

## ESTUDIO DE LAS MODIFICACIONES DE LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES DE SAVIA EN CULTIVO DE TOMATE BAJO INVERNADERO

Llenderal, A.<sup>1</sup>, García-Caparros, P.<sup>2</sup>, Lao, M.T.<sup>2</sup>, Segura, M.L.<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, Carrera de Ingeniería Agropecuaria.

Av. C. J. Arosemena, km 1,5, Casilla Postal 09014671 Guayaquil, Ecuador

\*\*<sup>2</sup> Departamento de Agronomía. Universidad de Almería. Carrera de Sacramento s/n, C.P. 04120, La Cañada de San Urbano, Almería.

\*\*\*<sup>3</sup> Área de Agricultura y Medio Ambiente, IFAPA Centro La Mojonera, Camino San Nicolás, N<sup>o</sup> 1, C. P. 04745, La Mojonera (Almería). Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía. marial.segura@juntadeandalucia.es

### RESUMEN

En el sureste de España, los cultivos hortícolas intensivos se desarrollan mayoritariamente en invernaderos de polietileno con fertirrigación. El objetivo de este experimento ha sido determinar la concentración de determinados nutrientes del extracto celular (savia) y las variaciones en el entorno espacio-tiempo sobre los mismos en condiciones de invernadero, considerando la heterogeneidad microclimática generada en el invernadero y el suelo. El ensayo se realizó en un invernadero tipo Almería ubicado en la finca UAL-ANECOOP, en un suelo tipo enarenado, en un cultivo de ciclo corto de tomate (*Lycopersicon esculentum* cv. "Canaria"), con una densidad de plantación de 2 plantas m<sup>2</sup> y fertirriego mediante un sistema de distribución por goteo. Se seleccionaron 20 plantas para la realización de los muestreos. Se realizaron 12 muestreos de hoja, con periodicidad semanal desde los 86 días después del trasplante (DDT) hasta los 163 DDT (final experiencia). En la savia extraída del peciolo de la hoja se determinaron Cl<sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, P-H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> y Na<sup>+</sup> mediante cromatografía iónica líquida (HPLC).

Se observa una disminución de la concentración de K<sup>+</sup> y P-H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> a lo largo del desarrollo del cultivo y un incremento de los niveles de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, y SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. La distribución espacial de los nutrientes en savia no es homogénea y está relacionada con el punto de muestreo, donde se observa una relación de antagonismo entre los aniones N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y Cl<sup>-</sup>, y entre los cationes K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> y Mg<sup>2+</sup>.

**Palabras clave:** suelo enarenado, N, P, K, Cl, Ca, Mg, Na.

## INTRODUCCIÓN

En los cultivos hortícolas en invernadero del sureste español, la producción se desarrolla sobre un sistema de suelo “enarenado” (Segura, 1995; Lao, 2002). Si bien el método generalizado de aportación de fertilizantes es a través de la fertirrigación, la sobre-fertilización de los cultivos ha producido problemas de excesos de nitratos en acuíferos costeros (García-Caparrós *et al.*, 2017), los cuales afectan negativamente al medio ambiente (Gallardo *et al.*, 2009). En este sentido el uso de métodos de diagnóstico para evaluar el estado nutricional del cultivo es de gran importancia para mejorar la precisión y la eficiencia de uso de los fertilizantes. Para el diagnóstico, base del manejo del fertirriego, se pueden emplear diferentes técnicas entre las que tradicionalmente destacan: el análisis de tejidos, el análisis del suelo y la observación de síntomas; técnicas que se deben conjugar con el conocimiento del régimen de fertilización que se está llevando a cabo (Bould, 1983). No obstante, en la actualidad se vienen desarrollando nuevos procedimientos de diagnóstico basados en pruebas bioquímicas y análisis combinados de sustrato-agua-planta (Mathers, 2000). En muchas ocasiones hay una falta de correlación entre las variaciones del potencial nutritivo del medio de cultivo y la composición química de la hoja. Hay pues, que buscar nuevos métodos de diagnóstico que mejoren y complementen el análisis foliar que refleja la situación nutricional pasada. El diagnóstico nutricional basado en el extracto celular (savia) del peciolo de la hoja es una herramienta útil para identificar intervalos de concentración de nutrientes asociados con deficiencias, toxicidades o desequilibrios en las diferentes fases fenológicas de la planta y su relación con su potencial de rendimiento (Cary, 1971; Fageria *et al.*, 1991). El material de referencia corresponde al jugo extraído de los tejidos conductores de la hoja que proviene tanto del xilema como del floema de la planta (Cadahía, 2008). El análisis de savia es un medio dinámico que permite identificar y prever, desde las primeras etapas de cultivo, alguna de las manifestaciones u alteración nutricional que afecte el rendimiento del cultivo y resume la relación planta-suelo, sino también otros factores ambientales que influyen sobre el desarrollo de la planta (Constable *et al.*, 1991; Huett y White, 1991; Fox *et al.*, 1994; Schmidhalter, 1994; Westcott y Knox, 1994).

El objetivo de este trabajo es determinar la concentración de determinados nutrientes de la savia del cultivo de tomate y las modificaciones que sufren dichas concentraciones en función de su ubicación en el invernadero y del momento de la toma de muestras.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en un invernadero tipo Almería ubicado en la finca UAL-ANECOOP, de 1.024 m<sup>2</sup> sobre suelo “enarenado” en cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* cv. “Canaria”) en ciclo de otoño y densidad de plantación de 2 plantas m<sup>2</sup>. La fertirrigación del cultivo se llevó a cabo con la siguiente solución nutritiva (mmol L<sup>-1</sup>): cloruro (Cl<sup>-</sup>) 6,44, nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 13,00, fosfato

( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) 1,26, sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) 6,82, potasio ( $\text{K}^+$ ) 7,62, calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) 5,50, magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) 3,90 y sodio ( $\text{Na}^+$ ) 7,54, conductividad eléctrica (CE) de 3,40  $\text{dS m}^{-1}$  y pH de 5,80. Para la toma de muestras foliares se escogieron 5 líneas de cultivo con 4 puntos de muestreo por línea (esquema 1), con un total de 20 muestras por muestreo. Se realizaron 12 muestreos con periodicidad semanal desde los 86 días después del trasplante (DDT) hasta el 163 DDT. En el laboratorio se separó el peciolo del limbo foliar en las diferentes muestras, se lavaron con agua destilada y posteriormente se secaron con papel de filtro. Una vez secos fueron troceados en fracciones de 0,5 cm, y posteriormente se conservaron durante 24 h a temperatura de  $-16^\circ\text{C}$  para la rotura de las paredes celulares por congelación. La extracción de la savia del peciolo se realizó sobre el material una vez alcanzada la temperatura ambiente utilizando una prensa de polietileno, de acuerdo con la metodología descrita por Cadahía (1973). Las sales analizadas en la savia fueron:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{N-NO}_3^-$ ,  $\text{P-H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{Na}^+$ , mediante cromatografía iónica líquida (HPLC) (Martínez-Grau y Csáky, 1998).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La *Tabla 1* presenta las concentraciones y los coeficientes de variación de aniones y cationes de la savia del peciolo foliar. El contenido de  $\text{Cl}^-$  en savia muestra un valor medio de 11.203 ppm, y un coeficiente de variación (CV) del 11%, valores superiores a los obtenidos para el mismo cultivo por Segura (1995) en condiciones similares de desarrollo con valores de 5.374 ppm pero con mayor CV (30%). La concentración de  $\text{NO}_3^-$  presenta un valor medio de 1.252 ppm, y similar a los presentados por Castro-Brindis *et al.* (2000) en el mismo cultivo (1.290 ppm). Los valores medios, de la concentración de  $\text{P-H}_2\text{PO}_4^-$  han sido de 40 ppm, con un elevado CV del 91%. Estos valores están en el entorno a los presentados por Segura (1995) en esta misma zona, con valor promedio de 176 ppm y CV de 27%. Burgueño *et al.* (1999) considera que valores inferiores a 170 ppm se consideran carenciales. Los bajos valores de P pueden estar relacionados con la precipitación del elemento en suelos de pH básico, como demuestra Shedeed *et al.* (2009). La concentración media de  $\text{SO}_4^{2-}$  fue de 1.911 ppm. En el caso del  $\text{Na}^+$  se alcanzaron niveles medios de 5.517 ppm, superiores a los obtenidos por Olías *et al.* (2009) en plántulas de tomate (1.679 ppm), y muy superiores a los determinados por Burgueño *et al.* (1999) que considera 50 ppm como valor óptimo. La concentración de  $\text{K}^+$  fue de 4.584 ppm, similar a la obtenida por Segura (1995) (4.647 ppm). La concentración media coincide con el valor óptimo propuesto por Burgueño *et al.* (1999). Los niveles promedio de  $\text{Ca}^{2+}$  fueron de 5.546 ppm, valor superior al obtenido por Armenta *et al.* (2001) (957 ppm) y Burgueño *et al.* (1999) que considera una concentración óptima de  $\text{Ca}^{2+}$  de 200 ppm para el cultivo de tomate. En el caso del  $\text{Mg}^{2+}$  la concentración media fue 1.687 ppm, superior a los presentados por Segura (1985) y Armenta *et al.* (2001) con un valor medio de 801 y 1.310 ppm con coeficientes de 14% y 27% en un cultivo de tomate en invernadero y muy superiores al óptimo propuesto por Burgueño *et al.* (1999).

### Variación de la concentración de nutrientes a lo largo del ciclo de cultivo

El contenido de nutrientes de la planta puede variar en función del estado fenológico del cultivo, así Morard y Kerhoas (1982) proponen concentraciones diferenciales de nutrientes en savia en función de la etapa de desarrollo de la planta. Las figuras 1 a 8 muestran la evolución de la concentración de nutrientes en el tiempo. Las concentraciones de  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{N-NO}_3^-$ , aumentan en el tiempo. Evolución similar a la obtenida por Castro-Brindis *et al.* (2000) en el mismo cultivo. Pilbeam y Kirkby (1990) observan que cuando el  $\text{NO}_3^-$  es la única fuente de nitrógeno en la solución del suelo, como sucede en este caso, la mayoría de las plantas muestran una preferencia por los cationes como  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , y  $\text{Mg}^{2+}$  que a su vez incrementan la actividad del enzima nitrato reductasa en la raíz, con la consiguiente reducción de  $\text{NO}_3^-$  a  $\text{NO}_2^-$ , generando un consumo excesivo de  $\text{NO}_3^-$ , que se acumulan en la planta. Los niveles de  $\text{P-H}_2\text{PO}_4^-$  disminuyen a partir del inicio de recolección hasta el final del ciclo de desarrollo (Figura 3). Inicialmente el P es acumulado en tejidos maduros del tallo y de la raíz (Cadaña, 1998) y desde allí es suministrado para el inicio del crecimiento del brotes, hojas y frutos, lo cual indica que en este período (engorde del fruto), la planta requiere niveles elevados de P para mantener el nivel energético (ATP) y para la conformación de nuevas estructuras a nivel de tallos y hojas, puesto que participa como componente de los fosfolípidos en las biomembranas (Havlin *et al.*, 1999). La concentración de  $\text{SO}_4^{2-}$  aumenta durante el periodo de formación del fruto con una concentración máxima a los 107 DDT (inicio recolección), a partir de este momento la concentración de  $\text{SO}_4^{2-}$  tiende a descender en el tiempo (Figura 4). El  $\text{K}^+$  en savia (Figura 5) alcanza su valor máximo al inicio de recolección y decrece en el tiempo hasta el final del ciclo de desarrollo. Este aumento coincide con el proceso de expansión de las hojas y frutos, ya que el  $\text{K}^+$  es requerido para la extensión celular (Salisbury y Ross, 2000). El  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  muestran una evolución en el tiempo similar a los nitratos (Figuras 6 y 7). Este comportamiento es similar al observado por Armenta *et al.* (2001) en el mismo cultivo. La concentración de  $\text{Na}^+$  en savia (Figura 8) a lo largo del cultivo, presenta una evolución similar a los niveles de  $\text{SO}_4^{2-}$ .

### Variación de las concentraciones de nutrientes en savia de tomate en función de la localización de las plantas en el invernadero

Las Figuras 9 a 17 muestran las curvas de regresión multivariante de los parámetros nutricionales relacionados con la posición de la planta en el invernadero. Así se observa que la mayor concentración de  $\text{Cl}^-$  con niveles en torno a 1.200 ppm, se localiza en la zona este del invernadero (Figura 9) y en el caso de  $\text{N-NO}_3^-$  (1.300 ppm) en la zona central (Figura 10). Comparando ambas gráficas, se observa cierto efecto antagónico  $\text{NO}_3^-/\text{Cl}^-$ . Esta interacción podría explicarse a partir de los resultados de Cram (1973) que encontró que la competición entre  $\text{Cl}^-$  y  $\text{NO}_3^-$  se producía a nivel de la membrana vacuolar y no en el plasmalema. Los niveles de  $\text{P-H}_2\text{PO}_4^-$  oscilaron entre 10 y 40 ppm (Figura 11), presentando la

mayor concentración las plantas situadas en la zona central del invernadero, lo cual puede estar relacionado con el menor pH del suelo en esta zona (*Figura 17*) que presenta un valor de 7,6. Estos resultados se encuentran acorde con los obtenidos por Chen y Barber (1990) que evaluaron la relación entre la disponibilidad del  $K^+$  y de  $P-H_2PO_4^-$  respecto al pH del suelo, determinando mayor disponibilidad del elemento a pH neutro. Se observa una distribución bastante homogénea en los niveles de  $S-SO_4^{2-}$  (1.900-2.100 ppm) (*Figura 12*). La mayor concentración de  $K^+$  en savia (5.000 ppm) la obtienen las plantas situadas en la parte oeste del invernadero (*Figura 13*). Las concentraciones de  $Na^+$  que están entre 5.000 a 5.500 ppm, con valores mayores en la zona este del invernadero (*Figura 16*). Al observar ambas figuras se puede apreciar un efecto antagónico o de competencia  $K^+/Na^+$ , ya que el exceso de  $Na^+$  inhibe la absorción de  $K^+$  y podría conducir a la aparición de síntomas relacionados con la deficiencia de  $K^+$  tales como clorosis y necrosis (Gopa y Dube, 2003). La *Figura 14* muestra las concentraciones de  $Ca^{2+}$ , con un valor promedio de 5.500 ppm, donde al igual que el  $SO_4^{2-}$ , presenta una distribución homogénea. La *Figura 15* muestra la distribución de la concentración de  $Mg^{2+}$  en savia, alcanzando niveles más bajos (1.600 ppm) en la zona central del invernadero, y niveles máximos 1.800-1.900 ppm en la zona este y oeste del invernadero.

---

## CONCLUSIONES

---

La concentración de macroelementos y otras sales de la savia del peciolo del tomate varía a lo largo del cultivo y según la localización de la planta en el invernadero. Los niveles de  $K^+$  y  $P-H_2PO_4^-$  disminuyen durante el ciclo de desarrollo, por el contrario  $N-NO_3^-$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$ , y  $SO_4^{2-}$  se acumulan con el tiempo. La distribución espacial de los nutrientes en savia no es homogénea y está relacionada con el punto de muestreo; donde se observa una clara relación de antagonismo entre los aniones  $N-NO_3^-$  y  $Cl^-$ , y una leve relación entre los cationes  $K^+$ ,  $Na^+$  y  $Mg^{2+}$ . También es destacable una fuerte relación entre la concentración de  $P-H_2PO_4^-$  de la savia y pH de la solución del suelo.

La información obtenida en este trabajo permitirá interpretar con mayor precisión las concentraciones de nutrientes en savia y por tanto acercarnos a una planificación más eficiente de la toma de muestras para el análisis de savia del cultivo de tomate en condiciones de invernadero.

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ARMENTA, B.D.; BACA, C.G.; ALCÁNTARA, G.G.; KOHASHI, S.J.; VALENZUELA, U.G.; MARTÍNEZ, G.A. 2001. *Relaciones de nitratos y potasio en fertirriego sobre la producción, calidad y absorción nutrimental de tomate*. Rev. Chapingo Ser. Hort. 7: 61-75.

BOULD, C. 1983. *Methods of diagnosing nutrient disorders in plants*. En: Bould.

- C., Hewitt E., Needham P. (Ed) 1983. *Diagnosis of Mineral Disorders in Plants. Volume I. Principles*, HUSO, London, 111 - 136 pp.
- BURGUEÑO, H.; URIBE, F.; VALENZUELA, M. 1999. *Extracción de nutrientes por los cultivos de tomate y bell pepper en el valle de Culiacan, México*. Información técnica Bursag SA de CV.
- CADAHÍA, C. 1973. *El análisis de la savia como índice de fertilización. Manuales de la ciencia actual*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- CADAHÍA, C. 1998. *Fertirrigación. Cultivos Hortícolas y Ornamentales*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 475 p.
- CADAHÍA, C. 2008. *Fertirrigación. La savia como índice de fertirrigación cultivos agroenergeticos, hortícolas, frutales y ornamentales*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 26 p.
- CARY, R.P. 1971. *The irrationality of using leaf analysis as a unique reference to citrus fertilizer requirement*. In: R.M. Samish. *Recent advances in plant nutrition. Vol. 1*. Gordon and Breach Science Publishers. New York, USA.
- CASTRO-BRINDIS R., SÁNCHEZ-GARCIA, P.; PEÑA-LOMELÍ, P.; ALCANTAR-GONZÁLEZ, G.; BACA-CASTILLO, G.; LÓPEZ-ROMERO, R.M.L. 2000. *Niveles críticos, de suficiencia y toxicidad de N-NO<sub>3</sub>- en el extracto celular de peciolas de tomate de cáscara*. Terra, 141-144.
- CHEN, J.H.; BARBER, S.A. 1990. *Soil pH and phosphorus and potassium uptake by maize evaluated with an uptake model*. Soil Sci. Soc. Am. J. 54:1032-1036.
- CONSTABLE, G.A.; ROCHESTER, I.J.; BETTS, J.H.; HERRIDGE, D.F. 1991. *Prediction of nitrogen fertilizer requirement in cotton using petiole and sap nitrate*. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 22: 1315-1324.
- CRAM, W.J. 1973. *Internal factors Regulating nitrate and chlorite influx in plant cells*. J. of Exper. Botany. 24: 328-341.
- FAGERIA, N.K.; BALIGAR, B.C. ; JONES C.A. 1991. *Growth and mineral nutrition of field crops*. Marcel Dekker Inc., New York, USA.
- FOX, R.H.; PIEKIELEK, W.P.; MCNEAL, K.E.; SCHENK, J.S.; TOTH J.D. 1994. *Quick test for assessing nitrogen fertilizer need of maize in humid regions*. pp. 113-114. In: Vol. 5B. Memorias del 15º Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo. Acapulco, Gro., México.
- GALLARDO, M.; THOMPSON, R.B.; RODRÍGUEZ, J.S.; RODRÍGUEZ, F.; FERNÁNDEZ, M.D.; SÁNCHEZ, J.A.; MAGÁN, J.J. 2009. *Simulation of transpiration, drainage, N uptake, nitrate leaching, and N uptake concentration in tomato grown in open substrate*. Agric. Water Manag. 96: 1773-1784.
- GARCIA-CAPARROS, P.; CONTRERAS, J.I; BAEZA, R.; SEGURA, M.; LAO, M.T. 2017. *Integral management of irrigation water in intensive horticultural systems of Almería*. Sustainability, 9 (12), 2271.

GOPA, R.; DUBE, B.K. 2003. *Influence of variable potassium on barley metabolism*. Ann. Agric. Res. 24: 73-77.

HAVLIN, J.L.; BEATON, J.D.; TISDALE, S.L.; NELSON, W.L., 1999. *Soil Fertility and Fertilizers. An introduction to nutrient management*, Sixth Edition, Prentice Hall, Inc. New Jersey 196 – 298 pp.

HUETT, D.O.; WHITE, E. 1991. *Determination of critical nitrogen concentrations of zucchini squash (Cucurbita pepo L.) cv. Blackjack grown in sand culture*. Australian J. Exp. Agric. 31: 835-842.

LAO, M.T. 2002. *Gestión del fertirriego de los invernaderos de Almería mediante el uso de sondas de succión*. Editorial: Servicio de publicaciones de la Universidad de Almería. 252 pp.

MARTÍNEZ-GRAU, M.A.; CSÁKY, A.G. 1998. *Técnicas Experimentales en Síntesis Orgánica*. Ed. Síntesis. Madrid.

MATHERS, H. 2000. *Detection of mineral deficiencies in ornamentals*. GMPRO. 16 (5) : 50 – 52 pp.

MORARD, P.; KERHOAS, J. 1982. *Controle de la nutrition et de la fertilisation des cultures legumieres par l'analyse de sucs extraits des tissus conducteurs*. (S.E.T.C.).C.R. Acad. Agric. de France.

OLÍAS, R.; ELJAKAOUI, Z.; LI, J.; ALVAREZ DE MORALES, P.; MARIN-MANZANO, M.; PARDO, J.; PILBEAM, D. J.; KIRKBY, E.A. 1990. *The physiology of nitrate uptake nitrogen in higher plants*. Y P abrol (ed) John Wiley and sons. N.Y. pp: 39-61.

PILBEAN & KIRBY (1990)

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. 2000. *Fisiología de las Plantas. Células: agua, soluciones y superficies*. Paraninfo Thompson Learning Ed. Madrid, España. 235-243 pp.

SCHMIDHALTER, U. 1994. *On-farm soil nitrate test*. pp. 115-116. In: Vol. 5A *Memorias del 15º Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo*. Acapulco, Gro. México.

SEGURA, M.L. 1995. *Fertirrigación de cultivos hortícolas en condiciones salinas con sistema enarenado y sustratos alternativos*. Comarca Agrícola de Almería. Universidad Autónoma de Madrid.

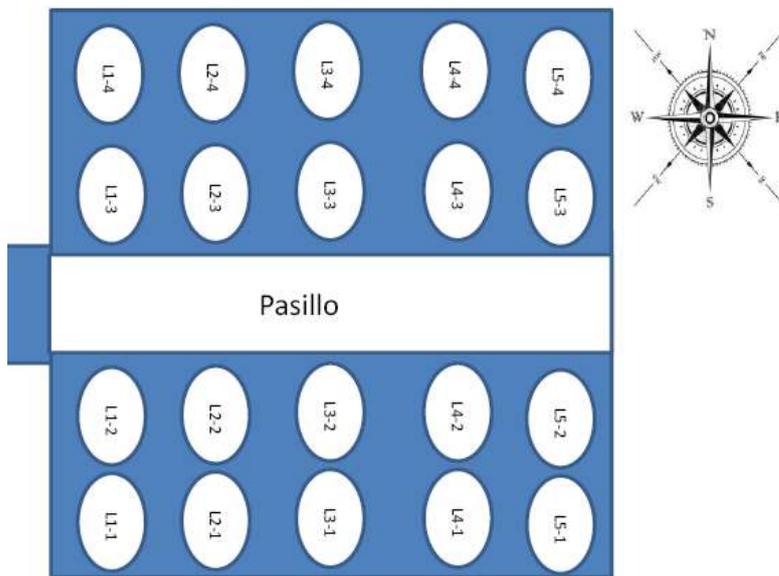
SHEDEED, S. I.; ZAGHLOUL, S. M.; YASSEN, A. A. 2009. *Effect of method and rate of fertilizer application under drip irrigation on yield and nutrient uptake by tomato*. Ocean Journal of Applied Sciences, 2(2), 139-147.

WESTCOTT, M.P.; KNOX, M.L. 1994. *Kinetics of soil-plant nitrate relations in potato and peppermint: a model for derivative diagnosis*. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 25: 469-478.

## AGRADECIMIENTOS

El trabajo ha sido financiado por el grupo de investigación AGR-242.

## TABLAS



Esquema 1. Puntos de muestreo seleccionados en el invernadero.

Tabla 1. Concentración media, mínima, máxima de  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{N-NO}_3^-$ ,  $\text{P-H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{S-SO}_4^{2-}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  de savia de tomate, expresada en ppm.

CONCENTRACIÓN (PPM)				
Elemento	Promedio	Min	Max	CV (%)
$\text{Cl}^-$	11.203	8.689	14.498	11
$\text{N-NO}_3^-$	1.252	810	1.633	17
$\text{P-H}_2\text{PO}_4^-$	40	13	223	91
$\text{S-SO}_4^{2-}$	1.911	1.684	2.905	6
$\text{Na}^+$	5.517	4.095	7.581	13
$\text{K}^+$	4.533	3.01	6.457	16
$\text{Ca}^{2+}$	5.546	4.094	7.557	11
$\text{Mg}^{2+}$	1.687	1.007	2.287	18

FIGURAS

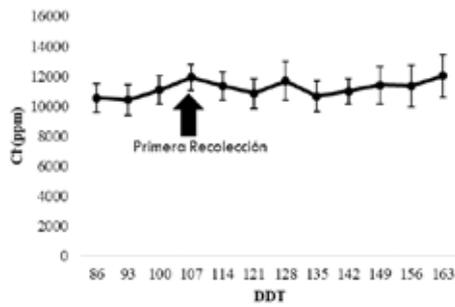


Figura 1. Concentración de Cl⁻ en savia a lo largo del cultivo.

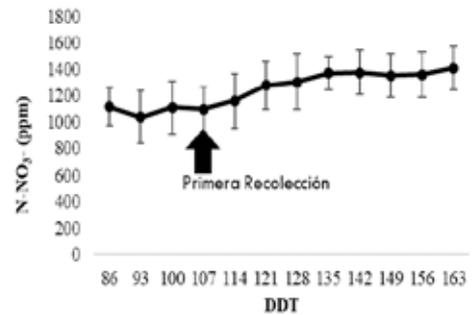


Figura 2. Concentración de N-NO₃⁻ en savia a lo largo del cultivo.

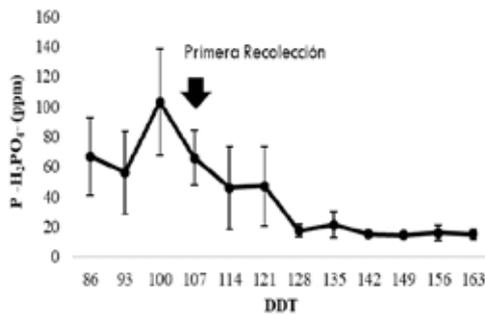


Figura 3. Concentración de P-H₂PO₄⁻ en savia a lo largo del cultivo.

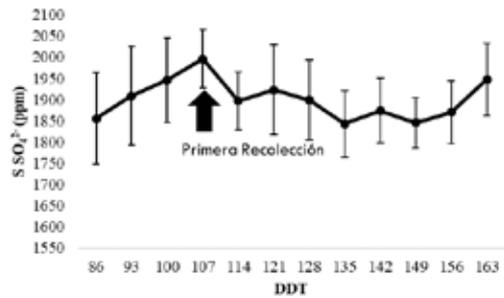


Figura 4. Concentración de S-SO₄²⁻ en savia a lo largo del cultivo.

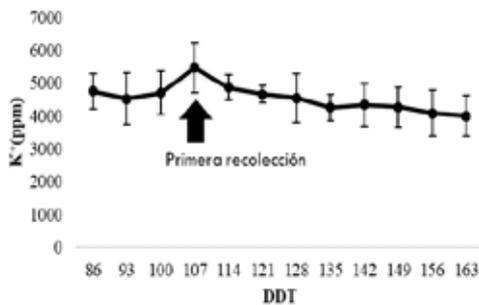


Figura 5. Concentración de K⁺ en savia a lo largo del cultivo.

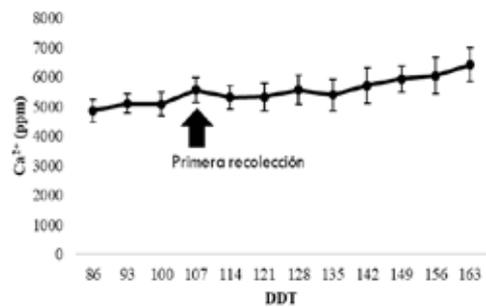


Figura 6. Concentración de Ca²⁺ en savia a lo largo del cultivo.

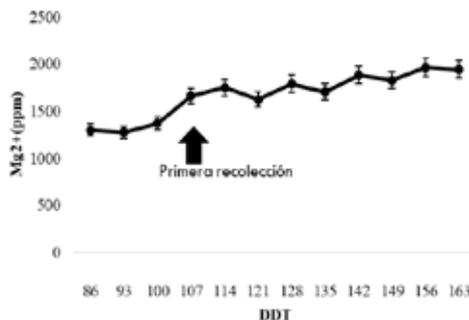


Figura 7. Concentración de Mg²⁺ en savia a lo largo del cultivo.

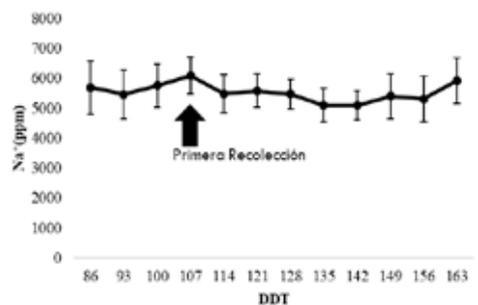


Figura 8. Concentración de Na²⁺ en savia a lo largo del cultivo.

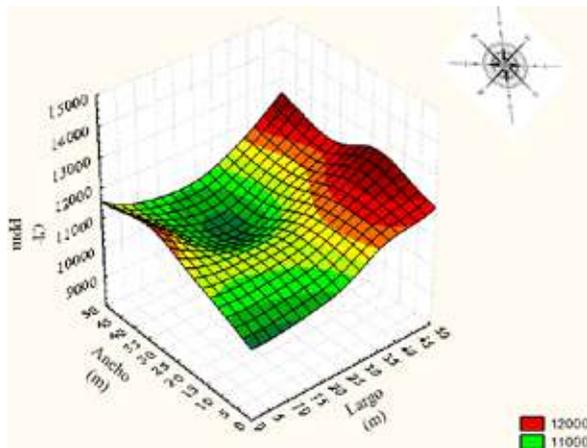


Figura 9. Mapa topográfico de las concentraciones  $\text{Cl}^-$  en savia en invernadero.

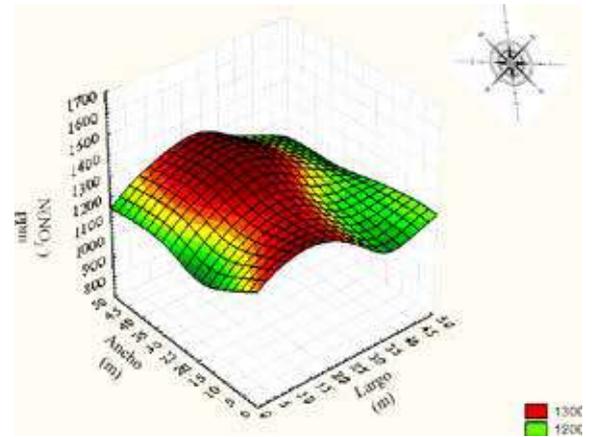


Figura 10. Mapa topográfico de las concentraciones  $\text{N-NO}_3^-$  en savia en invernadero.

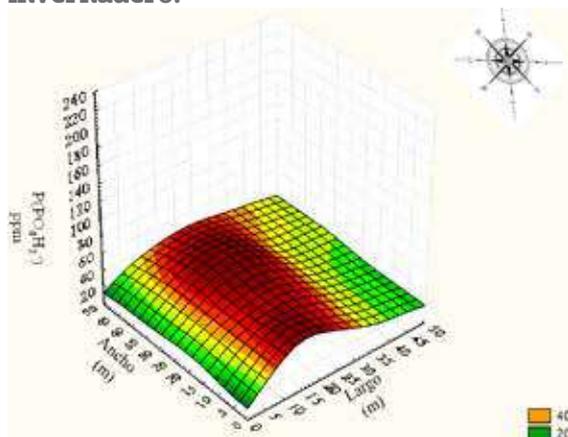


Figura 11. Mapa topográfico de las concentraciones  $\text{P-H}_2\text{PO}_4^-$  en savia en invernadero.

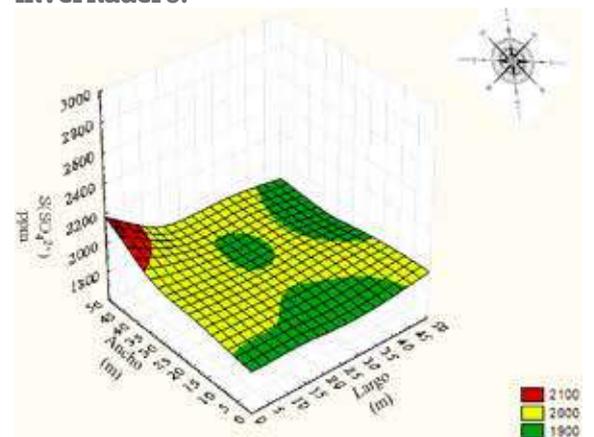


Figura 12. Mapa topográfico de las concentraciones  $\text{S-SO}_4^{2-}$  en savia en invernadero.

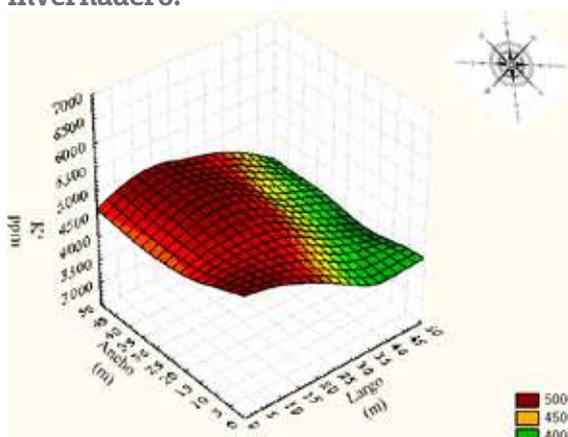


Figura 13. Mapa topográfico de las concentraciones  $\text{K}^+$  en savia en invernadero.

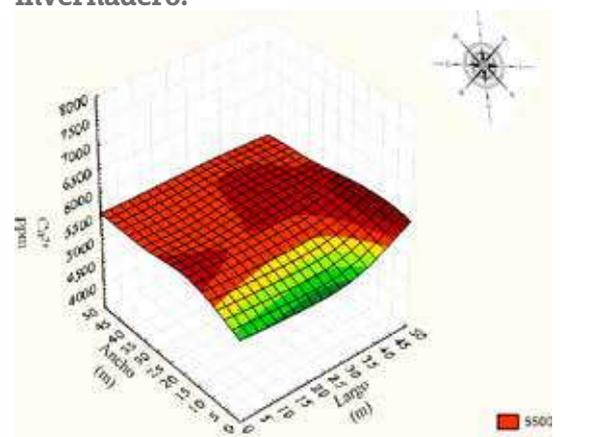


Figura 14. Mapa topográfico de las concentraciones  $\text{Ca}^{2+}$  en savia en invernadero.

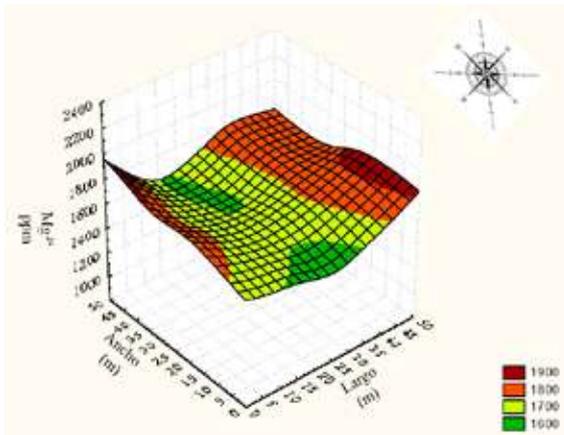


Figura 15. Mapa topográfico de las concentraciones Mg<sup>2+</sup> en savia en invernadero.

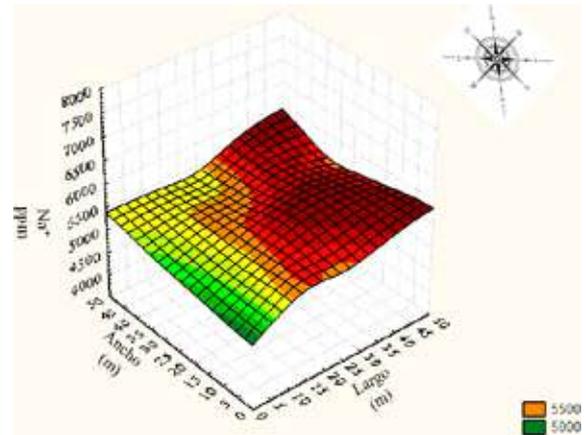


Figura 16. Mapa topográfico de las concentraciones Na<sup>+</sup> en savia en invernadero.

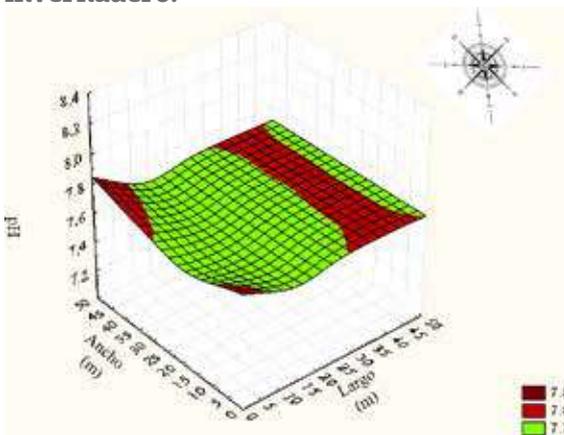


Figura 17. Mapa topográfico del pH en de la solución de suelo en el invernadero.

