

Selección de gramíneas forrajeras por eficacia fotosintética

HIPÓLITO MEDRANO Y ANDREU POL

Departamento de Fisiología Vegetal. Facultad de Ciencias
Universitat de les Illes Balears

Este trabajo pertenece al proyecto 1936-82 C02-01 de la CAICYT

RESUMEN *

Se diseña una cámara para mantener gramíneas forrajeras en cultivo hidropónico en condiciones de alta iluminación, temperatura y humedad, y atmósfera controlada en cuanto a su concentración de CO₂.

Se estudia el efecto de bajas concentraciones de CO₂ en la atmósfera de la cámara, sobre el % de supervivencia para Lolium multiflorum (cvs. Barmultra, Barspectra y Barwoltra), Dactylis glomerata (cvs. Baraula y Chantemille), Bromus inermis, Agropyron cristatum y Phleum pratense.

Este estudio permite deducir la concentración de CO₂ a la que la supervivencia es del 1 %, la cual se utilizará para la selección de estas especies, por eficacia fotosintética.

INTRODUCCIÓN

Uno de los factores que limitan la capacidad de producción de las plantas es el rendimiento fotosintético de sus hojas. Por término medio el 90-95 % del peso seco de la mayoría de las plan-

* PALABRAS CLAVE: Selección, punto de compensación al CO₂, producción, fotosíntesis, *Lolium multiflorum*, *Dactylis glomerata*, *Bromus inermis*, *Agropyron cristatum* y *Phleum pratense*.

tas proviene del proceso fotosintético, y en general, las especies de mayor rendimiento fotosintético (plantas C4) son también las de mayor producción.

No obstante, frente a estudios en los que se ha puesto de manifiesto una clara correlación entre producción y eficacia fotosintética (BISCOE et al. 1975 en cebada, PETERSON y ZELITCH 1982 en tabaco) hay ciertas experiencias de escasa correlación (DELANEY y DOBRENT 1974, en alfalfa, FISHER y col. 1981, en trigo), lo que ha dado lugar a cierta controversia en cuanto a la utilidad de seleccionar plantas por este carácter para obtener genotipos de mayor producción. En opinión de algunos autores, la contradicción podría deberse a los distintos métodos de estimación de la tasa de absorción del CO₂ empleados (ZELITCH, 1982).

La tasa de CO₂ absorbido por la planta, puede incrementarse artificialmente, aumentando la concentración de este gas en cultivos con atmósfera controlada, (COOPER y BRUN 1967, KRENZER y MOSS 1975) pero dada la dificultad que esto supone, parece más atractivo incrementar la capacidad de asimilación de CO₂ por la propia planta mediante selección genética por este carácter.

En forrajeras se ha puesto de manifiesto la existencia de variabilidad genética para fotosíntesis neta en distintas especies (WILSON 1972, en *Lolium*, ASAY y col. 1974 y RANDALL y col. 1984 en *Festuca*, WATSCHKE y col. 1972 en *Poa pratensis*, etc.) por lo que en principio la selección por este carácter parece posible y podría constituir una de las vías más eficaces para la obtención de variedades de mayor producción (NASIROV, 1978).

La eficacia fotosintética de una planta completa, está condicionada por muchos factores como estructura de la planta, tamaño y crecimiento de las hojas, tamaño y densidad de los estomas, tasa de absorción de CO₂ por dm² de hoja, tasa de fotorrespiración, etc. Por ello, los intentos de mejora en este sentido se han realizado por múltiples vías.

La competencia entre el O₂ y el CO₂ por la Ribulosa bifosfato carboxilasa, que se produce en las plantas con elevada tasa de fotorrespiración hace lógico pensar que en una atmósfera con bajas concentraciones de CO₂, las plantas con menor afinidad en su absorción serían menos viables. Este método, parece uno de los más sencillos para seleccionar mutantes de mayor tasa de absorción de CO₂ (NASYROV 1978). Aunque los resultados obtenidos hasta ahora no son excesivamente alentadores (CANNELL y col. 1969, MENZ y col. 1969, NELSON y col. 1975, APEL 1979), en los últimos años, se han conseguido ciertos éxitos seleccionando por

resistencia a altas concentraciones de oxígeno en poblaciones de células de *Nicotiana tabacum* (BERLYN 1980), y seleccionando plantas haploides de esta misma especie, en cámaras de bajo contenido en CO₂ (MEDRANO, 1982).

El éxito obtenido en estos últimos trabajos, así como en otros realizados en forrajeras (WILSON, 1982), y el hecho de que en estas plantas, la cosecha es la planta completa, (en gran parte superficie foliar), nos ha conducido a intentar aplicar en gramíneas forrajeras los métodos de selección que empleamos anteriormente en tabaco.

El presente trabajo, describe el sistema de selección puesto a punto para llevar a cabo este proyecto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudian las siguientes especies y cultivares de gramíneas forrajeras: *Agropyron cristatum*, *Bromus inermis*, *Dactylis glomerata* (cv. Baraula y cv. Chantemille), *Phleum pratense*, y *Lolium multiflorum* (cv. Barmultra, cv. Barspectra y cv. Barwoltra).

a) Semilleros: germinación y primera fase de crecimiento.

Se siembran 15 gr. de semillas en semilleros de 29 x 14 x 5 cm. en sustrato inerte (perlita). Las semillas habían sido previamente humectadas en agua destilada durante 24 h.

La germinación tiene lugar en cámara fitotrón con iluminación controlada, a base de tubos fluorescentes Sylvania de 65 W y lámparas Philips HP-T de 400 W. La intensidad lumínica a nivel de los semilleros, alcanza los $308 \mu \text{ E x m}^{-2} \text{ x s}^{-1}$. El fotoperíodo es de 16 h. de iluminación por 8 h. de oscuridad. En los primeros y últimos 30 minutos, la iluminación procede solamente de tubos fluorescentes (intensidad lumínica de $32 \mu \text{ E x m}^{-2} \text{ x s}^{-1}$). Las temperaturas se mantienen entre 26° C (día) y 14° C (noche).

Como sistema de riego se colocan los semilleros en bandejas con agua destilada, hasta la germinación (de 4 a 7 días desde la siembra); posteriormente se les suministra solución nutritiva Hoagland n.º 2 con un suplemento de NH₄NO₃ de 1,091 gr./gr.l.

Los semilleros con las plántulas germinadas se mantienen en estas condiciones hasta el momento del transplante a las cámaras de selección (14 días después de la siembra).

b) *Cámaras de selección.*

Las plantas estudiadas se transplantan a cultivo hidropónico, en cámaras con atmósfera controlada, por lo que respecta a la concentración de CO₂. Estas cámaras de selección poseen unas dimensiones de 80 x 65 x 65 cm., y están construidas en metacrilato transparente de 5 mm. de grosor (Fig. 1).

Estas cámaras están formadas básicamente por tres compartimentos:

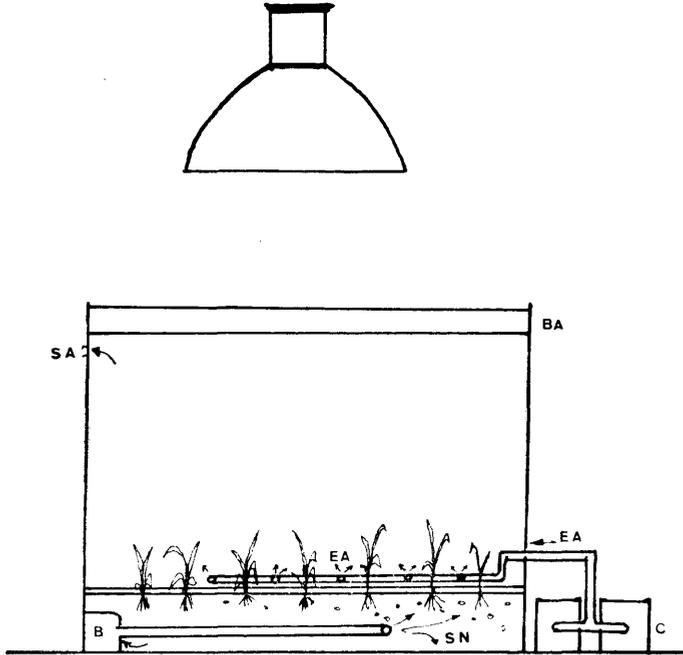


Fig. 1.—Cámara de selección.

C: Compresores; FA: Entrada de aire; SA: Salida aire; B: Bomba de agua; SN: Solución nutritiva; BA: Baño para absorber infrarrojo.

1) La parte inferior constituye una cubeta de 11 cm. de profundidad; que se llena de solución nutritiva, en la cual están inmersas las raíces.

2) La parte central, presenta la mayor parte del volumen de la cámara (47 cm. de altura) y constituye la atmósfera de composición controlada en la que crece la parte aérea de las plantas que están separadas de la cubeta inferior (solución nutritiva) mediante una placa opaca, con orificios distribuidos homogéneamente por toda su superficie, en los que se colocan las plantas al inicio de la experiencia.

3) El techo está constituido por una cubeta de refrigeración (de 5 cm. de profundidad) en la que se mantiene una solución diluida de CuSO_4 en agua. Este compartimento actúa de filtro para evitar una excesiva entrada de radiación infrarroja.

Se utiliza la solución nutritiva, Hoagland n.º 2, modificada aumentando un 25 % la concentración de todos sus componentes, y suplementada además con 1,36 gr/l de NO_3NH_4 . Una pequeña bomba sumergida en la propia solución, mantiene el líquido en circulación y lo oxigena, burbujeando aire procedente de la propia cámara.

Se introduce el aire en la cámara de selección, a través de un tubo que penetra por la parte inferior del lateral derecho, y distribuye (a través de varios agujeros) homogéneamente al aire en la atmósfera controlada. El flujo de entrada de aire se sitúa en 12,8 l/min. lo cual supone una renovación de la atmósfera cada 18,6 min. El aire sale de la cámara a través de un orificio en la parte superior del lateral izquierdo.

El sistema de iluminación consiste en una lámpara MAZDA de halogenuros metálicos (de 400 W), provista de un reflector hemisférico, y situada a 23 cm. por encima de la cámara. Con ello se consigue una intensidad lumínica de $492 \mu \text{ E} \times \text{m}^{-2} \times \text{s}^{-1}$, a nivel de la base de las plantas. La duración del fotoperíodo es de 14 h. de iluminación por 10 h. de oscuridad.

La manipulación para colocar las plantas, sacarlas, etc., se hace por la cara frontal que puede abrirse parcialmente.

c) *Sistema regulador de la concentración de CO_2*

La concentración de CO_2 en la atmósfera de las cámaras de selección, se obtiene mezclando aire sin CO_2 con aire atmosférico exterior en las proporciones adecuadas (Fig. 2). Para ello se utiliza aire, procedente del exterior del laboratorio introducido mediante un sistema de ventilación continua, y conducción por tubo de aluminio (15 cm. de diámetro) a un depósito. Este aire es impulsado por dos pequeños compresores, a través de un tubo de 10 mm. de diámetro el cual se bifurca en dos ramales; en uno de ellos el aire pasa por una columna de cal sodada de 45 cm. de longitud (con indicador metilo violeta) que retiene todo el CO_2 . Por el otro ramal, el aire pasa a través de una válvula que regula el flujo. Al final los dos ramales convergen mezclándose aire normal y aire sin CO_2 . La proporción de cada una de las par-

tes en esta mezcla, nos permite obtener aire con una concentración determinada de CO₂ que es conducido a la cámara de selección.

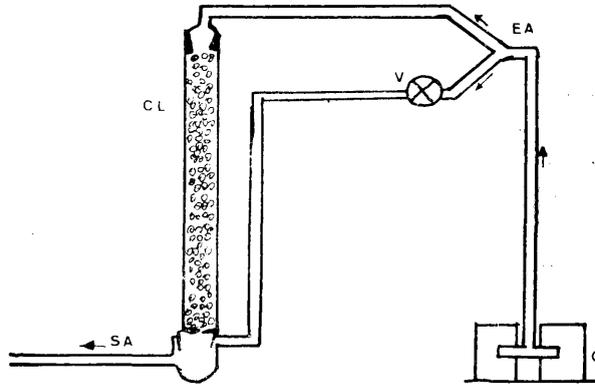


Fig. 2.—Dispositivo para obtener aire de bajo contenido en CO₂.

C: Compresores de impulsión de aire; EA: Entrada de aire; SA: Salida de aire; B: Bomba de agua; SN: Solución nutritiva; BA: Baño de agua y CuSO₄ para absorber la radiación infrarroja; V: Válvula de regulación del flujo de aire; CL: Columna de retención del CO₂ del aire.

El control del mantenimiento de la concentración de CO₂ durante todo el período de cultivo, se lleva a cabo mediante medidas periódicas con el IRGA (analizador de gases mediante infrarrojos), renovando cuando es necesario, el contenido de cal sodada de la columna.

d) *Transplante y cultivo en cámara de selección.*

Plantas de los semilleros, de tamaños que oscilan entre 2 y 5 cm. (según las especies). Se colocan introduciendo las raíces en los orificios de la placa opaca (de 79 x 64 x 1 cm.) que actúa como soporte, así quedan las raíces sumergidas en la solución nutritiva.

Mediante un anillo de algodón grueso que envuelve la base del tallo, se consigue que la parte aérea quede erecta.

La solución nutritiva se mantiene constante reponiendo las sales consumidas, cada 3 días. Esto se consigue ajustando la conductibilidad correspondiente a solución nutritiva inicial (5,1 mMhos.).

Se plantan 4 cámaras que serán sometidas a las siguientes concentraciones de CO₂: concentración de la atmósfera exterior (350-400 ppm.), 200 ppm., 100 ppm., y 50 ppm.

El número de plantas para cada una de las 8 especies o va-

riedades estudiadas y para cada cámara (a distinta concentración de CO₂) es de 54.

Después de tres días de adaptación al cultivo hidropónico y al sistema de iluminación, se ajusta la concentración de CO₂ deseada y a continuación se cierra herméticamente la cámara (pared frontal desmontable). A partir de este momento se mantiene el cultivo durante 20 días.

Se miden peso fresco y seco inicial y final por planta así como la capacidad de supervivencia a las distintas concentraciones de CO₂.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las plantas estudiadas, como consecuencia de las bajas concentraciones de CO₂, aparece en primer lugar una clorosis en las hojas más adultas, que acaba generalizándose para toda la planta; este fenómeno va frenando progresivamente el crecimiento. Posteriormente va apareciendo necrosis en las hojas inferiores (más adultas), la cual se va extendiendo hacia hojas cada vez más jóvenes, secándose completamente las adultas y parcialmente las jóvenes. La intensidad y la rapidez de aparición de estos efectos, es mucho mayor cuanto más baja es la concentración de CO₂ en la atmósfera de la cámara. Así por ejemplo, a concentraciones de 50 ppm, más del 80 % de las plantas acaban por secarse completamente a los 20 días de cultivo (Fig. 3, 4 y 5).

La disminución en el crecimiento de las plantas, como consecuencia de las bajas concentraciones de CO₂ en la atmósfera de cultivo, queda perfectamente de manifiesto al comparar los valores de biomasa seca, tras los 20 días de cultivo. Como puede verse en la tabla 1, las producciones en atmósfera normal (400 ppm), muestran valores claramente diferenciados entre las distintas especies ensayadas. Puede observarse la superioridad de los tres cultivares de *Lolium multiflorum* frente a las restantes especies, presentando además una fuerte variabilidad intraespecífica. A continuación se sitúan los cultivares de *Dactylis glomerata* junto con *Bromus intermis* (entre 76 y 85 mg. de peso seco por planta). Los valores de producción menores corresponden, como se observa, a *Agropyron cristatum* y a *Phleum pratense*, con 44,5 y 32,6 mg. de masa seca por planta, respectivamente.

Se observa además, para todas las especies y cultivares estudiados, una clara disminución de los pesos medios por planta, en

función de la concentración de CO₂ en la atmósfera de la cámara (desde 400 hasta 50 ppm).

Puesto que el objetivo central de este trabajo, es conocer las concentraciones de CO₂ que nos permitan ejercer una selección fuerte sobre las poblaciones de partida, nos interesa cono-

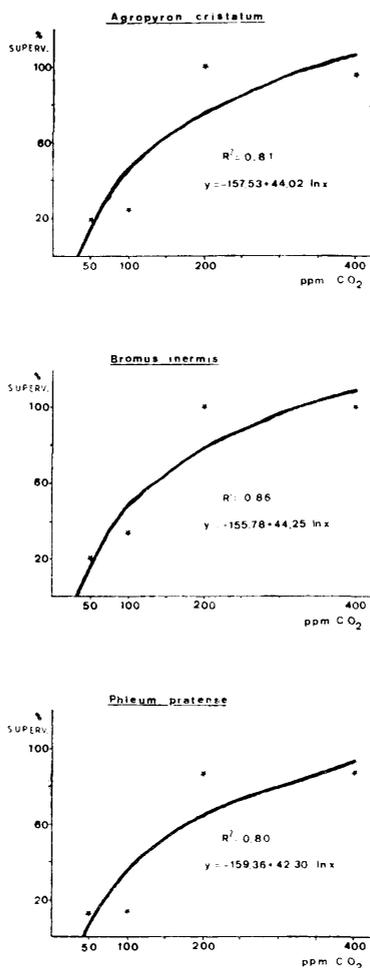


Fig. 3.

cer la relación entre la proporción de CO₂ y la mortalidad, observada tras 20 días de cultivo en dichas condiciones.

Como puede verse en las figuras 3, 4 y 5, a menores concentraciones de CO₂ en la atmósfera, corresponden % de supervivencia cada vez más bajos. Esta correspondencia; se ajusta claramente a una serie de curvas de tipo logarítmico, en todas las es-

TABLA 1

MASA SECA TOTAL POR PLANTA (en mg), DESPUES DE 20 DIAS DE CULTIVO EN CAMARA DE SELECCION, A DISTINTAS CONCENTRACIONES DE CO₂

Especie/cv.	Concentración de CO ₂			
	400 ppm	200 ppm	100 ppm	50 ppm
<i>Agropyron cristatum</i>	44,58	32,23	13,73	6,25
<i>Bromus inermis</i>	84,77	31,41	15,65	7,97
<i>Dactylis glomerata</i> cv. BARAULA	76,23	44,21	5,44	3,89
<i>Dactylis glomerata</i> cv. CHANTEMILLE	85,88	36,03	10,88	5,20
<i>Phleum pratense</i>	32,66	41,65	10,90	1,53
<i>Lolium multiflorum</i> cv. BARMULTRA	199,29	61,05	21,49	6,87
<i>Lolium multiflorum</i> cv. BARSPECTRA	284,84	90,64	32,94	7,58
<i>Lolium multiflorum</i> cv. BARWOLTRA	335,80	66,98	46,85	3,70

pecies y cultivares estudiados, alcanzando en todos los casos valores de ajuste de $R^2=0,8$ y superiores.

En las gráficas se representa la curva logarítmica teórica (con su correspondiente ecuación) y el coeficiente de ajuste, para cada especie y cultivar; así como los puntos que corresponden a los valores reales de supervivencia, a 50, 100, 200 y 400 ppm. de CO₂. Puede observarse que las disminuciones en el % de supervivencias como consecuencia del descenso de la concentración de CO₂ son mucho más acentuadas en la zona inicial de la curva (alta pendiente), que en la zona de la derecha en la cual, grandes oscilaciones, apenas tienen efecto sobre la supervivencia. Por otra parte, los mejores ajustes son para los tres cultivares de *Lolium multiflorum* (entre 0,90 y 0,94), a continuación aparecen los dos cultivares de *Dactylis glomerata* junto con *Bromus inermis* (entre 0,86 y 0,89) y finalmente, con ajustes inferiores, están *Agropyron cristatum* y *Phleum pratense*, con coeficientes de ajuste a la curva teórica de supervivencia de 0,81 y 0,80 respectivamente.

El ajuste a curvas teóricas, de los valores de supervivencia, obtenidos para cada especie y cultivar, tiene interés, entre otras cosas, porque nos permiten hacer predicciones de la tasa de mortalidad con respecto a la concentración de CO₂. En este estudio,

Dactylis glomerata

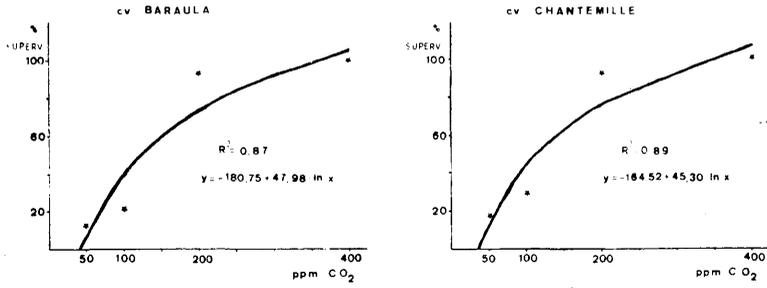


Fig. 4

Lolium multiflorum

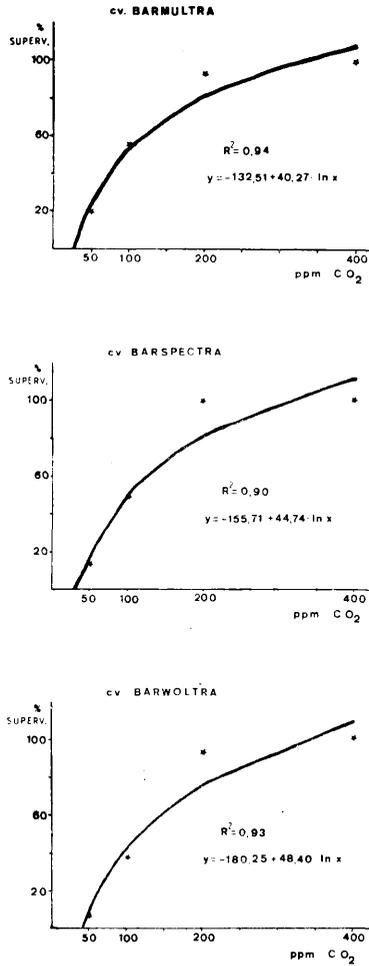


Fig. 5

se han determinado los valores teóricos de supervivencia del 50 % de las plantas al acabar el cultivo (20 días), o DL₅₀ así como los valores en que la supervivencia es del 5 % (DL₉₅) y del 1 % (DL₉₉). En la tabla 2 se exponen estos valores, observándose la existencia de variabilidad interespecífica e intraespecífica en los tres parámetros.

TABLA 2

CONCENTRACIONES DE CO₂ (en ppm), EN LAS QUE LA SUPERVIVENCIA ES DEL 50 % (DL₅₀), del 5 % (DL₉₅), Y DEL 1 % (DL₉₉), RESPECTIVAMENTE

Especie/cv.	DL ₅₀	DL ₉₅	DL ₉₉
<i>Agropyron cristatum</i>	111,6	42,0	36,7
<i>Bromus inermis</i>	104,7	37,9	44,2
<i>Dactylis glomerata</i> cv. BARAULA	122,6	48,0	44,2
<i>Dactylis glomerata</i> cv. CHANTEMILLE	113,9	42,2	38,6
<i>Phleum pratense</i>	141,1	48,7	44,3
<i>Lolium multiflorum</i> cv. BARMULTRA	93,0	30,4	27,5
<i>Lolium multiflorum</i> cv. BARSPECTRA	99,3	36,3	33,2
<i>Lolium multiflorum</i> cv. BARWOLTRA	116,5	46,0	42,3

Por otra parte, puede observarse que, en general, los cultivares de mayor eficacia en la producción de biomasa (tabla 1), son también los que presentan concentraciones más bajas de CO₂ para su DL₉₉. Así la especie de menor producción (*Phleum pratense*) es también la que presenta una DL₉₉ más alta; y los de mayor producción, corresponden a los valores de DL₉₉ más bajos (*L. multiflorum*), salvo en el caso del cv. Barwoltra, que siendo el de máxima producción, presenta una DL₉₉ relativamente alta, próxima a la de los cultivares de *Dactylis glomerata*. En este sentido, cabe señalar que la producción de biomasa obtenida a 50 ppm., ofrece unos resultados que no concuerdan con los de la producción a 400 ppm, observándose que *Bromus inermis*, que tiene una producción modesta a 400 ppm, es el que presenta los mayores valores a 50 ppm; y *Lolium multiflorum* cv. Barwoltra, que presenta la máxima producción en atmósfera normal, presenta valores cercanos al más bajo (*Phleum pratense*) a 50 ppm. Es-

tas observaciones indican que el efecto de bajas concentraciones de CO₂ sobre la producción, no es generalizable a partir de los datos de producción en atmósfera normal.

En plantas sometidas a bajas concentraciones de CO₂, es importante la tasa de asimilación fotosintética, pero también lo es la tasa de desasimilación por respiración y fotorespiración. La supervivencia y capacidad de producción, en tales condiciones, depende, durante cierto período de tiempo, sobre todo del balance entre estos dos procesos. En este sentido, los valores de supervivencia obtenidos para las distintas especies, se ven claramente relacionados con la producción a 50 ppm. Los contrastes entre el comportamiento en estas condiciones y en atmósfera normal (en *Lolium multiflorum* cv. Barwoltra y *Bromus inermis*), probablemente se deben, en *Lolium*, a una tasa alta de respiración y fotorespiración, que en otras especies se ha visto asociada a valores altos de fotosíntesis neta y producción (WILHELM y NELSON, 1978). En *Bromus inermis*, la correspondencia sería entre valores más modestos de fotosíntesis y producción, pero también bajos en cuanto a respiración y fotorespiración; eso, en condiciones límite, le supone una mayor capacidad de supervivencia.

A la luz de estos resultados, parece, en primer lugar, que es necesario mantener concentraciones de CO₂ diferentes para cada especie y cultivar, si se desea mantener una presión de selección uniforme. Por otra parte, los resultados obtenidos ofrecen una serie de interrogantes, en cuanto a la relación entre fotosíntesis, punto de compensación y producción a bajas concentraciones de CO₂, que puede ser interesante dilucidar, para conocer con mayor detalle las relaciones entre fotosíntesis y producción.

La selección de gramíneas forrajeras por supervivencia en atmósfera de bajo contenido en CO₂ ha sido abordada en *Festuca arundinacea* por NELSON y col. (1975), con éxito reducido. No obstante, en nuestra opinión, en estos trabajos así como en los de MOSS (1970) y MENZ y col. (1969), se utilizaron concentraciones de CO₂ por debajo del punto de compensación, lo que sitúa a las plantas en condiciones obligadas de autoconsumo de los asimilados (salvo mutantes claramente destacados del conjunto, y por tanto de muy poco probable aparición). En nuestro trabajo en tabaco (MEDRANO, 1982), se seleccionó a concentraciones ligeramente más altas que el punto de compensación, mantenidas largo tiempo (45 días), para resaltar las escasas ventajas de aquellos genotipos que poseían un punto de compensación algo más bajo y, por tanto, pudieran mantenerse mejor y sobre-

vivir. Posteriormente habría que estudiar la fotosíntesis y producción que estos genotipos presentaban.

Por otra parte, el mantenimiento de temperaturas altas en la cámara de cultivo (25 a 28° C) y elevada irradiación $492 \mu \text{ Exm}^{-2} \text{ xs}^{-1}$), obedecen al interés de favorecer los procesos respiratorios y fotorespiratorios, muy dependientes de la temperatura, y de mantener una intensidad luminosa que no pueda resultar limitante para la capacidad de asimilación de CO_2 por las plantas.

Manteniendo estas condiciones, y la concentración adecuada de CO_2 se ha iniciado la selección. En posteriores comunicaciones, esperamos poder iniciar la valoración de la eficacia del método, con las primeras plantas supervivientes.

BIBLIOGRAFIA

- APEL, P. (1979). «Dark and Photorespiration». En: Crop Physiology and cereal breeding: Proceedings of a Eucarpia Workshop. Ed.: J. H. Spiertz, Th. Kramer: 102-105. Wageningen, Centre Agric. Publ. Doc. 186 p.
- ASAY, K. H.; C. J. NELSON y G. L. HORT (1974). «Genetic variability for net photosynthesis in Tall Fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.)». Crop Sci., 14: 571-574.
- BERLYN, M. B. (1980). «Isolation and characterization of isonicotinic acid hydrazide-resistant mutants of *Nicotiana tabacum*». Theor. Appl. Genet., 58: 18-26.
- BISCOE, P. V.; R. K. SCOTT y J. L. MONTEITH (1975). «Barley and its environment. III Carbon budget of the stard». J. Appl. Ecolt., 12: 269-293.
- CANNELL, R. Q.; W. A. BRUN y D. N. MOSS (1969). «A search for high Net Photosynthetic Rate among soybean genotypes». Crop Sci., 9: 810-811.
- COOPER, R. L. y W. A. BRUN (1967). «Response of soybean to a carbon dioxide enriched atmosphere». Crop Sci., 7: 455-457.
- DELANEY, R. H. y H. K. DOBRENZ (1974). «Yield of alfalfa as related to carbon exchange». Agron. J., 66: 498-500.
- FISHER, R. A.; F. BIDINGER; J. R. SYME y P. C. WALL (1981). «Leaf photo synthesis, leaf permeability, crop growth, and yield of short spring wheat genotypes under irrigation». Crop Sci., 21: 367-373.
- KRENZER, E. G. Jr. y D. N. MOSS (1975). «Carbon dioxide enrichment effects agronomic yield and yield components in wheat». Crop Sci., 15: 71-74.
- MEDRANO, H. (1982). «Selección de mutantes de *Nicotiana tabacum* de Alta Eficacia Fotosintética». Tesis doctoral (Univ. de Barcelona).
- MENZ, K. M.; D. N. MOSS; R. Q. CANNELL y W. A. BRUN (1969). «Screening for photosynthetic efficiency». Crop. Sci., 9: 692-694.

- MOSS, D. N. (1970). «Carbon dioxide compensation in plants with C-4 characteristics», p. 120-123. En: M. D. Hatch, C. D. Osmond y R. O. Slayter (ed.). Photosynthesis and photorespiration. Wiley-Interscience, N. Y.
- NASYROV, Y. S. (1978). «Genetic control of photosynthesis and improving of crop productivity». Ann. Rev. Plant. Physiol., 29: 215-237.
- NELSON, C. J.; K. H. ASAY y L. D. PATTON (1975). «Photosynthetic Responses of Tall Fescue to Selection for Longevity Below the CO₂ Compensation Point». CROP SCI., 15: 629-633.
- PETERSON, R. B. y I. ZELITCH (1982). «Relationship between net CO₂ assimilation and dry weight accumulation in field grown tobacco». Plant Phys., 70: 677-685.
- RANDALL, D. D.; C. J. NELSON; D. A. SLEPER; C. D. MILES; C. F. CRANE; R. W. KRUEGER; J. H. H. WONG y J. W. POSKUTA (1984). «Photosynthesis in Allopolyploid *Festuca*». Proc. Steenbock Symposium on Carbon and N metabolism. (University of Wisconsin).
- WATSCHKE, T. L.; R. E. SCHMIDT; E. W. CARSON y R. E. BLASER (1972). «Some metabolic phenomena of Kentucky Bluegrass under high temperature». Crop Sci., 12: 87-90.
- WILHELM, W. W. y C. J. NELSON (1978). «Irradiance Response of Tall Fescue Genotypes with Contrasting Levels of Photosynthesis and Yield». Crop Sci., 18: 405-408.
- WILSON, D. (1972). «Variation in Photorespiration in *Lolium*». J. of Exper Bot., v. 23 (núm. 75): 517-524.
- WILSON, D. (1982). «Exploiting Genetic variation in physiological processes to increase yield in grasses». EUCARPIA. Fodder Crop Section, p. 76-91. Aberystwyth, Wales, U.K.
- ZELITCH, I. (1982). «The close relationship between net photosynthesis and crop yield». Bioscience, 32: 769-802.

BREEDING OF FORAGE GRASSES BY PHOTOSYNTHETIC EFFICIENCY

SUMMARY *

A growth chamber, has been designed to maintain forages in hydroponic culture, in conditions of high illumination, warm temperature and high humidity.

The concentration of CO₂ in the atmosphere was controlled. The effect of low CO₂ concentrations on % of surviving plants have been studied for *Lolium multiflorum* (cvs. Barmultra, Barspectra and Barwoltra), *Dactylis glomerata* (cvs. Baraula and Chantemille), *Bromus inermis*, *Agropyron cristatum* and *Phleum pratense*.

The results obtained, show that with certain CO₂ concentrations there are only 5 % surviving plants. These CO₂ concentrations will be maintained to select these species by photosynthetic efficiency.

* KEY WORDS: Selection, CO₂ compensation point, plant production, photosynthesis, *Lolium multiflorum*, *Bromus inermis*, *Dactylis glomerata*, *Agropyron cristatum* y *Phleum pratense*.