

Influencia del enriquecimiento carbónico del aire y la fuente de nitrógeno sobre la eficiencia hídrica y mineral del cultivo de pimiento en diferentes condiciones de salinidad

M. E. Porras¹, E. Medrano, P. Lorenzo, M.J. Sánchez-González y M.C. Sánchez-Guerrero

¹Instituto de Investigación Agraria, Pesquera y Alimentaria de Andalucía (IFAPA). Camino San Nicolás, 1. 04745 La Mojonera, Almería. E-mail: meduardo.porras@juntadeandalucia.es

Resumen

En este trabajo se evalúa la influencia del enriquecimiento carbónico del aire y de la variación de la fuente de nitrógeno en la solución nutritiva sobre el cultivo de pimiento en invernadero, bajo diferentes condiciones de salinidad. La salinidad provocó una menor extracción de N y K en la hoja, aumentando la de Na. El aporte CO₂ favoreció la extracción de Ca en hoja y aumentó la eficiencia hídrica. En dichas condiciones la incorporación de amonio en la solución nutritiva mejoró la absorción de N con agua de buena calidad, pero en condiciones salinas no se observó dicho efecto y, junto con la limitación por parte del amonio de la absorción de Ca, afectó a la producción de fruto debido a la mayor incidencia de B.E.R.

Palabras clave: CO₂, conductividad eléctrica, amonio, absorción de nutrientes, producción.

Influence of air carbonic enrichment and nitrogen source on water and mineral efficiencies of a sweet pepper crop under different salinity conditions

Abstract

In this work the influence of air carbon dioxide enrichment and variation of the nitrogen source in the nutrient solution was evaluated in greenhouse pepper crop, under different salinity conditions. Salinity induced a lower N and K extraction on the leaf, increasing Na. The CO₂ supply improved the leaf extraction of Ca and water efficiency. In such conditions the addition of ammonium in the nutrient solution improved N uptake under low salinity level; however, this effect was not observed under saline conditions and this effect together with the limitation of Ca uptake by ammonium supply, promoted a higher incidence of BER.

Keywords: CO₂, electrical conductivity, ammonium, nutrient uptake, yield.

Introducción

Un reto importante en la horticultura intensiva es encontrar estrategias que permitan paliar el efecto negativo del aumento de la salinidad del agua de riego sobre la producción. En este sentido, el enriquecimiento carbónico del aire en invernadero mediterráneo se ha mostrado eficaz para reducir la limitación bioproductiva de la salinidad en cultivo de tomate y mejorar el aprovechamiento de los nutrientes (Sánchez-González et al., 2014). La relación entre la salinidad y la absorción mineral en los cultivos hortícolas es compleja y dependiente de la especie y del resto de condiciones del cultivo. La mayoría de estudios muestran una reducción de la absorción de nitrógeno (N) bajo condiciones salinas (Grattan y Grieve, 1999), en muchos casos relacionada con una menor absorción del ion NO₃⁻, efecto más evidente a mayor sensibilidad genotípica a la salinidad (Kafkafi et al., 1992). En hoja y frutos de tomate se observó una reducción del N por efecto de la salinidad y del enriquecimiento carbónico (Sánchez-González et al., 2014). La aplicación de una fracción de NH₄⁺ en pimiento aumentó la absorción de N (Xu et al., 2002) y mejoró la tolerancia a la salinidad en plantas jóvenes (Piñero et al., 2014). No obstante, dicha estrategia puede suponer cambios en la relación de la salinidad con

otros nutrientes, de manera que bajo estrés salino se puede reducir la absorción de Ca y K (Grattan and Grieve, 1999), lo que podría repercutir en la producción.

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto del enriquecimiento carbónico y la variación de la fuente de nitrógeno en la solución nutritiva sobre la absorción hídrica y mineral del cultivo de pimiento bajo diferente nivel de salinidad y de su eficiencia en relación a la producción comercial.

Material y Métodos

Un cultivo de pimiento cv 'Melchor' se desarrolló (19/08/2013-24/02/2014) en dos invernaderos con cubierta de polietileno tipo multitúnel (720 m^2), en el Centro IFAPA "La Mojonería" (Almería). Las plantas crecieron en perlita, a una densidad de $2,5\text{ plantas.m}^{-2}$, y se podaron a 2 tallos. En uno de los invernaderos se aportó CO_2 puro (C1) para mantener durante el día 800 y $380\text{ }\mu\text{mo.mol}^{-1}$ con ventanas cerradas y abiertas respectivamente; el otro invernadero se consideró testigo sin aporte de CO_2 (C0). En la Tabla 1 se resumen las condiciones climáticas durante el experimento: radiación global incidente, temperatura, déficit de presión de vapor y concentración de CO_2 en el aire. En ambos invernaderos se distribuyeron 4 tratamientos de la solución nutritiva, combinando 2 fuentes de nitrógeno (NS): NO_3^- (NS1) y $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ (NS2) con 2 niveles de salinidad del agua de riego (EC) añadiendo NaCl : L-EC y H-EC (Tabla 2). Se cuantificó el volumen de agua consumida mediante el balance del volumen aportado-lixiviado.

Tabla 1. Integral de radiación global incidente y medias de máximas/medias/mínimas diarias de temperatura, déficit de presión de vapor (DPV) y de concentración de CO_2 diurna en los invernaderos con (C1) y sin (C0) enriquecimiento carbónico.

	C0	C1
Radiación global (MJ.m^{-2})	1605	1596
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	29,0/19,4/14,2	28,7/19,3/14,7
DPV (kPa)	2,2/0,7/0,3	2,1/0,7/0,2
CO_2 ($\mu\text{mol.mol}^{-1}$)	453/365/292	928/542/356

Tabla 2. Medias de la conductividad eléctrica (CE) y la concentración media (mmol.L^{-1}) de los iones en los diferentes tratamientos de solución nutritiva.

Tratamiento	CE	Ca^{+2}	Cl^-	K^+	Na^+	NH_4^+	NO_3^-	Mg^{2+}	PO_4^{3-}	SO_4^{2-}	
L-EC	NS1	2,7	4,1	9,3	4,9	5,7	0,5	10,8	2,8	1,5	1,0
L-EC	NS2	2,7	4,4	9,3	5,9	5,7	2,4	9,2	3,1	1,6	3,2
H-EC	NS1	4,7	4,7	26,1	5,4	22,8	0,8	10,7	3,0	1,5	1,1
H-EC	NS2	4,6	5,3	26,1	6,3	22,8	3,0	8,9	3,0	1,9	4,1

Se cuantificó la producción de fruto (total y comercial) y el contenido de materia seca. Al final del experimento se determinó la producción de materia seca y su contenido mineral (N, Ca, K y Na) por fracciones. Se aplicó un diseño experimental multifactorial, con tres factores: CO_2 (C), fuente de nitrógeno (N) y salinidad (EC), con dos niveles - cada uno y 6 repeticiones por tratamiento. Las medias se compararon mediante el test LSD a $P \leq 0,05$.

Resultados y Discusión

Teniendo en cuenta que en la hoja de pimiento se localiza el 70% del Ca absorbido por la planta y en torno al 35% en el caso del N y K (Contreras et al., 2013), las extracciones en dicha fracción de la planta aportan una buena información sobre el efecto de los tratamientos estudiados en la asimilación de los mismos (Figura 1). El aporte de CO_2 aumentó la extracción de Ca, en menor medida a alta salinidad, en el mismo sentido

de la tendencia mostrada por el peso seco de la hoja. Por el contrario, la incorporación de amonio redujo la extracción de Ca a bajo nivel de salinidad, sin afectar al peso seco foliar, lo que indica un efecto de limitación de su extracción. La salinidad, con una tendencia a reducir el peso seco de hoja, aumentó la extracción de Na y redujo la de K lo cual pone de manifiesto el antagonismo entre la absorción de ambos. En cuanto al N, es de destacar la interacción observada entre los tres factores analizados, según la cual en condiciones de enriquecimiento carbónico y baja salinidad, la incorporación de una fracción de amonio aumentó el contenido de N en hoja, pero en condiciones de alta salinidad fue el tratamiento con menor contenido en N, lo cual indicaría una sinergia negativa entre amonio y salinidad en condiciones de elevado CO₂.

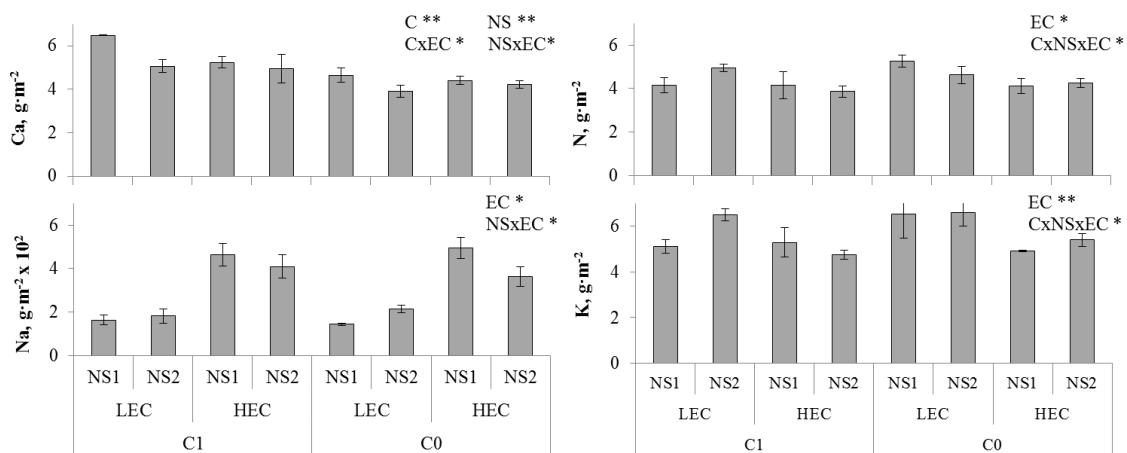


Figura 1. Extracciones (g·m⁻²) de los elementos Ca, N, Na y K en las hojas. Efecto de los diferentes tratamientos evaluados: enriquecimiento carbónico (C), fuente de nitrógeno (NS) y nivel de salinidad (EC). * y ** indican efectos e interacciones entre tratamientos significativos a $P \leq 0,05$ y $0,01$ respectivamente.

La producción de fruto total y comercial aumentó por efecto del enriquecimiento carbónico y se observó una interacción entre CO₂ y salinidad, de tal forma que el incremento productivo fue mayor en condiciones de baja salinidad (22% producción comercial) que en condiciones de alta salinidad (8%). El aporte de una fracción de N en forma de amonio mejoró la producción total de fruto, de manera significativa sólo en condiciones de baja salinidad (+10%), sin embargo dicho efecto no se vio reflejado en la producción comercial debido a una mayor incidencia de B.E.R., que podría relacionarse con una deficiencia de Ca promovida por la limitación de su extracción previamente descrita. Navarro et al. (2005) también atribuyeron el aumento de frutos de tomate afectados por B.E.R. obtenido al aplicar NH₄⁺ en condiciones salinas, a una inhibición de la absorción de Ca. El aporte de CO₂ incrementó la eficiencia del uso del agua consumida, en relación a la producción comercial, desde 23 a 30 g·L⁻¹, mientras que la incorporación de amonio y el incremento de la salinidad mostraron el efecto contrario, reduciéndola desde 29 a 25 g·L⁻¹ en ambos casos. La eficiencia mineral, en términos de producción comercial obtenida por gramos de nutriente absorbido (kg·g⁻¹), fue menor con la incorporación de una fracción de N en forma de amonio, dicha reducción fue de un 13% respecto a la absorción de Ca, 8% de N y 14% de K. Así mismo se observó una interacción entre el aporte de CO₂ y el nivel de salinidad (Figura 2), de tal forma que el enriquecimiento carbónico aumentó la eficiencia cuando se utilizó agua con bajo contenido salino y, en condiciones salinas el enriquecimiento carbónico no mejoró dicha eficiencia.

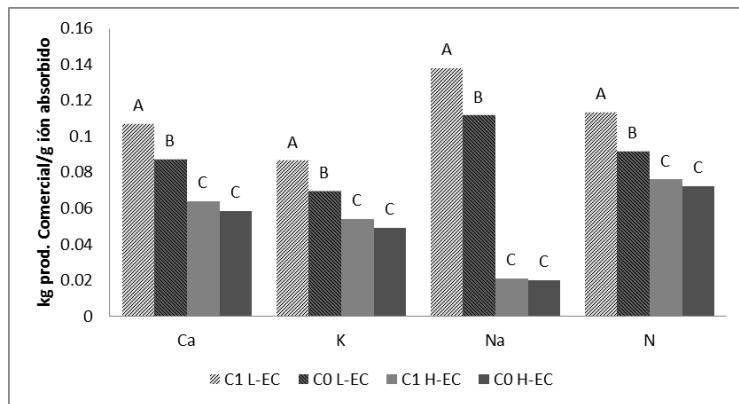


Figura 2. Representación de la interacción observada entre el aporte de CO_2 (C) y el nivel de salinidad (EC) en la eficiencia de la absorción de nutrientes sobre la producción de fruto comercial. Letras diferentes en la misma serie indican diferencias significativas con nivel de significación $P \leq 0,05$, mediante el test LSD.

Conclusiones

El incremento de salinidad de 3 a 5 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ en la CE de la solución nutritiva, provoca una menor extracción en la hoja de pimiento de los elementos N y K aumentando la extracción de Na. El aporte CO_2 favorece la extracción de Ca en hoja y aumenta la eficiencia hídrica. En dichas condiciones el aporte de una fracción de N en forma de amonio favorece la absorción de N cuando se dispone de aguas de buena calidad, pero en condiciones salinas dicho efecto desaparece y, junto con la limitación por parte del amonio de la absorción de Ca, afecta a la producción comercial de fruto debido a la mayor incidencia de B.E.R.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por INIA (Proyectos: RTA2006-00050-00-00 y RTA2011-00026-C02-02), Fondos FEDER e IFAPA. Se agradece la colaboración de Carburos Metálicos y Zeraim Ibérica S.A.

Bibliografía

- Contreras, J.I., J.G. López, M.T. Lao, E. Eymar and M.L. Segura. 2013. Dry-matter allocation and nutrient uptake dynamic in pepper plant irrigated with recycled water by different nitrogen and potassium rate. *Soil Science and Plant Analysis*, 44: 758-766.
- Grattan, S.R. and Grieve, C.M. 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 78: 127-157.
- Kafkafi, U., Siddiqi, M.Y., Ritchie, R.J., Glass, A.D.M. and Ruth, T.J. 1992. Reduction of nitrate ($^{13}\text{NO}_3^-$) influx and nitrogen (^{13}N) translocation by tomato and melon varieties after short exposure to calcium and potassium chloride salts. *Journal of Plant Nutrition*, 15: 959-975.
- Piñero, M.C., Pazos, M., Otálora, G., Pérez Jiménez, M., Marín, M. y del Amor, F.M. 2014. Relaciones hídricas y de intercambio gaseoso en plantas de pimiento bajo estrés salino. Respuesta diferencial de la fertilización $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ y el enriquecimiento de CO_2 . *Actas de Horticultura*, 66:90-96.
- Sánchez-González, M.J., Sánchez-Guerrero, M.C., Medrano, E., Porras, M.E., Baeza, E.J., García, M.L. y Lorenzo, P. 2014. Efecto de la salinidad y el enriquecimiento carbónico en invernadero sobre la bioproduktividad y el contenido en nutrientes en un cultivo de tomate híbrido Raf (cv. Delizia). *Acta de Horticultura*, 66: 78-84.
- Xu G., Wolf S. and Kafkafi U. (2002). Ammonium on potassium interaction in sweet pepper. *J. Plant Nutr.* 25(4), 719-734.