

AGRO CENTRO 2012.
V EDICIÓN DE LA CONFERENCIA CIENTÍFICA
INTERNACIONAL SOBRE DESARROLLO AGROPECUARIO Y
SOSTENIBILIDAD

EFICIENCIA DE APROVECHAMIENTO NUTRIMENTAL EN EL
FERTIRRIEGO DEL TOMATE PROTEGIDO EN LA
PROVINCIA DE GRANMA, EN CUBA.

Carmen Duarte Díaz¹, Luís O. Sierra Castellanos¹, Felicita González Robaina¹ y Camilo Bonet Pérez¹.

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric). MINAG, Cuba

Resumen

Se validó el criterio de dosificación de nutrientes en la fertirrigación, para aumentar la eficiencia de aprovechamiento de los mismos, a partir de la curva de materia seca sobre la biomasa aérea total del cultivo de tomate, y de la curva de extracción nutrimental del nitrógeno en las casas de cultivo protegido, situadas en Bayamo, en la provincia de Granma, en comparación con el programa de fertirriego preestablecido. Se confeccionó la curva de velocidad de acumulación de biomasa en el tomate Charleston por períodos de crecimiento vegetal y se precisaron los cálculos de las normas de riego. La curva de acumulación de materia seca, mostró su mejor ajuste en la función lineal $y = 0,387x + 3,3228$, con coeficiente de determinación de 0,70. Del análisis foliar nitrogenado en cada período de crecimiento y su comparación con los valores óptimos, se infiere hacer correcciones en el cálculo del fertilizante nitrogenado para la primera fase del cultivo. Los resultados se ajustaron a una ecuación logarítmica $y = 1,3374\ln(x) + 3,1349$, con $R^2 = 0,74$. El comportamiento del cultivo definió que hubo un manejo aceptable en el aporte de fertilizantes por fertirriego según método utilizado, los que fueron cuantificados por los montos que se requerían de cada portador y validado en el caso del nitrógeno, de acuerdo a la propuesta de criterio agronómico estudiada.

¹ **Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Cuba.**

Email: carmen@iagric.cu, mercy@cav.minauditoria.cu, felicita@iagric.cu,
maquinaria@eimanet.co.cu

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 nutrimentos 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 nutrimentos 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 nutrimentos sin deterioro de los recursos naturales. Una forma de proceder es mediante la cuantificación de la demanda nutrimental 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 nutrimento 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**: Validar el criterio de dosificación de nutrimentos para la fertirrigación del tomate protegido a través de la materia seca en función de la velocidad de acumulación de biomasa aérea total y de obtener la curva de extracción foliar de nitrógeno.

Materiales y Métodos

Se tomó como referencia el Módulo de La Pupa, de Bayamo, Granma como representativo de las casas de cultivo protegido del país de dimensiones 12 m x 44m cuya área es de 540 m² y tiene aproximadamente 1290 plantas.

Se tomó en cuenta el programa operativo de aplicación de fertilizantes por fertirriego, diseñado por el Ministerio de la Agricultura, para ser cumplimentado en todos los módulos de cultivos protegidos del país. 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.

Tabla 1. Programa operativo de aplicación de fertilizantes por fertirriego.

Fase de Desarrollo	Fertilizantes (Kg *ha ⁻¹)									Agua M ³
	d.d.t	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	
I	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

Nota ddt: días después del trasplante

Se describen los aportes de fertilizantes en la tabla 1 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.

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 3 muestras de plantas completas por fases de desarrollo y se calcularon por el método de diferencia de pesadas, con la utilización de la estufa entre 80 y 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. Se tomaron muestras foliares por período de crecimiento para establecer la dinámica nutrimental de nitrógeno, así como su concentración en el fruto.

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 la curva de velocidad de incremento en la materia seca del tomate en crecimiento, según la biomasa aérea total del mismo, así como a través de curva de extracción de nitrógeno foliar, para verificar la dosificación de los fertilizantes aplicados.

Resultados y Discusión

Se resume en la tabla 2, 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 1, los cuales se relacionan con el programa operativo establecido para el desempeño de los fertilizantes que se encuentran reflejados en la tabla 2.

Tabla 2. Contenido de nutrientes totales aportados al tomate Charlesthón por fertirriego, en CP La Pupa.

Nutrientes Kg / ha						
Producto	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄
H ₃ PO ₄		246				
HNO ₃	24					
Ca(NO ₃) ₂	227			381		
MgSO ₄					63	154
KNO ₃	102		381			
K ₂ SO ₄			399			431
Mg(NO ₃) ₂						
NH ₄ NO ₃	10					
Total	363	246	780	381	63	585

Los valores de nutrientes reflejados en la tabla 2, fueron 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.

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 figura 1, tomado como referencia hasta los 70 días después del trasplante.

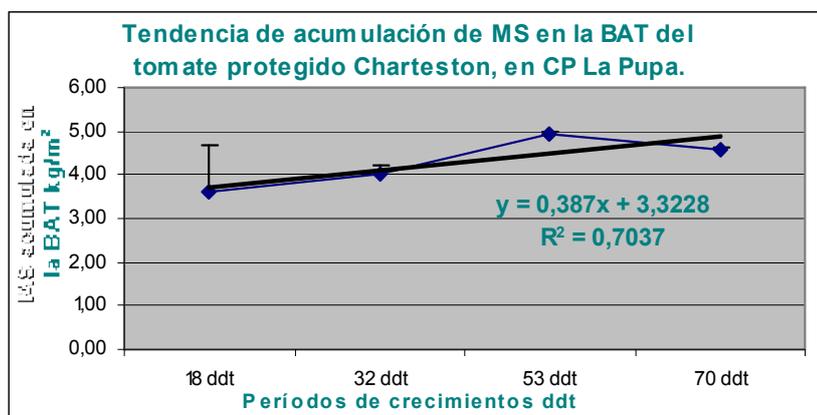


Figura 1. Acumulación de materia seca en la biomasa aérea total del tomate protegido en La Pupa.

La tendencia que sigue la acumulación de materia seca en función de la biomasa aérea, está regida por una ecuación lineal $y = 0,387x + 3,3228$, con coeficiente de determinación de 0,70. Este resultado se puede comparar con los aportados Duarte et al, (2009) para tomate protegido de la misma variedad desarrollado en la provincia de Ciego de Ávila, en condiciones similares los cuales tuvieron una precisión de la estimación de la materia seca sobre la biomasa aérea total, para cuantificar el fertirriego mediante la regresión lineal simple, con R^2 de 0,77.

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), por lo que su aplicación es fundamental para la precisión en la cuantificación general y particular de los nutrientes a la planta de forma acertada y con reducción del tiempo de exposición experimental en condiciones de campo.

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.

Se refleja el contenido de materia seca por los períodos de crecimiento del tomate protegido de la casa de cultivo de referencia de La Pupa, 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 en materia seca.

En el estudio foliar de nitrógeno el cual se aprecia en la figura 2, se facilitan los tenores de N en cada período de crecimiento y a su vez la relación entre éstos valores y la cantidad optima a tener en el cultivo según Jones et al, (2000), citado por Ruiz y Túa, (2005).

Se muestra la curva de extracción nutrimental foliar de nitrógeno en el tomate protegido variedad Charlestone, y se aprecia, que en la primera fase el contenido es insuficiente por tener valores inferiores a 2.50 % N en la materia seca y en las restantes etapas el contenido de nitrógeno se encuentra entre el rango optimo y alto sobretodo en la última fase, por lo que se predice que debe ajustarse la dosificación de nitrógeno en el primer período y velarse porque en las fases sucesivas no se acumule en el fruto, de modo que pueda ser dañino al consumo humano.

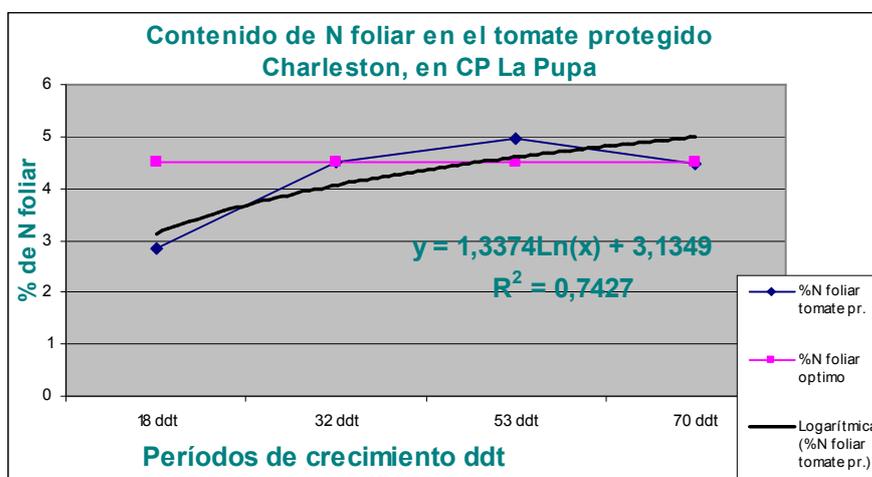


Figura 2. Contenido de nitrógeno foliar en el tomate protegido Charleston en La Pupa

La curva de extracción nutrimental nitrogenada se ajustó a la ecuación logarítmica $y = 1,3374\ln(x) + 3,1349$, con coeficiente de determinación de 0.7427.

Conclusiones y recomendaciones.

✓ Se evaluó la eficiencia de uso de los fertilizantes cuantificados en la fertirrigación tradicional por períodos de crecimiento, a partir de los criterios 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 $y = 0,387x + 3,3228$, con R^2 de 0.70 y con la curva de extracción nutrimental de nitrógeno ajustada logarítmica $y = 1,3374\ln(x) + 3,1349$ con R^2 de 0.74; para comprobar los cálculos de nutrimentos para el fertirriego del tomate Charlestón en condiciones de cultivo protegido.

✓ Los criterios de velocidad de acumulación de materia seca sobre biomasa aérea total y de extracción nutrimental de nitrógeno, utilizados constituyeron la validación agronómica de la dosificación de los nutrimentos para el fertirriego por cuanto permiten realizar un manejo más eficiente de los fertilizantes en la fertirrigación e inferir las correcciones pertinentes en cuanto a los portadores, para lograr los óptimos rendimientos en materia seca del tomate Charlestón en las casas de cultivo protegido de La Pupa.

Referencia Bibliograficas

- Bar- Yosef, B. Advances in fertigation. Adv. Agron. 65:1-77. 1999
- Casanova, S.A.; Olimpia Gómez; F. R. Pupo; M. Hernández; et al. Manual para la producción protegida de hortalizas. 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, páginas 74 a 83, 2007
- Duarte D. Carmen, Felicita González L., Campos P. O. y Magdalena Pedroso P. Velocidad de acumulación de biomasa en la dosificación de la fertirrigación ecológica del tomate en organopónico. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. ISSN-1010-2760. Vol. 18. No.3. 2009
- Galvis, S. A. Diagnóstico y simulación del suministro de nitrógeno edáfico para cultivos anuales. Tesis de Doctor en Ciencias. 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, 2004
- Jones, B.; Wolf B., Mills. Plant analysis handbook. Micro-Macro. Publishing. Inc. EEUU. 1991
- Macías O. Balance hídrico y mineral del pimiento de Gernika en cultivo hidropónico. Premio de Félix Cocoroa de Investigación Vasca de Alimentación. 1986
- Ruiz, C. y D. Túa. Criterios técnicos para fertilizar el cultivo de tomate. INIA Divulga4 enero-abril, pp 37-41. 2005
- Sandoval V.M. Criterios para la dosificación de fertilizantes en hortalizas. Programa de Edafología. Colegio de Postgraduados. Programación y control de fertirriego. CYTED. Fertirriego. Tecnologías y Programación en Agroplasticultura, p 227-228. 2004
- Santa Olalla, F.; J. Valero. Agronomía del Riego. Ediciones Mundi- Prensa. Pp 503-505 1993