

Fertirriego y fertilización focalizada en el desarrollo y rendimiento de la planta de tomate (*Lycopersicon esculentum*)

Walter Alexander Cosme Linares¹, Kenichiro Shohara², Mitate Yamada³, Shigeya Hasegawa⁴

¹ Docente investigador, Centro Regional de Ilobasco, Universidad Católica de El Salvador,
El Salvador; email: walter.cosme@catolica.edu.sv

² Fitopatólogo, supervisor, Centro Internacional de JICA- Tsukuba, Japón

³ Edafólogo, supervisor, Centro Internacional de JICA- Tsukuba, Japón

⁴ Coordinador, Centro Internacional de JICA- Tsukuba, Japón

Recepción: 2013-12-19

Aceptación: 2014-01-21

Resumen

El experimento se llevó a cabo en una casa malla del campo experimental del Centro Internacional de JICA-Tsukuba, Japón, del dos de mayo al cinco de agosto de 2011. El propósito fue analizar diferentes cantidades de nitrógeno y su incidencia en el desarrollo y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum*), al someterlo a fertirriego y aplicaciones focalizadas. El diseño experimental se realizó mediante bloques al azar con tres diferentes niveles de nitrógeno por planta: 2.4gr N, 4.8gr N, 7.2gr N (bajo fertirriego) y 6gr N con aplicación focalizada como control. El sulfato de amonio se utilizó como fuente de nitrógeno. Las plantas se establecieron en ocho contenedores con las siguientes dimensiones: 2.70m de largo, 85cm de ancho con 20cm de profundidad. Los resultados mostraron que el tratamiento de 7.2gr de nitrógeno por planta -usando fertirriego- mantuvo un desarrollo constante y producción con alta calidad para la venta 4.5ton/1000m². También se evidenció que al aplicar el sulfato de amonio bajo condiciones de fertirriego se mantiene un nivel óptimo de electro conductividad en el suelo.

Palabras clave: Fertirriego, fertilización focalizada, tomate, campo experimental, nitrógeno

Abstract

This experiment was carried in a green house in the experimental field of International Centre of JICA- Tsukuba, Japan, from May 2nd to August 5th of the year 2011. The purpose was to analyze different quantities of nitrogen and its incidence in the development and yield of tomato plant (*Lycopersicon esculentum*) when it is under fertigation and focalized applications. The experimental design was performed using randomized blocks with three different levels of nitrogen for plant: 2.4gr N, 4.8gr N, 7.2gr N (under fertigation) and 6 gr. N with focalized application as control. Ammonium sulfate was used as source of nitrogen. Tomato plants were set up in eight containers with the following sizes: 2.70m long, 85cm wide and 20cm. depth. Results showed that treatment of 7.2gr of nitrogen per tomato plant – using fertigation- held a constant development and production with high quality for selling 4.5ton/1000m². It was also evident that when applying ammonium sulfate under fertigation conditions an optimum electro conductivity level was maintained on the ground.

Key word: Fertigation, focalized fertilization, tomato, experimental field, nitrogen

1. Introducción

En El Salvador, el tomate (*Lycopersicon esculentum*) posee una gran demanda. Anualmente, de esta hortaliza se consumen 83 425 toneladas, cuando la producción local alcanza a penas las 20 400 toneladas. Según datos del Censo Agrícola, El Salvador (2008-2009), esta cantidad representa un 30% de la demanda total del país, de tal forma que para la región se importa tomate de países vecinos, tales como Guatemala y Honduras.

A pesar de que en el país el tomate puede ser cultivado todo el año, siempre se deben considerar ciertos factores que pueden afectar la producción del mismo. Durante la época lluviosa se observa la incidencia de hongos y bacterias, mientras que en la época seca surgen problemas ocasionados por insectos, los cuales dañan al cultivo. Para controlar estos factores externos, países como Japón recomiendan la implementación de invernaderos o casa malla, con las cuales se puede disminuir la presencia de plagas y enfermedades. Sin embargo, al estar bajo estas condiciones de producción intensivas, las plantas demandan mayores nutrientes del suelo, por lo que es recomendable suministrar a diario cantidades de nutrientes útiles para el desarrollo de las plantas (Hartz, T.K., 1999).

Durante los últimos cinco años, el Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador (MAG) ha impulsado el uso de invernaderos

y casa malla con sistema de riego por goteo, al mismo tiempo que ha transferido la técnica de fertirriego, con el objetivo de asegurar una producción estable durante todo el año. No obstante, este nuevo sistema de suministrar nutrientes a las plantas confundido a algunos horticultores, ya que al observar buenos resultados utilizando fertirriego deciden -por su propia convicción- incrementar la cantidad de fertilizante hidrosoluble, creyendo que de esta forma podrán incrementar la producción. Equivocadamente, a través de esa práctica solo se incrementan los niveles de salinidad en el suelo y; por consiguiente, se pone en riesgo la sostenibilidad de los cultivos hortícolas. Algunos de ellos, luego de al observar la reacción negativa, retornan al método de aplicación focalizada de nitrógeno.

Por este motivo es comprensible que otros productores en potencia sientan temor al integrarse en la producción de tomate bajo condiciones de invernadero, especialmente utilizando fertirriego. Pero si los agricultores aprenden a suministrar las cantidades necesarias para el desarrollo óptimo de las hortalizas, la productividad del cultivo podría aumentar significativamente, ya que el fertirriego es una técnica recomendada por varios especialistas internacionales. A raíz de esta valoración se determinó realizar un experimento en el cual se comparó el método tradicional de aplicación focalizada de nitrógeno en contraste con el método de fertirriego.

2. Materiales y Métodos

El nitrógeno es uno de los más importantes nutrientes para la planta de tomate. El contenido de este debe ser medido con especial atención, ya que es conocido que este macro nutriente juega un papel primordial en la relación y absorción de otros similares (Kosher, T. J. 2001).

El experimento se llevó a cabo en una casa malla en el campo experimental del Centro Internacional de Jica, Tsukuba, Japón, desde el mes de mayo hasta el mes de agosto de 2011. La variedad utilizada fue Beiju F₁ (crecimiento indeterminado). El estudio se diseñó utilizando bloques al azar con dos repeticiones.

Para efectos de la investigación, los tratamientos fueron los siguientes:

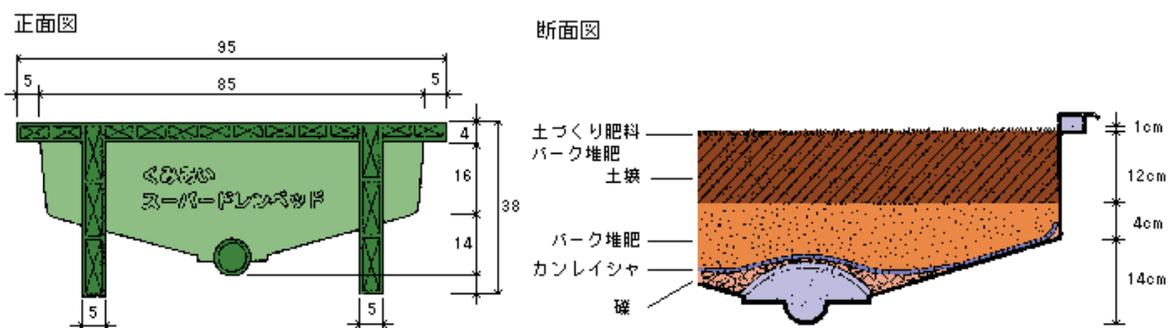
- 6.0 gramos de nitrógeno por planta, aplicación focalizada control

- 2.4 gramos de nitrógeno por planta, bajo condiciones de fertirriego: Df 2.4 N gr/p
- 4.8 gramos de nitrógeno por planta, bajo condiciones de fertirriego: Df 4.8 N gr/p
- 7.2 gramos de nitrógeno por planta, bajo condiciones de fertirriego: Df 7.2 N gr/p

2.1 Diseño experimental

Con el objetivo de suministrar nitrógeno de forma simple y eficaz, se utilizaron nueve camas artificiales de riego (figura 1). Sus medidas fueron: 2.7 metros por 85 centímetros de ancho cada una, con 20 centímetros de profundidad. Estos contenedores se llenaron con subsuelo, y dos semanas previas a la siembra se colocó la cantidad total recomendada -según análisis de suelo- de fósforo (6gr/planta) y potasio (4gr/planta), utilizándose fertilizante granulado para ambos procedimientos.

Figura 1. Cama artificial de riego



Fuente: Elaboración propia

a. Trasplante

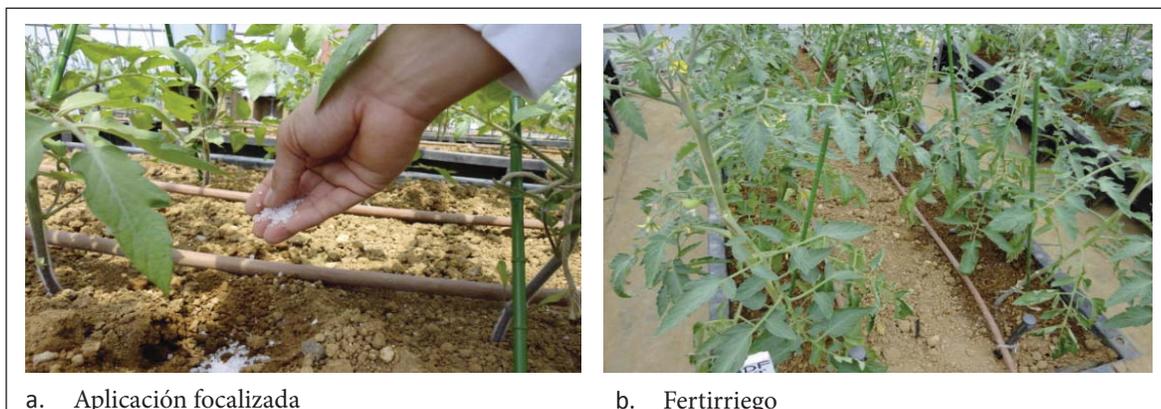
La siembra definitiva se realizó el dos de mayo de 2011, cuando los plantines tenían exactamente 50 días de germinados. Cada una de las camas de riego poseía catorce plántulas con los siguientes distanciamientos: 35cm entre plantas y 50cm entre filas. Los tratamientos se establecieron de forma aleatoria en nueve camas de riego, siendo 2 500 plantas por 1 000m² la densidad poblacional (figura 2).

Figura 2. Trasplante a camas de riego



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Aplicación de sulfato de amonio bajo condiciones de fertirriego



Fuente: Elaboración propia

¹ El autor también se referirá a esta condición a través de las siglas DDS.

Figura 4. Nitrógeno aplicado y cantidad acumulada gr/planta

	Con 6		DF2.4		DF4.8		DF7.2	
	gr/10días	Acumulado	gr/10días	Acumulado	gr/10días	Acumulado	gr/10días	Acumulado
12-mayo	1.8	1.8	0.075	0.075	0.150	0.15	0.225	0.225
22-mayo	0	1.8	0.16	0.23	0.30	0.45	0.46	0.68
1-junio	2.7	4.5	0.22	0.45	0.45	0.90	0.67	1.35
11-junio	0	4.5	0.45	0.90	0.90	1.80	1.35	2.70
21-junio	0	4.5	0.45	1.35	0.90	2.70	1.35	4.05
1-julio	1.5	6.0	0.45	1.80	0.90	3.60	1.35	5.40
11-julio	0	6.0	0.30	2.10	0.60	4.20	0.90	6.30
21-julio	0	6.0	0.30	2.40	0.60	4.80	0.90	7.20

Fuente: Elaboración propia

2.4 Solución para fertirriego

La solución utilizada en los tratamientos bajo condiciones de fertirriego se elaboró cada diez días para aumentar la cantidad de nitrógeno, según desarrollo fenológico del cultivo. Al mismo tiempo se incrementó la cantidad de agua utilizada como medio diluyente del sulfato de amonio.

2.5 Riego y control de temperatura

El riego en general se realizó acorde a las condiciones climáticas y la demanda del cultivo por su crecimiento; también se utilizaron cinco tensiómetros para medir el contenido de agua en el suelo, siendo prioridad para el investigador mantener el tensiómetro entre 1.5 y 2.5 centibares (kPa). La figura 5 muestra las condiciones de temperatura y litros de agua utilizados durante el experimento.

Figura 5. Temperatura y litros de agua utilizados durante el experimento

Fecha	Temperatura			Agua utilizada/cama de riego
	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Promedio (°C)	
Mayo 12-22	24.8	13.0	18.0	90L
Mayo 22-01 de junio	20.3	13.0	16.0	70L
Junio 1-11	21.7	15.5	19.7	110L
Junio 11-21	24.3	18.1	18.7	150L
Junio 21-01 de julio	26.5	19.5	25.1	225L
Julio 1-11	32.2	23.6	27.2	255L
Julio 11-21	34.1	26.4	28.5	290L
Julio 21-31	30.6	22.8	26.2	260L
Promedio	26.8	19.0	22.4	Total 1450L

Fuente: Elaboración propia

2.6 Poda

Esto se inició desde que la primera inflorescencia hizo su aparición. Se realizó de forma manual, eliminando así ramas laterales para permitir el crecimiento vertical del tallo central.

2.7 Cosecha

El periodo de cosecha inició el veintisiete de junio de 2011, y finalizó el dos de agosto de 2011. La recolección de datos de cosecha se realizó partiendo del primer hasta el cuarto racimo, debido a la presencia de altas temperaturas dentro de la casa malla. El punto de

crecimiento se eliminó a la altura de la sexta inflorescencia.

2.8 Recolección de datos

De las catorce plantas, en cada cama de riego se seleccionaron ocho de forma aleatoria, en las cuales se recolectaron los parámetros de contenido de clorofila, diámetro de tallo y altura de la planta. Para el caso de los frutos, los datos se tomaron de cada una de las plantas según su tratamiento cada vez que se cosechaba. Cuando el experimento finalizó, se tomaron muestras de suelo de cada tratamiento realizado, con el propósito de medir el nivel de electro conductividad y estimar la cantidad de nitrógeno residual.

3. Resultados y Discusión

3.1 Efecto en el crecimiento y desarrollo de las plantas

El contenido de clorofila en las hojas se midió en cinco ocasiones haciendo uso del medidor de clorofila Minolta Spad 502. En cada una de las plantas se eligió el punto cercano de crecimiento. El análisis de los datos promedio del contenido de clorofila entre los 15 a 46 DDS no reveló diferencia significativa en

ninguno de los tratamientos. Sin embargo, en el análisis de varianza realizado a los datos colectados durante el periodo que comprendía los 54 y 76 DDS (ver figura 6), si se observó una buena tendencia al mantener un constante nivel óptimo promedio en el tratamiento DF7.2; manteniéndose así un color verde oscuro en las hojas. Por otra parte, el tratamiento control se posicionó tercero en la tabla de contenidos, siendo DF 2.4 el que mostró la cifra más baja.

Figura 6. Contenido de clorofila mg/m³

	17-mayo 1°	31-mayo 2°	17-junio 3°	25-junio 4°	17-julio 5°
Con. 6	50.7	59.9	52.3	46.0	46.22
DF2.4	51.8	57.8	50.5	43.9	42.1
DF4.8	52.1	55.8	50.5	47.6	48.3
DF7.2	53.2	59.5	52.6	53.7	53.0
Probabilidad	0.766	0.218	0.897	0.036	0.010

Fuente: Elaboración propia

La figura 7 muestra el registro del crecimiento de los diferentes tratamientos. Estos datos se tomaron en cinco ocasiones, partiendo desde el nivel del suelo hasta el punto más alto de crecimiento. Este procedimiento se realizó con la ayuda de una cinta métrica. Todas las muestras crecieron de forma constante sin mostrar diferencias significativas. Estas últimas se evidenciaron al inicio de la cosecha, siendo el tratamiento DF7.2 el que mostró el mejor desarrollo.

Hay que mencionar que el tratamiento DF2.4 mantuvo un desenvolvimiento similar al control, el cual para esa fecha ya acumulaba 6 gramos de nitrógeno por planta con aplicación focalizada. Esto sin duda indicó una excelente asimilación y máximo aprovechamiento en cuanto a la absorción del elemento por parte de la planta, al utilizar la técnica de fertirriego.

Figura 7. Registro de crecimiento (cm)

	17-mayo	31-mayo	17-junio	25-junio	17-julio
Con 6	49.9	67.9	89.0	123.0	126.6
DF2.4	56.3	75.6	94.5	126.8	131.1
DF4.8	53.3	73.4	90.0	126.3	132.2
DF7.2	53.0	73.3	92.5	134.2	143.1
Probabilidad	0.375	0.420	0.090	0.471	0.131

Fuente: Elaboración propia

3.2 Producción

En la figura 8 se reporta el efecto de la concentración de nitrógeno sobre el número de tomates por planta, peso promedio del tomate y los rendimientos de producción para cada uno de los tratamientos en un rango de mil metros cuadrados. Es importante destacar el aprovechamiento de

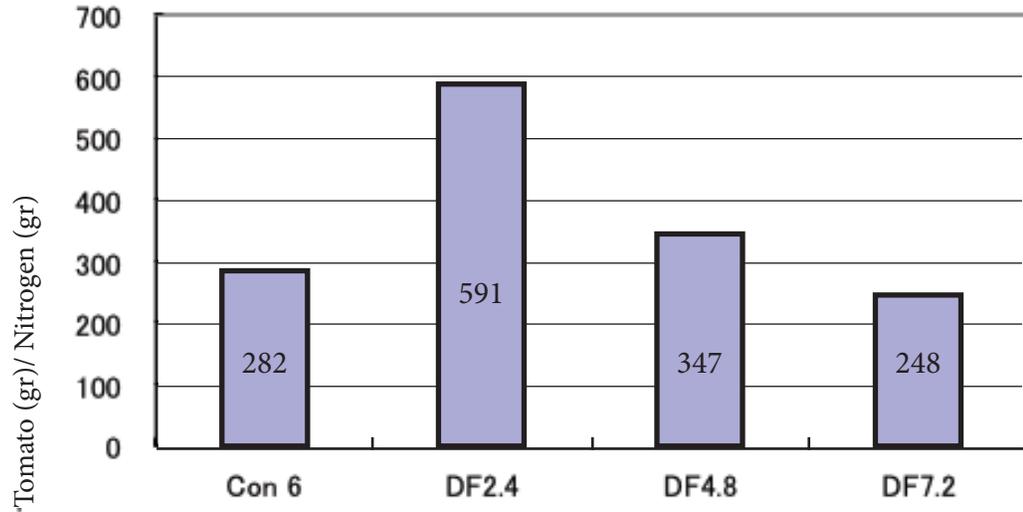
nitrógeno en el tratamiento DF2.4. Si bien ese fue el porcentaje menor, este no se mostró tan distante al tratamiento control, el cual contenía 6 gramos de elemento por planta. Esto hace concluir que si el cultivo de tomate recibe pequeñas cantidades de nitrógeno en forma constante como en el fertirriego, la efectividad del nutriente aumenta reduciendo así costos de producción (figura 9).

Figura 8. Producción

	Frutos/ planta	Peso (gr)	Peso promedio	Producción (t/1000m ²)
Con. 6	11.6	1,506	130	3.8
DF 2.4	10.1	1,417	140	3.5
DF 4.8	11.9	1,667	140	4.2
DF 7.2	12.9	1,781	138	4.5
Probabilidad	0.342	0.342	0.088	0.342

Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Eficacia de nitrógeno como elemento para el tratamiento de tomate en fertirriego



Fuente: Elaboración propia

3.3 Medición de electro conductividad al final del experimento

Se tomaron muestras de suelo de todos los tratamientos para determinar la conductividad eléctrica² o salinidad remanente. Para realizar esta medición se utilizó el amperímetro.

Los resultados fueron:

Control 416 μ s/m, que resultó ser un valor elevado, probablemente debido a la aplicación focalizada del fertilizante. Para el caso de los tratamientos bajo condiciones de fertirriego, los valores de conductividad eléctrica fueron los siguientes: 25 μ s/m DF 2.4, 32 μ s/m DF 4.8, y 33 μ s/m en DF 7.2

Es claro que el fertirriego controló la CE; por consiguiente, los niveles de salinidad remanentes fueron bajos, ya que la planta absorbió con verdadera eficacia el nitrógeno del suelo. Al notar esto se tomó la decisión de comparar las raíces de control versus un tratamiento bajo condiciones de fertirriego.

En la figura 10 se pueden observar la presencia de numerosas raíces terciarias en el tratamiento bajo condiciones de fertirriego. Caso contrario, en el tratamiento control, se ocasionaron daños por la alta concentración del nutriente.

² El autor se referirá a este término mediante las siglas CE.

Figura 10. Presencia de raíces terciarias a causa de fertirriego



Fuente: Elaboración propia

4. Conclusiones

Para que las condiciones en las cuales se desarrolló el experimento del método de fertirriego fueran óptimas se utilizaron 7.2 gramos por planta, ya que con esta cantidad y método de aplicación, ellas mostraron buen desarrollo y mayor producción. Sin embargo, se sugiere que -al momento de ponerlo en práctica- el experimento se repita, previo a establecer plantaciones, con el propósito de instaurar la cantidad específica según fertilidad del suelo y contenido de materia orgánica. Al momento de realizar este procedimiento se recomienda conocer y pre observar a plenitud las características físicas y químicas del suelo; condiciones climáticas y calidad del agua.

El fertirriego tiene un fuerte efecto en el desarrollo de las plantas de tomate. Si la cantidad de nitrógeno en relación a los demás nutrientes es la indicada de acuerdo

al contenido de clorofila, el diámetro del tallo principal y la altura de la planta serán constantes; por consiguiente, se tendrán mejor calidad de cosechas y plantas con mayor tiempo en producción. Si bien no se pudo observar ningún indicador que el fertirriego tenga influencia sobre el número de frutos por planta en un periodo de tiempo corto, sí se puede afirmar que el peso de los frutos aumentó por efecto de la cantidad de nitrógeno, y por el método a través del cual se suministró este macro nutriente. Esto augura que, de seguirse ese proceso, la cosecha se puede aumentar.

Por medio de demostraciones y entrenamiento, los horticultores podrían utilizar con precisión sus sistemas de riego para reducir trabajos manuales, obtener uniformidad en sus plantaciones, minimizar los usos excesivos de nitrógeno y optimizar el buen manejo del agua de riego.

5. Referencias bibliográficas

Bojorquez (2002). Revista Terra 20: ISSN 311-320 Vol.20 numero 3. 2002. Efecto de dosis y fuente de nitrógeno en rendimiento y calidad postcosecha de tomate en fertirriego

Censo Agrícola (2008-2009) de El Salvador, Centroamérica.

Díaz& Gil (2010). Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Vol. 19, No. 3, 2010 “Dosificación de fertilizante para el fertirriego del tomate protegido en Ciego de Ávila” ISSN 1010-2760

Hartz, T.K. (1999). Fertility and Management of Drip-Irrigated Vegetables 2ndEd. University of California, C.A., USA. 9 p

Hothmouth, G.J. (2003). Fertilizer Application and Management for Micro (Drip)- Irrigated Vegetables in Florida. Universidad of Florida USA 40 p

Koshe, T.J. (2001). Commercial Growing of Greenhouse tomato. Agricultural Center Research and Extension, Louisiana State University, USA 24 p