



**E**l gas carbónico ( $\text{CO}_2$ ) es un integrante del Ciclo Básico de la Vida, material de base para la fotosíntesis e indispensable para las plantas clorofílicas. El  $\text{CO}_2$  empleado en la fotosíntesis más el agua y la energía luminosa producirá carbohidratos (o azúcares) y oxígeno. Este gas entra por los estomas y previa disolución con el agua en las cámaras estomáticas llega a los cloroplastos y tras numerosas reacciones se produce la fotosíntesis. El crecimiento de las plantas es posible gracias al consumo de estos carbohidratos productos de la fotosíntesis.

La estructura de la planta está constituida aproximadamente por el 90% de agua y 10% de materia seca. A su vez, el 40% aproximado de la materia seca de las plantas, está compuesta de carbono.

Además de la luz y temperatura, la absorción del  $\text{CO}_2$  está en función de otros factores de la fotosíntesis como la actividad estomática y disponibilidad del mismo gas en la atmósfera. La actividad de apertura o cierre de las células estomáticas está en función de la concentración disponible de  $\text{CO}_2$  y turgencia de estas células -la regulación estomática depende de la circulación del agua a través de la planta, así estaría en función de la demanda climática y disponibilidad de agua en el sustrato-. En cuanto a la disponibilidad de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera, la concentración debe ser superior a 100 vpm ( $0,2 \text{ g/m}^3$  de aire) e inferior a 2000 vpm ( $4 \text{ g/m}^3$ ), a valores superiores a este último, la planta puede cerrar los estomas, con posibles efectos irreversibles y muy perjudiciales para el cultivo.

### El $\text{CO}_2$ en la atmósfera

La concentración de dióxido de carbono en una atmósfera libre se considera constante en toda la superficie terrestre. Actualmente el valor de esta concentración está cerca de los 350 vpm. En los últimos 100 años esta tasa de  $\text{CO}_2$  ha aumentado de 280 vpm hasta los 350 vpm actuales como consecuencia de la actividad humana. En adelante, se estima que esta tasa crecerá al ritmo de 1,8 vpm anual.

La mayoría de modelos climatológicos prevén doblar la tasa de  $\text{CO}_2$  atmosférico en los próximos 100 años, e incluso hay autores que dan cifras de 2500 vpm de dióxido de carbono para dentro de diez siglos si se continúa con el mismo ritmo de consumo de carburantes de origen fósil. Ante estas perspectivas, la comunidad científica se pregunta cómo se desarrollará la vegetación en la tierra, y en particular la agricultura, ante estas concentraciones del gas en la atmósfera, cuando otros factores limitantes del crecimiento de las plantas -como agua y nutrientes- pueden verse seriamente limitados.

La concentración de dióxido de carbono en un sistema cerrado de invernadero disminuye sustancialmente, y éste puede ser un factor limitante para el buen desarrollo del cultivo.

### El enriquecimiento del cultivo con $\text{CO}_2$

Como resultado de diversas investigaciones, puede constatar que la mayoría de los cultivos crecen mejor cuando se incrementa la concentración de  $\text{CO}_2$  durante las horas de más luminosidad, aunque la concentración adecuada de este gas está en función del tipo de cultivo, intensidad de luz, temperatura, humedad, ventilación y estado de desarrollo del cultivo.

Durante el día, las condiciones climáticas -luz, temperatura, humedad,...- son variables. Igual pasa con el  $\text{CO}_2$  en la atmósfera, donde la concentración más baja del gas es la alcanzada entre

Autores: Varios

la 12 y 16 horas, horario en el que la planta está más ávida de gas carbónico y también es cuando las condiciones son más propicias para una mejor actividad metabólica.

El incremento de la concentración de  $\text{CO}_2$  a determinados niveles, puede propiciar un mejor desarrollo de la planta, dado que la presencia en la planta de soluciones que contengan  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{CO}_3$  y sus elementos de disociación, incrementan la asimilación de  $\text{CO}_2$ , induciendo a un mejor desarrollo del cultivo y mejor producción de biomasa.

Para aumentar los niveles de  $\text{CO}_2$  en los invernaderos los métodos pueden ser distintos: aumentar la ventilación, recircular los gases procedentes de la combustión de la calefacción, o inyectar el  $\text{CO}_2$  puro previo almacenamiento en bombonas.

### El incremento de la concentración de $\text{CO}_2$ a determinados niveles, puede propiciar un mejor desarrollo de la planta

Inyectar  $\text{CO}_2$  en el ambiente de la plantan puede hacerse directamente a la atmósfera o bien a través de la red de riego. Independientemente del sistema elegido se recomienda la instalación de sensores que permitan la detección del gas -sobre todo a niveles altos-, evitar gases tóxicos -como el azufre- procedentes de la combustión y elegir un sistema de difusión que permita la mayor uniformidad posible dentro del cultivo.

### Rentabilidad del enriquecimiento en $\text{CO}_2$

Por un lado, la ventilación -en el caso de los invernaderos-. Los analizadores de  $\text{CO}_2$  instalados bajo la cubier-

## El enriquecimiento carbónico en invernadero del Sur Mediterráneo

Uno de los principales factores que determinan el crecimiento y desarrollo de los cultivos es la asimilación fotosintética de  $\text{CO}_2$ . La concentración de dióxido de carbono en la atmósfera se encuentra por debajo del nivel óptimo para la fotosíntesis (Enoch, H.Z., 1990), lo cual se agrava en el interior de los invernaderos debido a las bajas tasas de renovación de aire.

Las prospecciones llevadas a cabo en Almería en invernaderos comerciales durante las campañas de 1987 y 1989 indican que en el interior de las estructuras de cultivo se producen decrementos del 20% con respecto a la concentración exterior, aún cuando las ventanas permanecen abiertas. (Lorenzo, P. et al., 1990).

El aumento de la concentración de  $\text{CO}_2$  por encima de la atmosférica origina incrementos productivos que varían en función de las condiciones de cultivo, la técnica de enriquecimiento carbónico utilizada (fuente, régimen, concentración), etc., se han descrito aumentos que oscilan entre el 14 y el 61% (Kimball, B.A., 1983).

estructura de tipo parral se desarrollaron cultivos de judía de crecimiento indeterminado var. «Helda» en enarenado durante los ciclos de otoño-invierno de 1991/92, 1993/94 y de primavera 1992 y 1993. En el invernadero asimétrico se cultivó pepino var. «Virginia», en enarenado y sustrato de perlita, en ciclo de otoño-invierno 1993/94 y 1994/95 y judía de crecimiento indeterminado var. «Emerite» en primavera de 1994 y 1995. En el multicapilla se ha cultivado pepino var. «Nevada» en perlita en la campaña de otoño-invierno de 1995-96.

Se han aplicado dos métodos de enriquecimiento carbónico con diferente fuente de  $\text{CO}_2$  y estrategia de dosificación.

En las experiencias desarrolladas en el



Generador de  $\text{CO}_2$  de parafina y tubería de distribución



Vista general de cultivo de pepino, analizador-controlador de  $\text{CO}_2$

Desde 1991 se vienen realizando en el C.I.D.H. de Almería experiencias de enriquecimiento carbónico en invernadero. Las estructuras utilizadas han sido de tres tipos, todas ellas con cubierta de polietileno: un invernadero tipo «parral de Almería» de 1000 m<sup>2</sup> construido con pilares de madera y alambre; un compartimento de 315 m<sup>2</sup> de un invernadero asimétrico a dos aguas, de tubo metálico y un multicapilla de tres naves con cubierta curva, de acero galvanizado, con una superficie total de 720 m<sup>2</sup>. La tasa de infiltración del invernadero asimétrico y del multicapilla se sitúa en torno a 2.5 y 0.5 renovaciones por hora, respectivamente, determinadas a una velocidad de viento inferior a 3 m/s. En la es-

invernadero parral se utilizó como fuente de  $\text{CO}_2$  parafina de muy bajo contenido en azufre. La incorporación a la atmósfera del invernadero se llevó a cabo mediante un generador de  $\text{CO}_2$  que incorpora un ventilador para facilitar la distribución del  $\text{CO}_2$  procedente de la combustión. Un analizador de  $\text{CO}_2$  asociado a un controlador permiten el funcionamiento del equipo en base a la concentración máxima y mínimas deseadas. En nuestras experiencias estos puntos de control se fijaron en 350 y 600 vpm respectivamente. Un reloj-temporizador permite programar el enriquecimiento continuo durante el intervalo diario de mayor demanda, de 7 a 14 hora solar (h.s.). El aporte de  $\text{CO}_2$  tuvo lugar a lo largo de

todo el cultivo. En la experiencia de otoño de 1993/94 la distribución del dióxido de carbono procedente del generador se realizó mediante una red de tubos de polietileno perforados que permitió un reparto del gas muy homogéneo.

Tanto en el invernadero asimétrico como en el invernadero multicapilla se ha utilizado CO<sub>2</sub> puro procedente de botellas, distribuido por un sistema de tuberías paralelo a la red de riego. El enriquecimiento responde al régimen programado en una computadora para la gestión de clima a través de las medidas de la concentración de CO<sub>2</sub> llevadas a cabo por el analizador situado en el interior del invernadero. El programa permite una estrategia de control de incorporación de CO<sub>2</sub> dinámica basada en la ventilación requerida y el estado fenológico del cultivo, parámetros a considerar para opti-



Tubería de distribución para CO<sub>2</sub> y emisor localizado a pie de planta

mizar la rentabilidad del sistema (Lorenzo, P. 1994). La concentración de CO<sub>2</sub> mantenida ha sido en torno a 650 vpm cuando las ventanas están cerradas y de 350 vpm cuando las exigencias térmicas o higrométricas accionan la ventilación, de esta forma se reduce el gradiente interior-exterior y se minimiza la pérdida de gas. El enriquecimiento se ha llevado a cabo durante las horas de mayor demanda entre las 6 y 16 h.s. con ligeras variaciones en función de la amplitud de iluminación diaria.

A lo largo de las experiencias se han realizado medidas de la concentración de dióxido de carbono mediante un I.R.G.A. (Analizador de Gases por Infrarrojo) por-

tátil, en el interior de una estructura testigo de iguales características que el invernadero parral enriquecido y multicapilla. Hemos observado descensos de la concentración de CO<sub>2</sub> con respecto a la exterior en todas las estructuras con las ventanas cerradas, estos descensos son más importantes cuando el cultivo está desarrollado y presenta un índice de área foliar elevado (Sánchez-Guerrero, M.C. et al., 1995), llegando a detectarse a 2 m de altura concentraciones en torno a un 55% inferiores a la exterior en campaña de primavera. Cuando las ventanas se abren la concentración aumenta y se aproxima al nivel exterior pero sin alcanzarlo, lo que indica que la ventilación es insuficiente para restaurar la concentración exterior.

En las experiencias realizadas en el invernadero parral se observa un gradiente de concentración de CO<sub>2</sub> en el perfil vertical, con niveles más elevados en la base del cultivo, posiblemente debido a su producción por descomposición de la materia orgánica del suelo, este hecho no se aprecia en el invernadero multicapilla donde el cultivo se ha

con objeto de controlar la temperatura, por lo que la estrategia dinámica de enriquecimiento carbónico implica un menor aporte de CO<sub>2</sub> en el invernadero, como consecuencia se reduce el efecto sobre la producción frente al ciclo de otoño-invierno.

El CO<sub>2</sub> líquido, como fuente para el enriquecimiento, se considera la más adecuada por ser más pura y poderse aplicar desvinculada de la generación de calor. Sin embargo, el elevado precio actual en nuestro país cuestiona su utilización a pesar de los incrementos productivos obtenidos. Los combustibles fósiles se presentan como fuente alternativa, su uso implica considerar algunas precauciones: deben estar prácticamente libres de azufre y ha de llevarse a cabo un control muy preciso de la combustión para evitar contaminaciones (óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y etileno) que producirían efectos fitotóxicos. Los sistemas de enriquecimiento carbónico generan incrementos productivos y su rentabilidad estaría condicionada tanto por el precio de la fuente utilizada como del producto.

P. Lorenzo, M.C Sánchez-Guerrero,  
E. Medrano, J. Pérez, C. Maroto  
C.I.D.H. Apdo. 91. El Ejido. Almería

#### BIBLIOGRAFIA

- Enoch, H.Z. 1990. Crop responses to aerial carbon dioxide. *Acta Horticulturae* 268: 17-32.
- Kimball, B.A. 1983. Carbon dioxide and agricultural yield: An assemblage and analysis of 430 prior observation. *Agro. J.* 75: 779-788. *Agriculture*, vol. 9, number 5, 1978.
- Lorenzo, P.; Castilla, N.; Maroto, C. 1990. CO<sub>2</sub> in plastic greenhouse in Almería (Spain). *Acta Horticulturae* 268: 165-169.
- Lorenzo, P. 1994. Intercepción de luz. Bioproduktividad e Intercambio gaseoso durante la ontogenia de un cultivo invernadero de *Cucumis sativus* L. En Almería. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. 220 pp.
- Sánchez-Guerrero, M.C.; Pérez, J.; Lorenzo, P. 1995. Enriquecimiento carbónico en invernaderos tipo parral almeriense. *Acta VI Congreso S.E.C.H. Barcelona*, p.324.

desarrollado sobre sustrato inerte.

La incorporación de CO<sub>2</sub> en el interior de estas estructuras ha influido significativamente en la producción de fruto: se han obtenido incrementos desde un 10-15% en judía en el invernadero tipo parral hasta un 25% en pepino en el multicapilla, con respecto al control. La asociación de enriquecimiento carbónico y apoyo térmico en el invernadero asimétrico ha propiciado aumentos en la producción de un 48% en pepino de otoño-invierno y un 20% en judía de primavera.

En ciclo de primavera la ventilación permanece activa buena parte del día

ta darán las concentraciones de este gas presente en la atmósfera del invernadero. Según las necesidades, ventilar más o menos será una decisión del técnico de la explotación.

Si el método de enriquecimiento es a partir de los gases de la combustión de la calefacción, el único inconveniente reside en que se puede ver limitado el enriquecimiento en dióxido de carbono durante las horas o días en que está funcionando la calefacción. De todas formas la recuperación del gas carbónico procedente de los generadores de calor es sencillo.

El proceso depende en un principio de la fuente de

### La mayor ventaja de utilizar CO<sub>2</sub> líquido es la ausencia de impurezas perjudiciales para el cultivo

combustible utilizado: el gas natural (rico en metano) o gas licuado como butano o propano, éstos facilitan la recuperación del CO<sub>2</sub> al estar prácticamente libres de azufre.

En el caso de utilizar CO<sub>2</sub> líquido procedente de la industria, el único inconveniente está en el precio de este gas, limitando su utilización sólo en aquellos cultivos que resulten altamente rentables. La mayor ventaja de utilizar esta fuente de suministro es la ausencia de impurezas perjudiciales para el cultivo, además el suministro del gas depende exclusivamente de la acción de enriquecimiento en el momento deseado.

### El biogás, fuente de CO<sub>2</sub>

El biogás es otra alternativa que podría ser rentable. Existen ensayos en otros países como Francia y Dinamarca donde son conscientes de la

## La fertilización carbónica en cultivos protegidos en clima mediterráneo.

### Una tecnología eficaz para la gerbera

En el marco de una concertación investigación-empresa entre el IRTA y Carburos Metálicos, S.A. y con la ayuda institucional del INIA, el Departamento de Tecnología Hortícola del IRTA está llevando a cabo ensayos para evaluar la eficacia agronómica, y por tanto la viabilidad económica, de la fertilización carbónica en cultivos hortícolas protegidos en condiciones mediterráneas.

En algunos cultivos de flor cortada

mediante la fertilización carbónica. La importancia de una respuesta afirmativa es evidente dada la grave problemática medioambiental provocada por la lixiviación de nitratos en las grandes áreas de cultivo intensivo en el litoral mediterráneo.

Para atender simultáneamente a los dos objetivos se planteó un experimento en un cultivo de gerbera en sacos de perlita (tipo B-12® (de Dicalite, S.A.) en el que se estudiaron



A la izquierda: vista general de fertilización carbónica y nitrogenada en gerbera (Depto. Tecnología Hortícola-IRTA Cabrils). Al lado, detalle de los soportes y sacos de cultivo. (Fotos: O. Marfà).

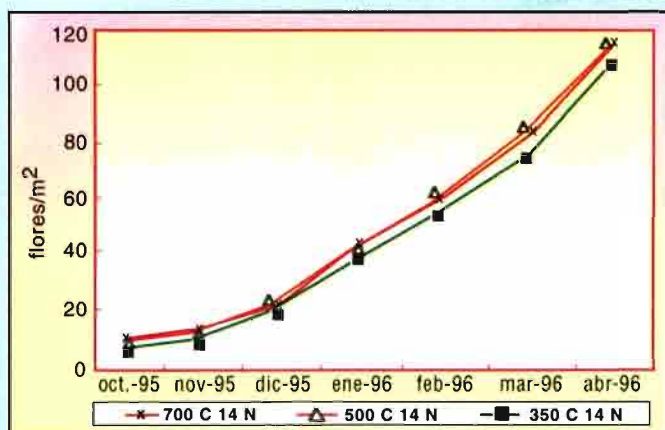
como el rosal y el crisantemo, la eficacia de la fertilización carbónica en cultivo protegido en clima mediterráneo está ampliamente probada. En otros como la gerbera hay menos pruebas concluyentes e incluso alguna controversia acerca de la eficacia de la fertilización carbónica. Este interrogante, unido al interés del cultivo de gerbera en agrosistemas intensivos del litoral mediterráneo ha orientado la experimentación.

Al objetivo de responder al tema de la fertilización carbónica se ha añadido otro no menos importante en las condiciones mediterráneas: Adecuar la fertilización nitrogenada a la fertilización carbónica. Este segundo objetivo se plantea porque hay abundante información, no referida a la gerbera, pero sí a otros cultivos acerca de que el incremento de CO<sub>2</sub> atmosférico promueve una disminución tanto en hojas como en frutos de los niveles críticos de nitrógeno, para garantizar la máxima productividad. Es entonces cuando surge la cuestión: ¿Es posible mejorar la eficiencia en el uso del nitrógeno a la par que mejoramos la productividad

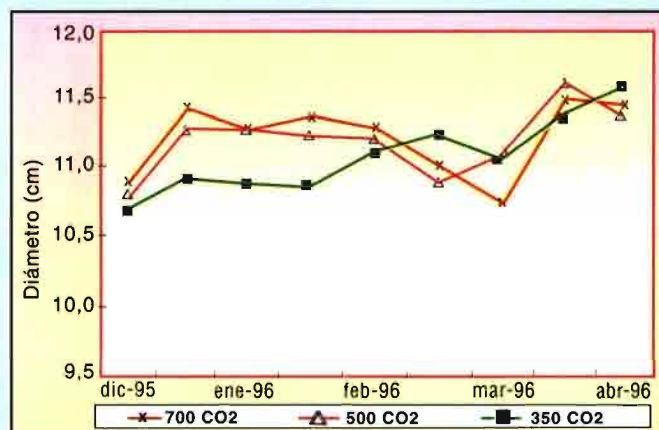
los efectos combinados de la fertilización carbónica y la fertilización nitrogenada. Se analizaron tres niveles de concentración carbónica: el atmosférico, utilizado como referencia, alrededor de 350 ppv, y otros dos: 500 ppv y 700 ppv. A su vez se dispusieron dos concentraciones de nitrógeno-nítrico en la solución nutritiva empleada en la fertirrigación: 14 meq/l y 7 meq/l de NO<sub>3</sub>; la concentración alta es utilizada frecuentemente en los cultivos comerciales de gerbera fuera de suelo.

Se empleó el cultivar Ravel®, la plantación tuvo lugar el 2 de agosto de 1995 y el periodo productivo del primer ciclo, al que se refieren los resultados presentados, se prolongó desde octubre hasta abril de 1996. El cultivo se llevó a cabo en tres módulos de invernadero de 77 m<sup>2</sup>, uno para cada concentración de CO<sub>2</sub>, con cubierta semicircular de PE térmico y calefacción. El CO<sub>2</sub> se aplicó mediante tuberías microperforadas situadas al nivel de las plantas y se controló automáticamente la dosificación. Los tiempos de aplicación de CO<sub>2</sub> variaron dependiendo

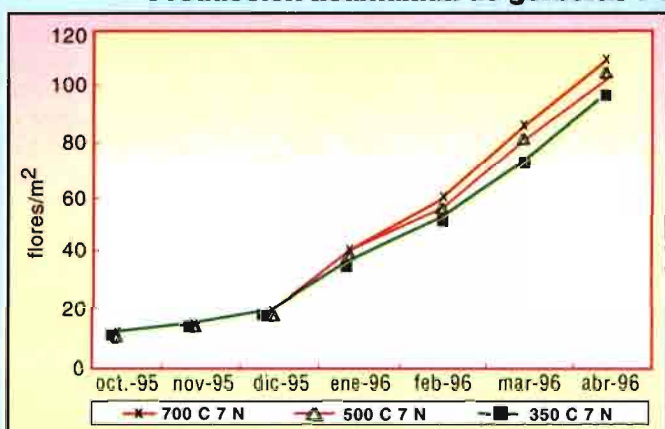
**Figura 1:**  
Producción acumulada de gerberas 14 N



**Figura 3:**  
Diámetro flor 14 N



**Figura 2:**  
Producción acumulada de gerberas 7 N



**Figura 4:**  
Diámetro flor 7 N

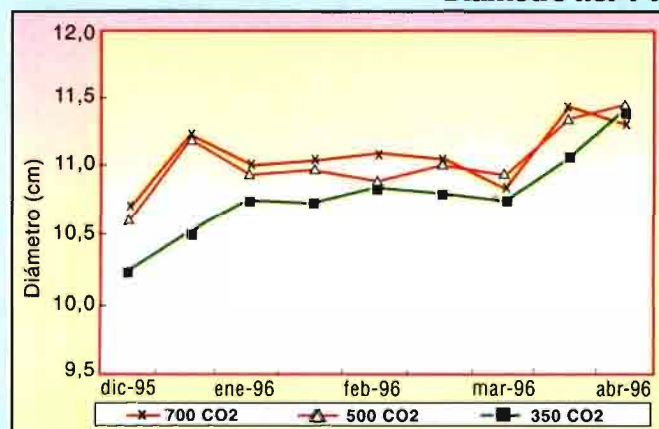


Figura 1 y 2: Producción acumulada de flores de gerbera cv Ravel® correspondiente a tres tratamientos de carbónico y a dos concentraciones de nitratos de la solución nutritiva

Figuras 3 y 4: Diámetro medio de la flor de gerbera cv Ravel® correspondiente a tres tratamientos de carbónico y a dos concentraciones de nitratos de la solución nutritiva

de las necesidades de ventilación de manera que se distribuyeron así: 0 h/día en agosto y septiembre, 4 h/día en octubre y noviembre, 6 h/día en diciembre y enero, 7 h/día en febrero, 4 h/día en marzo y 2 h/día en abril. La fertirrigación se realizó de forma continua con una frecuencia media de tres riegos por día y unas dosis que permitieran una tasa de drenaje del 30% para garantizar una conductividad eléctrica estable y menor de 3,5 dS/m en el lixiviado.

La fertilización carbónica incrementa la producción de flores de gerbera por planta en más de un 10%. Las diferencias se concentran en el periodo diciembre-abril; en el que las coizaciones de la flor son más altas; la marcha productiva es algo diferente según sea la dosificación de CO<sub>2</sub> y la concentración de nitratos en

la solución nutritiva (Figuras 1 y 2). Las dosificaciones de carbónico de 700 ppv y 500 ppv dan lugar a productividades análogas cuando la concentración de nitratos es alta. El diámetro de la flor, como índice de calidad, aumenta con la fertilización carbónica durante el periodo diciembre-abril con la dosis baja de nitratos y durante el periodo diciembre-enero con la dosis alta de nitratos (Fig. 3 y 4).

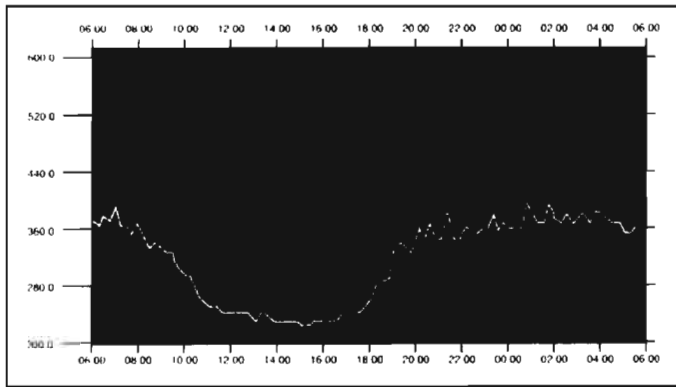
La concentración alta de nitratos en la solución nutritiva aumenta alrededor de un 10% la producción de flores respecto de la concentración baja. Pero cuando se utiliza la concentración baja de nitratos en la solución nutritiva (7 meq/l) al aumentar la concentración de CO<sub>2</sub> (de 350 a 500 y de 500 a 700 ppv) aumenta progresivamente la producción de flores de forma que la combinación 700 ppv

CO<sub>2</sub> y 7 meq/l de NO<sub>3</sub> da un buen resultado productivo. En consecuencia es posible, y naturalmente aconsejable, utilizar concentraciones bajas de nitratos en la solución nutritiva cuando se fertiliza con carbónico la gerbera lo cual garantiza una menor contaminación por nitratos sin renunciar a una alta productividad.

Marfà, O. (1), Biel, C. (1), Peñuelas, J. (2), Montero, J.I. (1), Guri, S. (1), Savé, R. (1).

(1) Departament de Tecnologia Hortícola Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA)  
(2) Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF) Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA)

**Figura 1:**  
**Variación de la concentración de CO<sub>2</sub>**  
**en un ciclo de 24 horas**



Fuente: Praxair



**Analizador fijo de CO<sub>2</sub> bajo invernadero**

gran cantidad de residuos producidos por distintos sectores -urbanos, agrícolas, industriales,...-.

Existen dos tipos de fermentación: la aerobia -en presencia de oxígeno- y la anaerobia -sin presencia de oxígeno-. Es este último tipo de fermentación, la anaerobia, la que da un mejor rendimiento en dióxido de carbono (40% de CO<sub>2</sub> y 60% de metano).

El biogás no es el tema que nos ocupa en este artículo, pero las investigaciones apuntan hacia un mayor interés en el aprovechamiento de esta técnica como fuente de energía, entre otras utilidades.

### El CO<sub>2</sub> a lo largo del día

El día puede dividirse en cuatro fases: mañana -con luminosidad creciente-, mediodía -con máxima luminosidad-, tarde -luminosidad decreciente- y noche -con muy poca luz-.

El periodo más importante para el enriquecimiento de CO<sub>2</sub> es el mediodía, ya que es la parte del día en que se dan las máximas condiciones de luminosidad.

Aquí es importante tener en cuenta la ventilación y renovación del aire en el invernadero, dado que un aumento de la ventilación también aumenta el enriquecimiento del gas carbónico.

También interesa tener

en cuenta que si se filtra parte de la luminosidad, la dosis de enriquecimiento del gas también se verá modificada.

La mañana es un periodo importante para la actividad fotosintética por el hecho de que aún existe en el ambiente un nivel considerable de CO<sub>2</sub>

producto de la respiración nocturna. La tarde constituye el tercer periodo importante para la fotosíntesis; con casi la misma luz que por la mañana, la concentración de CO<sub>2</sub> es débil, siendo esta una hora aconsejable para el enriquecimiento de este gas.

**Cuadro 1:**  
**Efectos del enriquecimiento en CO<sub>2</sub>**  
**a partir de productos de la combustión**  
**del gas natural**

Especie	Contenido recomendable de CO <sub>2</sub>	Efecto del enriquecimiento en CO <sub>2</sub>
<b>Pelargonium</b> (plantas en maceta)	700 - 900 ppm	Plantas más compactas con ramificaciones más grandes y mejor coloración de las hojas. Aumento de la precocidad entre 8 y 12 días
<b>Crisantemo</b>	700 - 900 ppm	Llegada hasta 2 semanas antes de la producción, con una mejora de la calidad y tallos más grandes y robustos
<b>Ficus</b>	600 - 800 ppm	Mejor calidad de la planta, con un crecimiento superior de hasta el 10%, con más del 20-30% de hojas
<b>Pepino</b>	1500 ppm	Aumento de la producción con rendimientos superiores al 25%
<b>Pimiento</b>	1000 ppm	Aumento del nº de flores, traducido a un aumento del rendimiento del cultivo
<b>Tomate</b>	1000 ppm, preferentemente al comienzo del día y en cultivos de primavera	Aumento significativo del rendimiento de hasta un 30%. Obtención de precocidad de una semana

Fuente: PHM Revue Horticole, nº 358

### Ventajas del enriquecimiento con CO<sub>2</sub>

Estudios recientes indican que el aumento de las concentraciones de CO<sub>2</sub>, confieren mejoras en la precocidad y productividad del cultivo, notándose aumentos en la calidad de los frutos debido a la mejor actividad metabólica de la planta. Utilizar la fuente de CO<sub>2</sub> para un aumento de la fotosíntesis no siempre da los resultados esperados. No siempre un aumento de la fotosíntesis de la planta, se traduce en un balance positivo en la producción de materia seca; el aumento de la respiración y sombreado debido a un mayor tamaño de las hojas, pueden afectar también negativamente al buen desarrollo de un tallo floral o de un fruto.

Por otro lado, no se puede hablar de una buena actividad fotosintética sin una óptima luminosidad. La luz es factor limitante, y así, casi por regla de tres, la tasa de absorción de CO<sub>2</sub> es proporcional a la cantidad de luz recibida -además de depender también de la propia concentración de CO<sub>2</sub> disponible en la atmósfera de la planta-. Otras fórmulas curiosas apuntan a que «1% de luminosidad = 1 % de rendimiento».

**Anna Vilarnau**  
annav@ediho.es