

Dosificación de fertilizante para el fertirriego del tomate protegido en Ciego de Ávila

Dosage of fertilizer for the fertirrigation of the protected tomato in Ciego de Ávila

Carmen Duarte Díaz¹, Miriel Ajete Gil², Felicita González Robaina³, Camilo Bonet Pérez⁴ y Luís O. Sierra Castellanos⁵

RESUMEN. Se evalúa como objetivo, el criterio de dosificación de nutrimentos para la fertirrigación, a partir de las curvas de materia seca, en base a la biomasa aérea total en las casas de cultivo protegido de referencia perteneciente al módulo Santana, de Ciego de Ávila, ya que aunque se ha demostrado que el fertirriego es una técnica exitosa, aún persisten problemas que son indispensables resolver, como lo es precisar la dosis de fertilizantes que debe utilizarse para incrementar la eficiencia de aprovechamiento de los nutrimentos y fomentar la rentabilidad de la producción sin deterioro de los recursos naturales. Se monitoreó, evaluó y se hicieron las correcciones pertinentes de la calidad del agua de riego y fertirriego, además de evaluar las propiedades agroquímicas para establecer un balance y precisar la cuantificación nutrimental a nivel del sistema. Se realizaron las curvas de velocidad de acumulación de biomasa en el tomate Charleston por períodos de crecimiento vegetal, para verificar la eficiencia de la fertirrigación aplicada con los programas operativos rígidos, establecidos en la aplicación de fertilizantes de las casas de cultivo protegido, así como los cálculos de las normas de riego. La acumulación de la materia seca en función de la biomasa aérea total de la planta, se ajustó al modelo Bugarín, propuesto para tomate en condiciones de invernadero e hidroponía, cuya tendencia puede ajustarse de acuerdo a una función de una línea recta $y=1,0346x-0,279$, con coeficiente de determinación de 0,77. El comportamiento del cultivo definió que hubo un manejo aceptable en cuanto al aporte de fertilizantes por fertirriego, en el cual se asignó la cantidad de nutrientes necesaria para el desarrollo satisfactorio de la plantación según la planificación, aún cuando el aporte por el suelo es tan deficiente, lo cual no contribuyó al balance positivo, para cuantificar las cantidades que se requerían de cada portador. El criterio de las curvas de acumulación de biomasa foliar permitió definir la eficiencia del aporte de los fertilizantes en el fertirriego del tomate protegido, Charleston.

Palabras clave: fertirriego, biomasa, fertilizante

ABSTRACT. The approach of dosage of nutriments for fertirrigation, starting from the curves of dry matter, based on total air biomass in the cropping house of reference belonging to the module Santana, in Ciego de Ávila province it is evaluated as objective, though it has been demonstrated that fertirrigation is a successful technique, there are still problems indispensable as to specify the dose of fertilizers that should be used to increase the efficiency of use of the nutriments and to foster the profitability of producing without deterioration of the natural resources. It was monitored and evaluated and the corresponding corrections referring water quality for irrigation and fertirrigation, besides evaluations on agrochemicals properties to establish a balance and to specify the quantification of the nutriments at level of the system were also made. the curves of accumulation of biomass speed in the tomato Charleston for periods of growth, to verify the efficiency of the fertirrigation applied with the rigid operative programs, settled down in the application of fertilizers of the protected cultivation were estimated, as well as the calculations of the irrigation standards. The accumulation of dry matter in function of biomass air total of the plant, was adjusted to the pattern Bugarín, proposed for tomato in greenhouse and hydroponic conditions whose tendency can be adjusted according to a function of a direct line and $y=1,0346x-0,279$, with coefficient of determination of 0,77. Crop behavior showed that there was an acceptable management as fertilizer supplies by fertirrigation, in which the required quantity of nutrients supplied, favored the satisfactory development of the plantation according to the planning, still when the contribution for the soil was so faulty, that which didn't contribute to the positive balance, necessary

Recibido 22/11/09, **aprobado** 23/07/10, **trabajo** 34/10, **investigación.**

¹ Dr.C., Inv., Instituto Nacional de Investigaciones de Riego y Drenaje, Ave. Camilo Cienfuegos y Calle 27, Arroyo Naranjo, La Habana, Cuba.
E-✉: carmen@iird.cu

² Ing., Asp., Inv., Instituto Nacional de Investigaciones de Riego y Drenaje, La Habana, Cuba.

³ M.Sc., Inv., Instituto Nacional de Investigaciones de Riego y Drenaje, La Habana, Cuba.

⁴ Ing., Especialista, Instituto Nacional de Investigaciones de Riego y Drenaje, La Habana, Cuba.

⁵ M.Sc., Especialista, Instituto Nacional de Investigaciones de Riego y Drenaje, La Habana, Cuba.

to quantify the amount of nutrients required. The approach of leaf curves of accumulation of biomass allowed defining the efficiency of the contribution of the fertilizers in the fertirrigation of the protected tomato, Charleston variety.

Keywords: fertirrigation, biomass, fertilizer

INTRODUCCIÓN

El cultivo protegido en Cuba, constituye una tecnología promisoría para extender los calendarios de cosecha de las hortalizas, según Casanova *et al.* (2007) y es reconocida a nivel mundial como una tecnología agrícola de avanzada, que mantiene la producción de hortalizas fresca durante todo el año, la cual incluye la práctica de fertirriego, para aplicar los nutrientes de forma exacta y uniforme al volumen radical humedecido, en función de las etapas fenológicas del cultivo.

Ante la creciente escasez de los recursos hídricos destinados para la agricultura y el alto costo de los insumos agrícolas, resulta indispensable buscar alternativas tecnológicas que reduzcan los costos de producción y que al mismo tiempo, se obtengan altos rendimientos. En éste sentido el fertirriego ha resultado una técnica promisoría en agroecosistemas hortícolas intensivos para abastecer adecuadamente con agua y nutrientes a éstos cultivos durante su ciclo de producción, mediante el empleo de sistemas de riego localizado (Bar-Yosef, 1999).

En el fertirriego, aún persisten problemas tales, como precisar la dosis de fertilizantes que debe utilizarse para incrementar la eficiencia y aprovechamiento de los nutrientes sin deterioro de los recursos naturales. Una forma de proceder es mediante la cuantificación de la demanda nutricional diaria del cultivo de interés, lo que permitiría hacer los ajustes necesarios en el manejo de la fertilización.

Para calcular la demanda total de un cultivo diferentes autores como Galvis *et al.* (1994), sugirieron hacerla a través de la meta del rendimiento en materia seca total y o el requerimiento interno del nutriente de interés, teniendo en cuenta la distribución de la materia seca entre varias partes de la planta como un equilibrio funcional.

Se propuso como objetivo: evaluar el criterio de aplicación de nutrientes para la fertirrigación del tomate protegido a través de la materia seca en función de la velocidad de acumulación de biomasa aérea total.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomó como referencia el Módulo de Santana, en Ciego de Ávila como representativo de las casas de cultivo protegido del país del tipo de 20 x 40 m, con un área de 800 m², la cual se encuentra situada en el municipio Morón. Se recopiló la información sobre la caracterización del suelo.

El suelo es Ferralítico Amarillento lixiviado típico, según Clasificación de Suelos (1996).

En la Tabla 1 se expresan algunos indicadores hidrofísicos como capacidad de campo y densidad aparente determinados hasta 60 cm de profundidad, los cuales sirvieron para realizar los cálculos de riego.

TABLA 1. Algunas propiedades hidrofísicas del suelo

Profundidad, cm	Capacidad de campo, %	densidad aparente, g cm ⁻³
0 - 20	21,04	1,50
20 - 40	21,45	1,52
40 - 60	24,00	1,43

Se tomó en cuenta el programa operativo diseñado por el Ministerio de la Agricultura, para ser cumplimentado en todos los módulos de cultivos protegidos. En el mismo se presentan los fertilizantes posibles a utilizar por fases de desarrollo para el cultivo de tomate en época de invierno, para cubrir todos los potadores que requiere el cultivo en función de la demanda del cultivo.

Se describen los aportes de fertilizantes en la Tabla 2 de acuerdo a la existencia del programa operativo de ejecución de fertirriego, teniendo en cuenta el suministro de fertilizantes existentes en el módulo. El mismo integra todos los factores que deciden la ejecución y el procedimiento correcto del fertirriego para cada una de las etapas de crecimiento y desarrollo del cultivo de tomate Charleston, de la siembra de invierno en cultivo protegido.

TABLA 2. Programa operativo de aplicación de fertilizantes por fertirriego

Fase de Desarrollo	d.d.t	Fertilizantes (Kg *ha ⁻¹)								Agua M ³
		H ₃ PO ₄	HNO ₃	Ca(NO ₃) ₂	MgSO ₄	KNO ₃	K ₂ SO ₄	Mg(NO ₃) ₂	NH ₄ NO ₃	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	3	6,85								33
II	23	61,26	182,28		11,51	74,36			26,26	354,2
III	32	121,76	362,29	33,36	102,08	564,72	-0,01			704
IV	25	133,18	396,26	310,13	217,53	398,95	329,28			770
V	20	76,10	226,43	20,85	63,80	352,95	-0,01			440
VI										
Total		399,16	1167,27	364,34	394,92	1390,97	329,26		26,26	2301,20

Se utilizó un Venturi como inyector de fertilizante ubicado en el cabezal del sistema de riego.

El riego se realizó en días alternos, con la aplicación de la norma de riego calculada por fases del cultivo, regido por un programador de riego.

Para determinar la materia seca, se tomaron tres muestras de plantas completas por fases de desarrollo y se calcularon por el método de diferencia de pesadas, con la utilización de la estufa a 70° C. Con los valores de materia seca se construyó la curva de velocidad de crecimiento del cultivo teniendo en cuenta la materia seca en función de la biomasa aérea total del cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El trabajo consistió en la recopilación de datos agronómicos y de riego de las casas de cultivo protegido de referencia y con ellos se comparó la eficiencia del uso de los fertilizantes a través del fertirriego con la utilización de las curvas de velocidad de incremento en la materia seca del tomate en crecimiento según la biomasa aérea total del mismo para verificar la dosificación de los fertilizantes aplicados.

El diagnóstico de la calidad de agua para el riego y caracterización agroquímica del suelo, permitieron evaluar el comportamiento del cultivo a pesar de los fertilizantes entregados por vía fertirriego.

Se realizó un monitoreo para determinar la calidad del agua en Ciego de Ávila, en el área de la CCP de Santana, la misma se describe en la Tabla 3.

Se presentan los valores promedios de los parámetros que influyen en la calidad del agua para el riego en la CCP Santana de Ciego de Ávila.

Es un agua de origen subterráneo y según los criterios evaluados, es considerada que la salinidad por concepto de conductividad eléctrica y sales solubles totales, se encuentra en el rango de restricción de uso moderada, según la guía de

interpretación de las aguas para el riego recomendada por Guzmán y López Gálvez (2004).

TABLA 3. Valores promedio de la evaluación de calidad del agua de riego en CCP Santana, de Ciego de Ávila

Indicador	Valores promedios
Conductividad eléctrica (μS)	0,72
Sales solubles totales (ppm)	459
pH	7,17
Presión osmótica (atm)	0,26
Ca meq l ⁻¹	5,08
Mg meq l ⁻¹	1,63
K meq l ⁻¹	0,04
Na meq l ⁻¹	0,98
Σ cationes	7,73
Cl meq l ⁻¹	0,86
SO ₄ meq l ⁻¹	-
CO ₃ meq l ⁻¹	0
HCO ₃ meq l ⁻¹	6,55
Σ aniones	7,41

No presenta toxicidad específica por los contenidos de sodio y cloruro. La concentración de bicarbonato indica que el agua está en un grado de restricción de uso moderado. Según el pH, el agua se encuentra en el intervalo normal de uso. Los indicadores que se presentan indican que el agua está apta para ser usada para el riego del tomate Charlestone de la CCP de Santana en Ciego de Ávila, con la utilización del sistema de riego localizado por goteo.

Se procedió además a la caracterización de algunos indicadores agroquímicos del suelo de la propia área de estudio representados en la Tabla 4.

TABLA 4. Análisis agroquímico del suelo

Horizonte	Profundidad, cm	pH	MO, %	P ₂ O ₅ cmol*kg	K ₂ O
A1p1	0-23	7,75	1,72	5,70	8,20
B1	23-52	7,55	1,15	1,34	4,00

Según establece el Servicio Agroquímico Nacional de Cuba, el pH se encuentra en un rango neutral, el contenido de MO de los horizontes analizados es muy bajo, por estar por debajo del 3%, aún cuando se ha aplicado materia orgánica con frecuencia en cada ciclo de producción de cultivo a razón de 3 kg·m⁻², no obstante, se requiere incrementar éstos tenores con aplicaciones frecuentes y elevadas de MO, por otra parte, el contenido de fósforo se encuentra en la categoría de muy bajo por estar por debajo de 3 cmol*kg, en el segundo horizonte y en el primero el tenor está bajo según Valdés *et al.* (1995). El contenido de potasio está por debajo de 15 cmol*kg, por lo que se considera bajo. En sentido general la riqueza mineral nutricional del suelo está empobrecida, por lo que se requiere de asegurar la producción con la aplicación de fertilizantes en función de lo que se requiere para asegurar la producción del tomate.

Se resume en la Tabla 5, los fertilizantes aplicados luego del cálculo del esquema de fertilización, así como el volumen de agua utilizado para el proceso de fertirrigación.

A partir del programa operativo se definieron los aportes de nutrimentos específicos totales, en función de los productos minerales utilizados, como se aprecia en la Tabla 5, los cuales se relacionan con el programa operativo establecido para el desempeño de los fertilizantes que se encuentran reflejados en la Tabla 2.

TABLA 5. Contenido de nutrimentos totales aportados al tomate Charleston por fertirriego, en CP de Santana

Producto	Nutrientes Kg / ha					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄
H ₃ PO ₄		246				
HNO ₃	130					
Ca(NO ₃) ₂	56			95		
MgSO ₄					63	154
KNO ₃	167		626			
K ₂ SO ₄			165			178
Mg(NO ₃) ₂						
NH ₄ NO ₃	9					
Total	363	246	791	95	63	332

Estos nutrientes son los que en realidad fueron aportados al cultivo de tomate protegido a través del fertirriego, durante todo el ciclo para garantizar el crecimiento y desarrollo del cultivo, dado que el suelo se encuentra bastante empobrecido de riqueza nutricional. Como se expresa en la tabla 4 en la evaluación de algunos indicadores agroquímicos del suelo.

Durante todo el ciclo de desarrollo del cultivo se hicieron las evaluaciones de materia seca, en función de la biomasa aérea foliar, por fases de crecimiento. Se obtuvo como resultado que la plantación tuvo un rendimiento gradual cuantitativo por período de crecimiento como se describe en la Tabla 6.

TABLA 6. Distribución de la materia seca por períodos de crecimiento del tomate protegido Charleston

Período de crecimiento	MS de BAT, kg m ²
Trasplante a emisión del primer racimo floral	0,100
Emisión del primer racimo floral a cuaje del 3er. racimo	2,548
Cuaje del 3er. racimo a inicio de cosecha	3,276
Inicio de cosecha a cosecha completa del antepenúltimo racimo	3,306
Total	9,23

Se considera que en términos de eficiencia del uso del agua y los fertilizantes es posible a través de modelos de los períodos de crecimiento, definir la producción vegetal, en función de la materia seca del cultivo como indicador del rendimiento (Santa Olalla y Valero, 1993).

La curva de acumulación de materia seca está considerada dentro de los criterios de dosificaciones existentes en la cuantificación de fertilizantes para aseguramiento del nutrimento de las hortalizas y entre ellas el tomate, propuesto por Sandoval (2004).

Este método permite el abasto oportuno de fertilizantes y evita las pérdidas de los nutrimentos, además de seleccionar la fuente más recomendable para las fases vegetativas y o reproductivas y por último decide la eficacia de éstos métodos para programar la aplicación de fertilizante.

Se recomienda la utilización de parámetros comunes para ajustar el crecimiento del cultivo en la biomasa, utilizando funciones de crecimiento de acuerdo a estudios de Macías (1986), mediante el cual se establecen relaciones entre la absorción de los elementos nutrientes y la producción de biomasa, fundamentalmente con el nitrógeno, el fósforo y el potasio en dependencia del período de crecimiento que se trate verificar.

La Tabla 6, refleja el contenido de materia seca por los períodos de crecimiento del tomate protegido de la casa de cultivo de referencia de Santana, entre la fecha de plantación

y la cosecha, lo que indica la tendencia del rendimiento en función del cálculo de la demanda nutrimental total del cultivo, recomendado por Galvis *et al.* (1994), los cuales sugirieron hacerlo a través de la meta del rendimiento y en materia seca y el hecho de acotar el período de crecimiento del cultivo de tomate en términos proporcionales en el modelo teórico propuesto, permite estimar la acumulación de materia seca.

Los resultados aquí representados concuerdan con los utilizados por Bugarín *et al.* (2002), derivado del método propuesto por Galvis (1998) para trigo cuya aplicación puede ser válida para diferentes condiciones de producción y hábitos de crecimiento para crear el modelo utilizado. Se indica que existe un aumento de la materia seca según avanza el crecimiento del cultivo, hasta lograr un máximo de 9,23 kg·m², lo que está en correspondencia cuantitativa con lo que puede acumular la planta.

En su definición por fases de desarrollo del cultivo de tomate protegido en la figura 1, se refleja la acumulación de la materia seca en función de la biomasa aérea total de la planta, cuya tendencia puede ajustarse de acuerdo a una función de una línea recta $y=1,0346x-0,279$, con coeficiente de determinación de 0,78, considerando los valores observados como la variable independiente y los estimados como la dependiente. Este resultado coincide con los de Bugarín *et al.* (2002), para tomate en invernadero, los cuales tuvieron una precisión de la

estimación de la materia seca sobre la biomasa aérea total del modelo, para cuantificar el fertirriego mediante la regresión lineal simple, con R^2 de 0,93, constituyendo una valiosa herramienta para condicionar la aplicación de fertilizantes por fertirriego a través del sistema de riego localizado de alta frecuencia, por goteo.

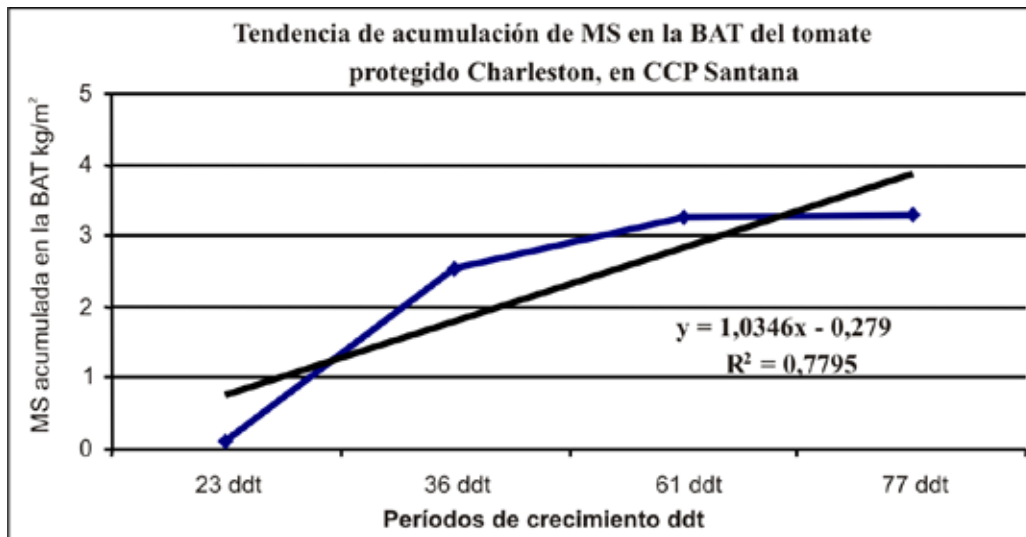


FIGURA 1. Acumulación de materia seca del tomate protegido Charleston por fases de desarrollo, en CP de Santana.

El comportamiento del cultivo define el manejo en cuanto a la entrega de fertilizantes por fertirriego, en el cual se dio la cantidad de nutrientes necesaria para el desarrollo satisfactorio de la plantación según la planificación, aún cuando el aporte nutrimental por el suelo fue tan deficiente, lo cual no contribuyó al balance, para cuantificar las cantidades que se requieren de cada portador.

Un aporte adicional al conocimiento general nutricional del cultivo y su comportamiento con los fertilizantes aplicados lo constituirían las evaluaciones de los tenores de nutrimentos foliares y de calidad interna de la cosecha, lo cual no fue posible verificar.

CONCLUSIONES

- En el desarrollo productivo del tomate protegido para las condiciones del módulo de Santana en Ciego de Ávila, el fertirriego es determinante para el desarrollo y producción del cultivo, dada la baja riqueza nutrimental del suelo.
- Fue posible evaluar la eficiencia de uso de los fertilizantes cuantificados en la fertirrigación tradicional por periodos de crecimiento, a partir del ajuste de la curva de dosificación por velocidad de acumulación de materia seca en función de la biomasa aérea total ajustado a un modelo de regresión lineal $y=1,0346x-0,279$, con R^2 de 0,78.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAR-YOSEF, B.: "Advances in fertigation", *Adv.Agron*, 65: 1-77, 1999.
- BUGARÍN, M. R.; A. GALVIS; P. SÁNCHEZ Y D. GARCÍA: "Acumulación diaria de materia seca y de potasio en la biomasa aérea total del tomate", *TERRA Latinoamericana*, 20(004): 401-409, 2002.
- CASANOVA, S.A.; O. GÓMEZ; F. R. PUPO Y M. HERNÁNDEZ: *Manual para la producción protegida de hortalizas*, pp. 74-83, Ministerio de la Agricultura. Viceministerio de Cultivos Varios. Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova, capítulo riego y fertirriego, Editorial Liliana, Edición II; ISBN 959- 7111- 37-3, Maracay, Venezuela, 2007.
- GALVIS, S. A., J. ETCHEVERS Y J. RODRÍGUEZ: A system approach for determining NP fertltzer recommendations for annual crops, II Nutrient demand. In: **15 th World Congress of Soil Science**, 1994.
- GALVIS, S. A.: *Diagnóstico y simulación del suministro de nitrógeno edáfico para cultivos anuales. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas)*, Colegio Postgraduados. México, 1998.
- GUZMÁN M Y L. GALVES: *Fertirriego en los sistemas de producción*, Taller de Riego y Fertirrigación, CYTED, Tecnologías y Programación en Agroplasticultura, México, 2004.
- NUEVA VERSIÓN DE LA CLASIFICACIÓN GENÉTICA DE LOS SUELOS DE CUBA: Instituto de Suelos, MINAG, Editorial Agrinfor, La Habana, Cuba, 1999.
- MACÍA, O.: *Balance hídrico y mineral del pimiento de Gernika en cultivo hidropónico*, Premio de Félix Cocoroa de Investigación Vasca de Alimentación, España, 1986.
- SANDOVAL, V. M.: *Criterios para la dosificación de fertilizantes en hortalizas*, pp. 227-228, Programa de Edafología, Colegio de Postgraduados, Programación y control de fertirriego, CYTED, Fertirriego, Tecnologías y Programación en Agroplasticultura, México, 2004
- SANTA OLALLA, F.; J. VALERO: *Agronomía del Riego*, pp. 503-505, Ediciones Mundi-Prensa, España, 1993.