

EFECTOS DE LA FERTILIZACIÓN CARBÓNICA EN UN CULTIVO DE PIMIENTO BAJO INVERNADERO EN CONDICIONES DE CLIMA MEDITERRÁNEO

PERE MUÑOZ
SONIA GURI

Departament de Tecnologia Hortícola
Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA)

RESUMEN

La aplicación de dióxido de carbono (CO₂), o fertilización carbónica, es una técnica agronómica utilizada de forma habitual para incrementar la producción y calidad de los cultivos bajo invernadero (Bakker y Van Holsteinj, 1995; Urban, 1997).

En los países de clima frío el uso habitual de sistemas de calefacción y las condiciones climáticas favorables han permitido generalizar la técnica de la fertilización carbónica al disponer de una fuente económica de CO₂, los gases de combustión. Contrariamente, en los países de clima cálido, el precio más elevado del CO₂, junto con los intereses contrapuestos de ventilación-fertilización carbónica, han frenado la expansión de esta técnica en los cultivos bajo invernadero.

Con el fin de evaluar la aplicación de CO₂ atmosférico en invernaderos bajo condiciones de clima mediterráneo, se realizó un cultivo de pimiento de la variedad Lamuyo cultivar Genil® en sacos de cultivo con perlita B12 (granulometría 0-5 mm). La fertirrigación se realizó con solución nutritiva, recirculando y reutilizando los lixiviados.

El control del clima del invernadero y de la inyección de CO₂ se llevó a cabo por medio de un autómata de clima (MCU-Ferti, Elotec®) utilizando una estrategia de inyección dinámica relacionada con la apertura de las ventanas de ventilación.

La aplicación de CO₂ en el aire del invernadero ha permitido contrastar un incremento del 22% de la producción comercial de pimiento frente al tratamiento control sin inyección de CO₂.

También se observaron diferencias significativas respecto a los parámetros de calidad, consiguiéndose un aumento en el peso medio del fruto, en su longitud y en el diámetro.

La técnica de fertilización carbónica ligada a una estrategia apropiada de control del clima permite obtener resultados en cultivos hortícolas bajo invernadero en condiciones de clima mediterráneo.

Palabras clave: fertilización carbónica, CO₂, cultivo de pimiento.

INTRODUCCIÓN

La aplicación de dióxido de carbono (CO₂), o fertilización carbónica, es una técnica agronómica utilizada de forma habitual para incrementar la producción y calidad de los cultivos bajo invernadero (Nerderhoff, 1984; Bakker y Van Holsteinj, 1995; Urban, 1997).

En los países de clima frío, como los del centro y norte de Europa, la necesidad de calefactar los cultivos en invernadero permite disponer de una fuente abundante y económica de CO₂. Es en estos países en los que el enriquecimiento carbónico ha permitido constatar un claro incremento en el rendimiento y calidad tanto de los cultivos hortícolas como ornamentales.

Los países del litoral mediterráneo presentan características totalmente contrarias tanto en clima como en sistemas de producción; de forma que el principal problema de los invernaderos de clima cálido es el exceso de temperatura en los períodos de máxima producción (inicio de primavera a finales de otoño). Este exceso de temperatura obliga a incrementar al máximo la ventilación, estrategia totalmente contraria a la aplicación de CO₂ ambiental.

Además, estos invernaderos generalmente no instalan sistemas de calefacción, por lo que, a diferencia de los países de clima frío, no disponen de una fuente económica de CO₂.

El precio más elevado del CO₂, junto con los intereses contrapuestos de ventilación-fertilización carbónica, han frenado la generalización de esta técnica en los invernaderos del litoral mediterráneo.

En los últimos años, junto con el avance de los sistemas de control de clima, se han realizado diversos estudios relacionados con la viabilidad de la aportación de CO₂ en cultivos hortícolas y ornamentales de invernaderos mediterráneos (Savé y col., 1996; de Pascale y Acampa, 1998; Sánchez-Guerrero, 1999).

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en un cultivo hortícola bajo invernadero, aplicando fertilización carbónica utilizando estrategias de inyección relacionadas con el control del clima y, en particular, con la ventilación y apertura de las ventanas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño experimental

El ensayo se desarrolló en un invernadero de 2 naves, de 6,4 m de anchura, 2,2 m de altura a canal y 3,7 m a cumbre, con una superficie total de 512 m².

El material vegetal empleado fue pimiento de la variedad Lamuyo cultivar Genil®. La densidad de plantación escogida fue de 2,4 plantas/m², realizándose el cultivo en sacos de perlita B12 (granulometría 0-5 mm) con un volumen aproximado de 60 l.

La fertilización se realizó con solución nutritiva, recirculando y reutilizando los lixiviados. Todo el sistema se gestionó con un autómata de riego, que controlaba de forma continua el volumen de riego, el pH y la CE de la solución nutritiva y los lixiviados; realizándose quincenalmente una analítica completa (macro y micronutrientes). Para garantizar el buen estado sanitario de los lixiviados reutilizados en la formulación de la solución nutritiva, se empleó un sistema de desinfección por radiación ultravioleta.

Tratamientos

Con el fin de evaluar el efecto de la fertilización carbónica, las dos naves del invernadero se dividieron por la mitad utilizando film plástico, de forma que pudiera aportarse CO₂ en una de las naves, quedando la segunda sin aporte de CO₂ como tratamiento control (figura 1).

El diseño experimental se realizó en bloques, correspondientes a las filas dobles de cultivo, con un total de 5 repeticiones por tratamiento.

Desarrollo del cultivo

El cultivo se instaló en el invernadero con fecha 19 de febrero de 2002, iniciándose las labores agronómicas (riego, entutorado, etc.). La recolección se inició el 9 de mayo de 2002, realizándose una cosecha semanal hasta el 4 de septiembre de 2002.

En cada cosecha se determinó la producción de pimientos por cada tratamiento, estableciéndose la producción total, comercial y el afectado por podredumbre apical o «Blossom End Rot» (BER). Simultáneamente se realizaron controles de calidad del fruto, midiéndose el peso medio, la longitud y el calibre de una muestra representativa de 30 frutos de cada variedad.

Gestión del clima

La gestión del clima: temperatura, humedad, apertura de ventanas, etc. Se desarrolló mediante un autómata de clima (MCU Clima, ELOTEC®) a partir de las lecturas de los sensores de temperatura, humedad (interior y exterior), radiación, velocidad y dirección de viento.

La inyección de CO₂ se gestionó con el mismo autómata de control, utilizando una estrategia dinámica de inyección relacionada con el porcentaje de apertura de las ventanas de ventilación.

Control de la inyección de CO₂

Para un mejor control del aporte de dióxido de carbono, el intervalo diario de inyección se subdividió en cuatro periodos con consignas de inyección diferentes.

Los valores de concentración de CO₂ utilizados oscilaron entre las 350 ppm (en el caso de aperturas de ventanas muy elevadas) y los 750 ppm cuando el invernadero estaba totalmente cerrado.

Para determinar la consigna de CO₂ en el aire del invernadero se muestreó en el centro de cada nave y se bombeó hasta un analizador de gases por infrarrojo IRGA (Siemens, Alemania). Para cuantificar el consumo de CO₂ se utilizó un contador que permitía determinar los litros normalizados de CO₂ consumidos (figura 2).

Tratamiento estadístico

El diseño experimental consistió en dos tratamientos con cinco repeticiones. Los tratamientos fueron los siguientes:

- Enriquecimiento carbónico (ECO₂) con 750 ppm de CO₂ como límite máximo.
- Control sin inyección de CO₂.

Los datos se evaluaron con el programa informático SAS (Institute, Inc., Cary, NC USA, 1996, versión, 6.12), mediante un análisis de la varianza y se empleó el test de Tukey para la separación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción comercial de pimientos del tratamiento con enriquecimiento carbónico fue estadísticamente superior, en un 22%, respecto a la del control (fig. 3). Los otros índices de cosecha, producción total y no comercial, no presentaron diferencias significativas entre ambos tratamientos. No obstante, el valor medio de la producción total y de la no comercial presentó valores favorables al tratamiento con CO₂ (figura 3).

Este efecto positivo coincide con el obtenido por Savé y col. (1996) en un cultivo de pimiento, bajo invernadero multitúnel, en ciclo invierno-primavera. También coincide con lo observado por Sánchez-Guerrero (1999) con un cultivo de pepino en invernadero parral. Cabe destacar que el ensayo se realizó con un ciclo primavera-verano en el que las necesidades de ventilación son mayores y el efecto de la fertilización carbónica puede ser muy inferior e incluso nulo, tal y como observó Sánchez-Guerrero (1999) en un cultivo de judía.

Respecto a los parámetros de calidad, peso del fruto, longitud y diámetro, el tratamiento con fertilización carbónica obtuvo resultados estadísticamente superiores en todos los casos (tabla 1). El peso medio de los frutos resultó ser un 13,6% superior en el tratamiento con CO₂, mientras que la longitud y el diámetro presentaron incrementos del 9,7% y 4,7% respectivamente (tabla 1).

El incremento observado en el peso y diámetro del fruto coincide con los observados por diversos autores en ensayos similares con tomate (Acok y Pasternak, 1986; Nederhoff, 1984) y pepino (Nederhoff, 1988; Sánchez-Guerrero, 1999).

CONCLUSIONES

- La técnica de la fertilización carbónica se ha mostrado eficaz al conseguir un incremento del 22% de la producción comercial en un cultivo de pimiento bajo invernadero multitúnel. En el caso de las producciones no comercial y total no se observó ningún efecto relacionado con la aplicación de CO₂.
- Los parámetros de calidad del fruto (peso, longitud y diámetro) presentaron una clara mejora por efecto de la aplicación de CO₂. El peso del fruto se incrementó un 13,6%, mientras que la longitud y el diámetro obtuvieron aumentos del 9,7% y del 4,7% respectivamente.
- La fertilización carbónica aplicada a un cultivo estival en invernadero multitúnel con una estrategia dinámica ligada a la apertura de las ventanas, se ha mostrado como una técnica eficaz que permite mejorar la producción y calidad de un cultivo de pimiento.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración de J. Montero, A. Cano y A. León en las tareas de campo y laboratorio. Asimismo agradecemos el soporte económico de las empresas colaboradoras Carburos Metálicos, Semillas Fitó, S.A., Europerlita Española, Rosas Ferrer, Establiments Sabater y el Mercat de la Flor i Planta Ornamental de Catalunya.

BIBLIOGRAFÍA

- ACOK, B., PASTERNAK, D. 1986. Effects of CO₂ concentration on composition, anatomy, and morphology of plants. Carbon dioxide enrichment of greenhouse crops. Vol. II. Enoch, H.Z.; Kimbal, B.A. (eds.). CRC Press INC., Boca Raton, Florida. Pp. 41-52.
- BAKKER, J. C., VAN HOLSTEIJN, G. P. A. 1995. Greenhouse construction and equipment. Greenhouse Climate Control. Wageningen Pers. pp. 185-194.
- NEDERHOFF, E. M. 1988. Dynamic optimisation of the CO₂ concentration in greenhouses: An experiment with cucumber (*Cucumis sativus* L.) *Acta Horticulturae*, 229: 341-348.
- NERDERHOFF, E. M. 1984 Effects of CO₂ concentration on photosynthesis, transpiration and production of greenhouse fruit vegetable crops. PhD. Dissertation, Agricultural University Wageningen, The Netherlands, pp. 213.
- NILSEN, S., HOVLAND, C., DONS, C., SLETTEN, S. P. 1983. Effect of CO₂ enrichment on photosynthesis, growth and yield of tomato. *Scientia Horticulturae*, 20: 1-14.
- PASCALE DE, A. y ACAMPA, V. 1998. Concimazione carbonica su rosa: il suo effetto su produzione e scambi gassosi. *Culture Protette*. 6: 71-77.
- SÁNCHEZ-GUERRERO, M. C. 1999. *Enriquecimiento carbónico en cultivos hortícolas bajo invernadero de polietileno*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia. Dept. De Biología Vegetal. 266 pp.
- SAVÉ, R., PEÑUELAS, J., MARFÀ, O., MONTERO, J. I., SMART, D. y BIEL, C. 1996. El abonado carbónico en los cultivos protegidos. *Hortoinformación* 81: 42-45.
- URBAN, L. 1997. Introduction à la production sous serre. Tome 1: La gestion du climat. Lavoisier Tec&Doc. Paris.

Tabla 1

VALORES DE LOS DIFERENTES PARÁMETROS DE CALIDAD DE FRUTOS DE PIMIENTO, DURANTE EL CICLO DE CULTIVO DEL AÑO 2002. SE PRESENTAN LAS MEDIAS DE 8 REPETICIONES, LETRAS DISTINTAS INDICAN VALORES ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVOS (P < 0,01, TEST DE TUKEY)

	Peso del fruto (g)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)
Control	192,26 b	11,03 b	9,06 b
ECO ₂	218,44 a	12,10 a	9,49 a

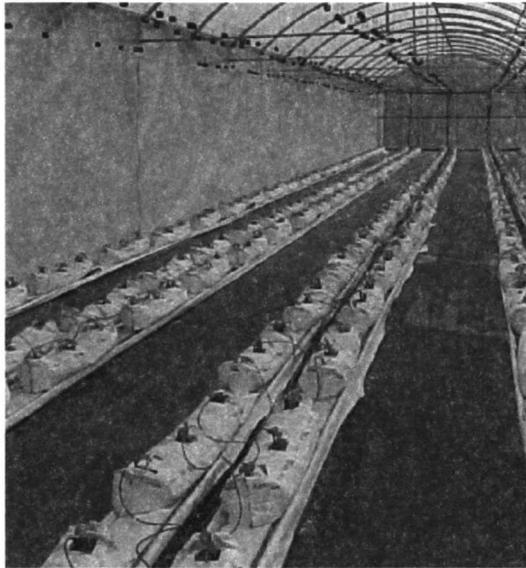


Figura 1

DETALLE DEL INVERNADERO DEL ENSAYO CON EL FRONTAL PLÁSTICO DE SEPARACIÓN DE LOS DOS TRATAMIENTO EVALUADOS (CONTROL Y FERTILIZACIÓN CARBÓNICA)

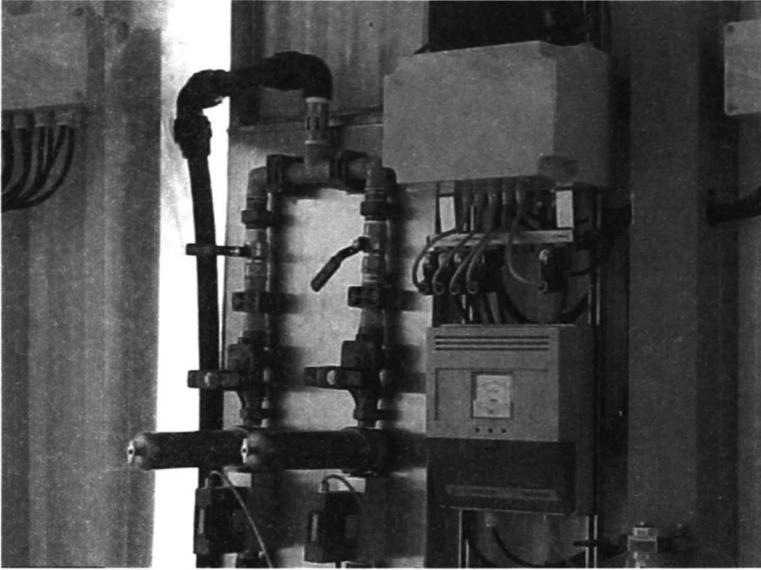


Figura 2

DETALLE DEL ANALIZADOR DE CO₂ Y DE LOS CONTADORES
VOLUMÉTRICOS UTILIZADOS EN EL CONTROL DE LA INYECCIÓN

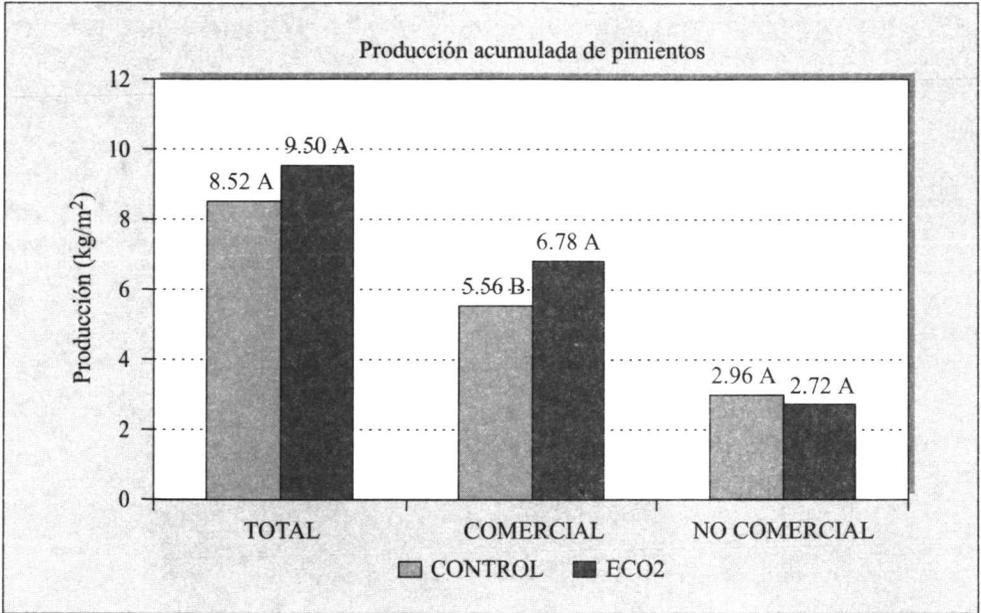


Figura 3

PRODUCCIÓN TOTAL, COMERCIAL Y NO COMERCIAL DE PIMIENTOS OBTENIDA A LO LARGO DEL CICLO DE CULTIVO DEL AÑO 2002, PARA EL CONTROL Y EL TRATAMIENTO CON ENRIQUECIMIENTO CARBÓNICO. LOS VALORES REPRESENTADOS SON LAS MEDIAS. LETRAS DIFERENTES INDICAN VALORES ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVOS (TEST DE TUKEY)