

Proyecto núm. SC94-011

**CAMBIOS EN LA PRODUCCION, COMPOSICION Y CARACTERISTICAS
ESPECTRALES DE LOS CULTIVOS ABONADOS CON CO₂
EN LOS INVERNADEROS DE LA ZONA MEDITERRANEA²**

Equipo Investigador

Josep Peñuelas Reixach (Dr. C.B.);
Juan Ignacio Montero Camacho (Dr. I.A.);
Carmen Biel Loscos (I.A.);
Marc Estiarte i Garrofé (L.B.);
Miguel González Meler (Dr. C.B.).

Equivalente de jornada completa: 1,70

Centro de Investigación

Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaries.
(IRTA). Cataluña

Duración: Enero, 1994 - Diciembre, 1996.

Coste: Miles de pesetas: 8.134
Financiación INIA: 100%

PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS

La mayor disponibilidad de CO₂ puede afectar simultáneamente al crecimiento vegetal, a los costes de transpiración, a la fijación de nutrientes, a la alocaión del carbono y a la eficiencia de herbívoros y descomponedores. De ahí la gran trascendencia del estudio y evaluación de la respuesta productiva de los cultivos a mayores concentraciones de CO₂ y de la interacción entre este gas y los demás recursos que pueden pasar a ser limitantes, entre los que cabe destacar al nitrógeno y al agua. Se viene estudiando desde hace bastantes años esta cuestión con notables resultados que inducían a seguir estudiando el tema en lo que hace referencia a las siguientes cuestiones.

Interesaba estudiar si el aumento de la producción da lugar a cambios cualitativos en los cultivos observando si el aumento de la tasa fotosintética va seguido en las plantas fijadoras de nitrógeno de un aumento de su fijación, si las demás plantas son capaces o no de aumentar la absorción de nitrógeno, y en todos los casos, si lo hacen a una tasa similar o no a la del incremento de la tasa fotosintética.

Interesaba también la evaluación y optimización de la interacción con la disponibilidad hídrica, cuestión de gran interés en la región mediterránea (y en posibles futuros escenarios en caso de producirse los cambios climáticos previstos por la mayoría de científicos).

Todo ello nos podía ayudar a entender cuál es el comportamiento de los cultivos en invernaderos enriquecidos con CO₂ y cual es el futuro de los cultivos al aire libre en respuesta a distintas disponibilidades de CO₂, nitrógeno y agua. Por ejemplo, se ha analizado la composición en azúcares, la proporción relativa de carbono y nitrógeno, la concentración de materiales de reserva, recalcitrantes y de metabolitos secundarios,... todas ellas características de gran interés agrícola y comercial a través de su efecto en el metabolismo de los animales consumidores y de los descomponedores.

Dada la ya notable experiencia en el campo de la teledetección del estado, producción y calidad de los cultivos, y dado su gran interés aplicado, al mismo tiempo que se llevó a cabo el estudio propuesto, se siguió por espectroradiometría ultravioleta, visible e infraroja todas las plantas estudiadas. Aquí, el objetivo inmediato era establecer la relación que hay entre los valores de los parámetros ecofisiológicos típicos y la señal espectroradiométrica que emiten los cultivos a nivel de hoja, a nivel de planta y a nivel de cubierta vegetal.

Sin duda, estos trabajos ayudan a mejorar la producción agrícola trabajando sobre los "inputs" de CO₂, agua y fertilizantes, a mejorar la explotación de los invernaderos comerciales y a entender como está cambiando la biología de los cultivos como consecuencia de los cambios atmosféricos. De estos trabajos pueden surgir resultados de gran interés práctico en el seguimiento y evaluación de los cultivos (y de la vegetación) ya sea a nivel del suelo, desde aeroplanos o desde los satélites de la NASA y de la ESA.

Se pretendía estudiar:

1. Cómo el incremento del CO₂ en invernaderos y en la atmósfera afecta a la producción vegetal.
2. Cómo este efecto viene determinado por la disponibilidad de nitrógeno y agua.
3. Cómo varía la composición cualitativa de los cultivos por posibles cambios en la asignación del carbono a los distintos órganos y moléculas.
4. Qué implicaciones tiene todo ello en la digestibilidad y descomponibilidad, así como en el valor nutritivo de las plantas cultivadas.
5. Efectuar un seguimiento paralelo por teledetección pasiva de las plantas estudiadas en las distintas condiciones experimentales del proyecto.
6. Establecer nuevos índices espectroradiométricos indicadores de producción y estado fisiológico que permitan seguir la evolución de los cultivos de forma pasiva.

RESULTADOS

Fruto del trabajo realizado dentro de este proyecto se han obtenido notables resultados que han aclarado bastante el comportamiento de los invernaderos mediterráneos sometidos a fertilización carbónica, que han mostrado los esperados aumentos de pro-

ducción, adelantos fenológicos, cambios en la composición bioquímica (menor concentración de nitrógeno y proteínas, y mayor de carbohidratos, fenoles y terpenos) y señales espectralradiométricas indicadoras de todos estos cambios.

FORMACION DE PERSONAL

Elaboración y presentación de la tesis doctoral de Miquel González Meler, titulada "La respiración en las plantas bajo elevada concentración de CO₂", en la Facultad de Biología de la Universidad de Barcelona. 1996. Apto "cum laude".

Elaboración y presentación de la tesis doctoral de Iolanda Filella Cubells, titulada "Cambios de la reflectancia foliar y de cubierta de la vegetación bajo estrés nutritivo e hídrico", en la Facultad de Biología de la Universidad de Barcelona. 1996. Apto "cum laude".

Elaboración y presentación de la tesis doctoral de Marc Estiarte i Garrofé, titulada "La asignación del carbono en las plantas crecidas a alto CO₂ y sus implicaciones ecológicas", en la Facultad de Biología de la Universidad de Barcelona. 1996. Apto "cum laude".

PUBLICACIONES

Artículos científicos

Peñuelas J., Gamon J., Freedman A., Merino, J., Field C. 1994. Reflectance indices associated with physiological changes in nitrogen and water-limited sunflower leaves. *Remote Sensing of Environment*, 48.135-146.

Field, C.B., Gamon J.A., Peñuelas, J. 1994. Remote sensing of photosynthesis. *Ecophysiology of photosynthesis. Ecological Studies*, 100. 511-527.

Peñuelas J., Baret, F., Filella I. 1995. Semi-empirical indices to assess carotenoids/chlorophyll a ratio from leaf spectral reflectance. *Photosynthetica*, 31.2. 221-230.

Filella, I., Peñuelas J. 1994. The red edge position and shape as indicators of plant chlorophyll content and biomass. *Intern. Journal of Remote Sensing*, 15. 1459-1470.

Gamon, J., Field, C.B., Joel, G., Goulden, M.L., Griffin, K.L., Hartley, A.E., Peñuelas, J., Valentini, R. 1995. Relationships between NDVI, canopy structure, and photosynthesis in three Californian vegetation types. *Ecological Applications*, 5.1. 28-41.

Estiarte, M., Peñuelas, J., Kimball, B.A., Idso, S.B., Lamorte, R.L., Pinter, P.J., Wall, G.W., Garcia, R.L. 1994. Elevated CO₂ effects on stomatal density of wheat and sour orange trees. *Journal Experimental Botany*, 45.280. 1665-1668.

Save, R., Peñuelas, J., Filella, L., Olivella, C. 1995. Water relations, hormonal level, and spectral reflectance of *Gerbera jamesonii* Bolus subjected to chilling stress. *J. Arner. Soc. Hort. Sci.*, 120.3. 515-519.

Peñuelas, J., Ribas, M., Gonzalez, M., Azcon-Bieto, J. 1994. Water status, photosynthetic pigments, C/N ratios and respiration rates of Sitka spruce seedlings exposed to 70 ppbv ozone for a summer. *Environmental and Experimental Botany*, 34.4. 443-449.

Peñuelas, J. 1994. Why terrestrial vegetation tends to have a leaf area index of 4?. *Spectrum*, 18. 74-75.

Estiarte, M., Filella, I., Serra, J., Peñuelas, J. 1994. Phenolic content of plants under different nutrient and water status and its influence on herbivores. *Oecologia*, 99. 387-391.

Peñuelas, J., Matamala, R. 1994. Elemental composition of beans and peppers under nitrogen and water-stress. *Plant Physiology (Life Science Advances)*, 13. 273-278.

Filella, L., Serrano, L., Serra, J., Peñuelas, J. 1995. Evaluating wheat nitrogen status with canopy reflectance indices and discriminant analysis. *Crop Science*, 35. 1400-1405.

Peñuelas, J., Filella, I., Elvira, S., Sanchez, B. 1995. Reflectance assessment of summer ozone fumigated Mediterranean white pine seedlings. *Environmental Experimental Botany*, 35.3. 299-307.

Peñuelas, J., Filella, L., Gamon, J. 1995. Assessment of plant photosynthetic radiation-use efficiency with spectral reflectance. *New Phytologist*, 131. 291-296.

Peñuelas, J., Biel, C., Estiarte, M. 1995. Detrimental effects of fluctuating high CO₂ on peppers. *Photosynthetica*, 31.3. 361-370.

Peñuelas, J. 1996. Overview on current and past Global Changes in the Mediterranean ecosystems. *Orsis*, 11. 165-176.

Peñuelas, J., Biel, C., Estiarte, M. 1995. Growth, biomass allocation, and phenology

of peppers plants submitted to elevated CO₂ and different nitrogen and water availabilities. *Photosynthetica*, 31.1. 91-99.

Peñuelas, J., Filella, I., Vilajeliu, M. 1995. Reflectance assessment of mite effects on apple trees. *Int. J. Remote Sensing*, 16.14. 2727-2733.

Gimeno, B.S., Peñuelas, J., Porcuna, J.L., Reinert, R.A. 1995. Biomonitoring ozone phytotoxicity in Eastern Spain. *Water, Air and Soil Pollution*, 85. 1521-1526.

Peñuelas, J., Llusia, J., Estiarte, M. 1995. Terpenoids: a language of plants. *Trends in Ecology and Evolution*, 10.7. 289.

Peñuelas, J., Filella, L., Save, R., Serrano, L. 1995. Cell wall elasticity and water index (R970nm/R900nm) in wheat under different nitrogen availabilities. *International Journal of Remote Sensing*, 17.2. 378-382.

Filella, I., Amaro, T., Araus, J.L. Peñuelas, J. 1996. Relationship between photosynthetic radiation-use efficiency of barley canopies and the photochemical reflectance index (PRI). *Physiologia Plantarum*, 96. 211-216.

Smart, D., Biel, C., Save, R., Marfa, O., Montero, J.I., Peñuelas, J. 1996. Evidence that elevated CO₂ increases root zone nitrous oxide emissions. *Agricultural Forest Meteorology*.

Peñuelas, J., Ribas-Carbo, M., Giles L. 1996. Allelopathy and plant respiration. *Journal of Chemical Ecology*, 22.4. 801-805.

Peñuelas, J., Estiarte, M., Llusia J. 1996. Carbon-based secondary compounds at elevated CO₂. *Photosynthetica*, 33.

Peñuelas, J., Filella, I., Save, R. 1995. Assessing plant water status through the nearinfrared reflectance. *Investigación Agraria, Producción y Protección Vegetales*, 10.3. 415-428.

Peñuelas, J. 1994. Els canvis atmosfèrics com a recursos i moduladors de la vida. *Treb. Soc. Cat. Biol.*, 46.169-176.

Peñuelas, J., Filella, L., S. Gimeno B. 1995. Avaluació de la fitotoxicitat de l'ozó a Catalunya amb plantes de tabac. *But. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 63. 133-140.

Libros

Peñuelas, J., Baret, F., Filella, I. 1994. Semi empirical-indices to assess carotenoids/chlorophyll a ratio from leaf spectral reflectance In: *Physical Measurements and Signatures in Remote Sensing* Ed.: G. Guyot, Val d'Isere. 341-348.

Sanchez, B. et al. (Ciemat), Peñuelas, J., Filella, I. (Creaf), Porcuna, et al. (SSV-Generalitat Valenciana). 1994. *UN/ECE LRTAP, ICP-CROPS, 1994. Annual report*. Activities performed in Spain.

Smart, D., Peñuelas, J. 1995. Elevated CO₂ concentration can increase root zone N₂O production. In: *The microbiology of atmospheric trace gases; sources, sinks and global change processes*, NATO Advanced Research Workshop, Castelvecchio Pascoli, Tuscany, Italy.

Peñuelas, J., Filella, I., Gamon J. 1995. Assessment of photosynthetic radiation use efficiency with spectral reflectance at the leaf and canopy levels. In: *Remote Sensing of photosynthesis*. Ed.: G. Guyot, Montpellier. 129-134

Peñuelas, J., Baret, F., Filella I. 1995. Semi-empirical indices to assess carotenoids/chlorophyll a ratio from leaf spectral reflectance. In: *Remote Sensing of photosynthesis*. Ed.: G. Guyot, Montpellier. 123-128.

Estiarte, M., Peñuelas, J. 1995. Browning and phenolic changes in herbarium material collected throughout this century. *Phytochemistry of fruits and vegetables*. Phytochemical Society of Europe, CSIC, Murcia, September.

Smart, D., Matamala, R., Hungate, B., Penuelas, J., Drake, B. 1996. Effect of atmospheric CO₂ enrichment in the natural abundance of 15N in a salt marsh ecosystem. *Supplement to the Bulletin of the Ecological Society of America*, 77.3. 412.

Piñol, J., Filella, I., Ogaya, R., Sauret, M., Peñuelas, J. 1997. Non-destructive ground level spectroradiometric measurement of fine live fuel moisture. 11th Mundial Congress of Forestry. Turkey.

Peñuelas, J. 1996. Sobre el canvi climàtic i la manera com pot repercutir en els incendis. A: Ed.: Jaume Terradas, *Ecologia del foc*, Proa, Barcelona. 51-56.

Peñuelas J. 1996. Efectes globals dels incendis II: contribució del foc a l'alteració de la composició

de l'atmosfera. A: Ed.: Jaume Terradas. *Ecologia del foc*. Proa, Barcelona. 193-194.

Peñuelas J. 1995, Influencia del cambio climático global sobre las plantas vasculares. Curso *Evaluación de efectos de la contaminación atmosférica sobre cultivos y vegetación*. Madrid, CIEMAT, 1-13.

Peñuelas J. 1995. Estudios experimentales del efecto del cambio climático global sobre las plantas vasculares. Curso *Evaluación de efectos de la contaminación atmosférica sobre cultivos y vegetación*. Madrid, CIEMAT, 14-20.

Peñuelas, J. 1996. Interacció radiació-vegetació i el seu ús en espectroradiometria d'alta resolució espectral. Curso *Teledetecció de la biosfera*. Institut d'Estudis Espacials de Catalunya. 1-29.

Save, R., Peñuelas, J., Marfa, O., Montero, J.I., Smart, D., Biel, C. 1995. Efectes de l'aplicació de

CO₂ productivitat de conreus protegits (pebrot) en condicions mediterrànies. *Informe Carburos Metàlics*. 29 pp.

Ribas, A., Filella, L., Llusia, J. Penuelas, J. 1995. Informe sobre la fitotoxicitat de l'ozo a Catalunya. *Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya*. 77 p.

Save, R., Penuelas, J., Marfa, O., Montero, J.I., Smart, D., Biel, C., Guri, C. 1996. Efectes de l'aplicació de CO₂ productivitat de conreus protegits (gerbera) en condicions mediterrànies (1). *Informe Carburos Metàlics*. 14 pp.

Save, R., Peñuelas, J. Marfa, O., Montero, J.I., Smart, D., Biel, C., Guri, C. 1996. Efectes de l'aplicació de CO₂ la productivitat de conreus protegits (gerbera) en condicions mediterrànies (II). *Informe Carburos Metàlics*. 25 pp.