, nov. 9 -12; La Habana). Memorias CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2004. ISBN 959-7023-27-X.
- GUEVARA, ANIUSKA. et al. Aplicaciones de abonos orgánicos y fertilizantes

- minerales para las hortalizas en casa de cultivo protegido. En: Congreso Científico del INCA (14: 2004, nov. 9 -12; La Habana). Memorias CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2004. ISBN 959-7023-27-X.
- GUZMÁN, J. J.; R. Deroncelé y J. A. Aguilera. Estudio de niveles de materia orgánica en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*, L.). Ciencia y Técnica en la Agricultura (Serie Suelos y Agroquímica). 2(2): 67-73, 1979.
- HERNÁNDEZ, A. et al. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. --La Habana: Instituto de Suelos, 1999.
- IBÁÑEZ, M. D. Evaluación de los nutrientes en el bulbo húmedo del suelo en el cultivo de lechuga Eceberg: Influencia de la fertilización organomineral. Tesis de Licenciatura. España; Universidad de Murcia, 1998
- LITTLE, T. y F. M. Jackson Hills. Métodos estadísticos aplicados a la agricultura. --México, D. F.: Editorial Trillas, 1981
- MARTÍNEZ VIERA, R. et al. Biofertilización y producción agrícola sostenible: retos y perspectivas. 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.
- MIRÓ-GRANADA DE GRADO, F. Agricultura intensiva bajo plástico. El Campo (31): 133 – 1476, 1999
- MONEDERO, MILAGROS. Evaluación del manejo de suelos Ferralíticos Rojos en casas de cultivo protegido de La Habana. En: Congreso Científico del INCA (14: 2004, nov. 9 -12; La Habana). Memorias CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2004. ISBN 959-7023-27-X.
- MOYA, T. J. A. Riego localizado y fertirrigación. --Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1994.
- PLANES-LEYVA, MARITZA et al. La biofertilización como herramienta biotecnológica de la agricultura sostenible. Revista Chapingo (Serie Horticultura) 10 (1): 5-10, 2004.
- PORTIELES, M.; O. Arteaga y A. Mojena. Estudio de la fertilización química y orgánica en la pangola. Ciencia y Técnica de la Agricultura. (Serie Suelos y Agroquímica) 8(1): 15-26, 1985.
- RIVERA, R. et al. La simbiosis micorrízica: un nuevo paradigma en la producción agrícola. Resultados obtenidos en diferentes modelos productivos. En: Encuentro de Agricultura Orgánica (5: 2003, mayo 27 al 30; Ciudad Habana). Resúmenes. ACTAF, 2003.
- SANTOS, R.; L. Rodríguez y H. Martín. Cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) bajo sombrilla tropical. En: Ramírez, Neyda (ed). Producciones de cultivos en condiciones tropicales. --La Habana: LILIANA, 1998, 27-28
- SERRANO, J. O.; A. Curiel y J. Ayala. Utilización de un biofertilizante en el cultivo de cebolla (*Allium cepa*, L.) en Chapingo, México. Revista Chapingo. (Serie Horticultura) 1(4): 95-99, 1995.
- TERRY, ELEIN. Microorganismos benéficos y productos bioactivos como alternativas para la producción ecológica de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill var. Amalia). Tesis en Opción al Grado de Doctor en Ciencia Agrícolas. --La Habana/INCA, 2004.
- VEGA, E. et al. Aplicación de abonos orgánicos para el pepino en casas de cultivo sobre un suelo Ferralítico Rojo compactado. En: Congreso Científico del INCA (14: 2004, nov. 9 -12; La Habana). Memorias CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2004. ISBN 959-7023-27-X.
- YAGODIN, B. A. et al. Agroquímica. --Moscó, URSS: Editorial MIR, 1986