

PRODUCCION Y FOTOSINTESIS EN TREBOL SUBTERRANEO EN SECANO Y REGADIO.

VADELL, J., C. CABOT y H. MEDRANO

Laboratorio de Fisiología Vegetal. Universitat de les Illes Balears.
Institut d'Estudis Avançats (CSIC)
07071 - Palma de Mallorca.

RESUMEN:

Se presentan los primeros resultados de un estudio sobre producción, fotosíntesis y transpiración en dos cultivares Seaton Park y Clare de trébol subterráneo cultivados en condiciones de secano y regadio en Mallorca. El rendimiento superior de Clare en secano se corresponde con unos valores significativamente más altos de tasa de fotosíntesis y con una más ventajosa relación entre tasa de transpiración y de fotosíntesis.

Palabras clave: FOTOSINTESIS, TRANSPIRACION, PRODUCCION, AREA FOLIAR, *TRIFOLIUM SUBTERRANEUM*, TREBOL, SEQUIA.

INTRODUCCIÓN:

La productividad de las plantas pratenses en régimen extensivo depende fuertemente de su capacidad de sobreponerse a condiciones climáticas y edáficas adversas y del éxito en explotar los recursos del entorno. En condiciones mediterráneas, el déficit hídrico, y las bajas temperaturas invernales limitan el crecimiento y producción, pero la elevada luminosidad es, sin embargo, un factor positivo.

* Este trabajo pertenece al proyecto N°60110 de *Agrimed CEE*.

En pratenses, la cosecha es la biomasa de cada corte, y la producción de biomasa está fuertemente relacionada con la fotosíntesis (Zelitch, 1982; Nelson, 1988). Las variaciones en iluminación, temperatura y disponibilidad de agua, condicionan la tasa de fotosíntesis de las hojas, junto a otros efectos. Situaciones de stress por estos factores provocan reducciones severas en la tasa de fotosíntesis, afectando consecuentemente a la producción.

La eficaz adaptación del trébol subterráneo a las condiciones mediterráneas, su importancia como recurso forrajero en ésta región y en otras latitudes, así como su condición de fijador de nitrógeno confieren a esta planta un especial interés como pratense en esta zona (McGuire, 1987).

En esta especie, estudios de la tasa de fotosíntesis realizados en hojas escindidas, en laboratorio, muestran valores elevados de saturación luminosa ($700 \mu\text{E/s}$) (Bouma, 1970), superiores a los encontrados para otros tréboles ($600 \mu\text{E/s}$) (Hesketh y Moss, 1963). En campo, el máximo crecimiento se obtiene sólo en iluminación completa al sol (Blackman y Wilson, 1951), de forma que el índice de "crecimiento relativo" (RGR) y el índice de área foliar (LAI) de saturación aumentan con la intensidad luminosa aunque ambos muestran una fuerte dependencia respecto a la temperatura.

Teniendo en cuenta la eficaz adaptación de esta especie al Mediterráneo, los antecedentes referidos, y el interés en conocer las bases fisiológicas de la respuesta de las plantas a condiciones ambientales adversas, nuestro equipo se ha planteado el estudio de las relaciones fotosíntesis-producción en condiciones de campo en dos variedades de trébol subterráneo (Clare y Seaton Park), contrastando el cultivo habitual con una situación de contenido óptimo de agua en suelo. En el presente trabajo se analizan los primeros resultados obtenidos en esta experiencia.

MATERIAL Y MÉTODOS:

Material: Se han utilizado semillas comerciales de *Trifolium subterraneum* cvs Seaton Park y Clare.

Métodos:

Cultivo en campo: La experiencia se realiza sobre suelo fluvisol calcáreo, en Palma de Mallorca, preparado con un abonado de fondo de 100 g/m² de N:P:K 0:14:7.

La siembra se llevó a cabo el 31/10/88, con dosis de 2.3 g de semilla/ m², iniciándose la nascencia una semana más tarde. En la parcela con riego, se habilitó una red de microaspersores que aseguraban un riego uniforme. El suministro de agua se realizó de forma que el potencial hídrico del suelo nunca fuera inferior a -25 cbars. En las dos parcelas el diseño fue de tres bloques al azar con unidades experimentales de 1.5x4 m (una por variedad y bloque).

Producción: El tamaño reducido de las plantas en la parcela no regada aconsejó estimar la producción en base a la densidad media de plantas y el peso medio de las mismas, recogiendo 12 plantas por unidad experimental en las que se determinó el peso fresco y el peso seco (24h a 70°C) en raíz, tallo, peciolo y hoja.

Fotosíntesis y caracteres relacionados: La determinación de la tasa de fotosíntesis en campo se realizó mediante el equipo IRGA portátil Licor 6250. Estudios previos aconsejaron utilizar la cámara de fotosíntesis normalizada de 1/4 l de volumen de la misma casa, utilizando una sola hoja en cada medida. Se realizaron medidas alternas en una y otra variedad, obteniendo al menos tres observaciones para cada medida.

El área foliar de la hoja se estimó en cada caso en base a la longitud del peciolo central, según fórmula elaborada anteriormente en base a hojas de estas plantas. La superficie media por hoja y la superficie foliar por planta se determinaron mediante el medidor de área foliar Delta-T Devices. El número de estomas se determinó en base a medidas al microscopio en epidermis de haz y envés.

RESULTADOS Y DISCUSION:

Después de una buena nascencia en noviembre, el crecimiento del cultivo en invierno ha resultado insuficiente como para dar un corte, sobretodo en las parcelas de secano.

La estimación del crecimiento, se ha hecho en base a plantas individuales recogidas al azar entre las que se usaban para medir fotosíntesis y transpiración. Quedaron excluidas las plantas muy pequeñas.

La TABLA 1, recoge los valores medios y error estándar de parámetros biométricos relacionados con el desarrollo del cultivo determinados en muestras de 12 plantas. Se expresa como altura la longitud media de los peciolo. El área foliar por planta, muestra valores claramente diferenciados entre los dos cultivares. Seaton Park tiene respecto a Clare valores medios un 40 % más bajos en regadío y un 62 % inferiores en secano. Este carácter hace que la cubierta vegetal resulte mucho más tupida y abundante en Clare.

El peso específico de las hojas es un carácter que suele presentar correlación positiva con la tasa de fotosíntesis y es fácil de estimar (Medrano, 1987). Entre Clare y Seaton Park, en regadío, los valores observados son muy similares. En secano, Clare tiene promedios un 15 % superiores, pero no significativos dada la variabilidad de este parámetro.

Otro carácter directamente relacionado con fotosíntesis y también con transpiración es la densidad de estomas. Los valores medios, determinados en haz y envés son similares en las dos variedades en regadío. En déficit hídrico, sin embargo, el comportamiento es divergente. En Clare, se reduce fuertemente la densidad de estomas en el haz (relación haz / envés de 1:3.5) mientras que en Seaton Park reduce la densidad en el envés (relación 3.8:1). La eficacia adaptativa de este cambio puede ilustrarse, teniendo en cuenta que, en secano Seaton Park dobla sus folíolos sobre el nervio central dejando expuesto al aire el envés. En Clare no se observa este comportamiento.

La producción media por planta es en Seaton Park un 34 % más baja que Clare en regadío. En secano la producción de Clare es más que el doble que la de Seaton Park. Estas diferencias se reflejan en los tres órganos considerados salvo el promedio de la raíz en regadío, que es similar (TABLA 2).

Las determinaciones de tasa de fotosíntesis y transpiración, se han realizado en estas mismas parcelas a diferentes intensidades luminosas y con distintas

temperaturas. Los datos obtenidos corresponden a determinaciones realizadas a más de 1000 μE de radiación fotosintéticamente activa con temperaturas de 20 - 23 $^{\circ}\text{C}$ por una parte (a) y entre 500 y 1000 μE y 14.5 - 20 $^{\circ}\text{C}$ por otra (b) (TABLA 3).

La tasa de fotosíntesis a alta iluminación, muestra valores medios claramente distintos para los dos cultivares, tanto en secano como en regadio. Sin problemas de abastecimiento hídrico, dicha tasa es un 10 % superior en Seaton Park. La diferencia es significativa estadísticamente de acuerdo en el test de la "t" de Student. Diferencias, ligeramente superiores (12 %) e igualmente significativas a favor de Seaton Park se encuentran al comparar las tasas de fotosíntesis a iluminación entre 500 y 1000 μE .

Los valores de fotosíntesis en secano reflejan una reducción drástica de la tasa de fotosíntesis. Por término medio, los valores se reducen a 1/4 de los observados en regadio. El comportamiento de las dos variedades en estas condiciones es mucho más diferenciado. Clare aventaja a Seaton Park notablemente. Su tasa media de fotosíntesis es más del doble a alta iluminación y un 45 % más alta entre 500 y 1000 μE . Las diferencias son fuertemente significativas.

La contribución de la conductancia estomática a facilitar o reducir el flujo de CO_2 por los estomas no parece excesiva. Los valores observados presentan una elevada variabilidad, aunque son claramente inferiores en secano (casi diez veces más bajos) respecto al regadio. Entre cultivares, Seaton Park presenta valores de conductancia siempre más altos en regadio (50 - 25 % superiores) pero más bajos, o parecidos en secano.

Estos resultados, indican que si bien la superioridad de Seaton Park en regadio, podría achacarse a una superior conductancia, en secano, las diferencias significativas a favor de Clare no pueden justificarse por esta vía, lo que hace suponer cierta superioridad en la propia tasa de carboxilación para este cultivar. En correspondencia con los valores de conductancia estomática, las tasas de transpiración son claramente superiores en Seaton Park en regadio, y con diferencias más reducidas entre genotipos en secano.

La consideración conjunta de la tasa de fotosíntesis y la de evaporación ha sido abordada por diferentes autores como un primer índice de la economía hídrica de la planta en cada situación (Cowan, 1982; Schulze y Hall, 1982; Cowan, 1984). Los valores medios de este índice, que se reflejan en la tabla muestran que la máxima economía "hídrica" de la asimilación del CO₂, tiene lugar siempre en Clare (requerimiento de moles de agua por mol de CO₂ un 65 % más bajo). Tanto en secano, como en regadío y a las dos intensidades luminosas estudiadas, la superioridad de este cultivar es más que notable y claramente significativa.

BIBLIOGRAFIA:

- BLACKMAN, G. E. and G. L. WILSON 1951. *Physiological and ecological studies in the analysis of plant environments*. 6. The constancy for different species of a logarithmic relationship between net assimilation rate and light intensity and its ecological significance. *Ann. Bot. (London)*, 15, 63-94.
- BOUMA, D. 1970. *Effects of nitrogen nutrition on leaf expansion and photosynthesis of Trifolium subterraneum L. II Comparison between nodulated plants and plants supplied with combined nitrogen*. *Ann. Bot. (London)*, 34, 1143-1156.
- COWAN, I. R. 1982. Regulation of water use in relation to carbon gain in higher plants. En: *Encyclopedia of Plant Physiology. New Series, Vol. 12B*. Lange, O. L., Nobel, P. S., Osmond, C. B. and Z. Ziegler (eds). Springer-Verlag, Berlin, pp 589-612.
- COWAN, I. R. 1984. Optimization of productivity: Carbon and water economy in higher plants. En: *Control of Crop Productivity*. Pearson, C.J. (ed), Academic Press, pp 13-31.
- HESKETH, J. D. y D. N. Moss. 1963. *Variation in the response of photosynthesis to light*. *Crop Sci.*, 3, 107-110.
- MCGUIRE, W. S. 1985. Subterranean clover. En: *Clover science and technology*. Taylor, N.L. (ed), ASA Monograph 25.
- MEDRANO, H. 1987. *Variación de la calidad nutritiva en gramíneas pratenses bajo diferentes condiciones de crecimiento*. Actas de la XXVII Reunión de la SEEP. Mahón-Palma. 260-278.

NELSON, C. J. 1988. *Genetic associations between photosynthetics and yield: Review of the evidence.* Plant Physiol. Biochem., 26, 543-555.

SCHULZE, E. D. y A. E. HALL. 1982. Stomatal responses, water loss and CO₂ assimilation rates of plants in contrasting environments. En: *Encyclopedia of Plant Physiology. New Series, Vol. 12B.* Lange, O. L., Nobel, P. S., Osmond, C. B. and Z. Ziegler (eds). Springer-Verlag, Berlin, pp 181-230.

ZELITCH, I. 1982. *The close relationship between photosynthesis and crop yield.* BioScience, 32, 796-802.

SUMMARY:

These are the first results of a field assay on plant production, photosynthesis and transpiration rate in two subterranean clover cultivars; Clare and Seaton Park, growing in drought and irrigated conditions in Mallorca.

Superior yield values of cv. Clare, in drought conditions appear clearly related to a higher photosynthesis rate maintaining the same transpiration rate respect to cv. Seaton Park.

Key words: PHOTOSYNTHESIS, TRANSPIRATION, PRODUCTION, LEAF AREA, TRIFOLIUM SUBTERRANEUM, CLOVER, DROUGHT.

Tabla 1.
PARAMETROS BIOMÉTRICOS: VALORES MEDIOS POR PLANTA

	Altura (cm)	N° hojas	A. F. (cm ²)	P. E. (mg cm ⁻²)	N° estomas haz	envés
CV. CLARE:						
regadio	15.1±0.3	8.3±0.7	31.3±2.1	3.3±0.1	16.7±2.1	15.6±3.0
secano	8.6±0.4	9.4±0.9	21.0±2.3	5.0±0.1	3.2±2.4	11.5±3.5
CV. SEATON PARK:						
regadio	9.8±0.4	12.3±1.1	18.4±1.6	3.1±0.1	18.8±2.3	20.5±2.6
secano	8.0±0.4	6.2±0.7	8.1±0.6	4.3±0.2	25.0±3.6	6.6±3.7

(A.F.: Área Foliar; P.E.: Peso Especifico)

Tabla 2.
VALORES MEDIOS DE PESO SECO POR PLANTA
Y PORCENTAJE DE HIDRATACION

a) Peso seco (mg):

	Hojas	Tallos	Raíz	TOTAL
CV. CLARE:				
regadio	108.0± 8.3	104.1± 7.7	73.4±12.6	285.5±26.8
secano	104.9±11.6	92.9±11.0	68.0± 8.5	265.8±30.6
CV. SEATON PARK:				
regadio	62.7± 5.7	59.5± 6.6	66.4±10.3	185.9±20.9
secano	35.8± 3.7	41.6± 4.1	21.6± 3.3	99.0±10.2

b) Porcentaje de hidratación:

	Hojas	Tallos	Raíz	TOTAL
CV. CLARE:				
regadio	79.6±0.2	89.4±0.1	69.0±1.0	83.8±0.3
secano	67.6±0.6	75.6±0.6	53.2±0.4	68.8±0.5
CV. SEATON PARK:				
regadio	79.7±0.2	88.8±0.2	67.2±1.7	82.0±0.7
secano	64.4±0.8	72.6±0.9	50.3±3.3	66.7±0.9

Tabla 3.
TASA DE FOTOSÍNTESIS Y TRANSPIRACIÓN

a) Alta iluminación (>1000 $\mu\text{E m}^{-2}\text{s}^{-1}$):

	A ($\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	g (g cm s^{-1})	E ($\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	λ H ₂ O/CO ₂
CV. CLARE:				
regadio	21.8±0.5	1.3±0.1	5680±420	260.7±12.7
secano	7.1±1.3	0.2±0.0	900±89	137.8±18.5
CV. SEATON PARK:				
regadio	23.8±1.1	2.1±0.2	9100±490	386.8±24.9
secano	2.7±0.3	0.1±0.0	800±100	296.9±30.6

b) Baja iluminación (500-1000 $\mu\text{E m}^{-2}\text{s}^{-1}$):

CV. CLARE:				
regadio	17.7±1.2	1.1±0.1	3980±280	227.1± 8.1
secano	6.8±0.2	0.2±0.0	600±100	87.5±12.7
CV. SEATON PARK:				
regadio	19.8±1.5	1.4±0.1	4960±210	350.7±59.5
secano	4.7±0.4	0.2±0.0	700± 30	143.5± 8.0

(A: Fotosíntesis Neta; g: Conductancia Estomática;
E: Transpiración; λ : Requerimiento Hídrico)