

INTERÉS AGRONÓMICO DE *Medicago citrina* EN CONDICIONES MEDITERRÁNEAS

E. LEFI, J. GULÍAS, J. CIFRE Y H. MEDRANO.

Universidad de las Islas Baleares (UIB), Departamento de Biología Ambiental. Carr.
Valldemossa Km. 7,5. 07122 Palma de Mallorca, España.

RESUMEN

Se ha estudiado el crecimiento y la producción de biomasa aérea en *Medicago arborea*, *Medicago citrina* y *Medicago strasseri* en condiciones de riego y sequía en la parcela experimental de la Universidad de las Islas Baleares entre 1999 y 2002.

Los resultados han mostrado que *M. arborea* y *M. strasseri* presentan una capacidad elevada de establecimiento en condiciones de estrés hídrico. Al contrario, *M. citrina* se caracteriza por un crecimiento inicial bajo, pero acumula mayor biomasa en raíces, lo que facilitaría posteriormente mayor persistencia en suelos pobres en nutrientes y agua.

En campo, el máximo de crecimiento coincide con la primavera para *M. arborea* y *M. citrina*. Las plantas adultas de *M. citrina* mantienen mayor producción de biomasa aérea en riego y mayor área foliar en sequía, al contrario *M. arborea* sufre una senescencia generalizada en verano. Además, debido a la arquitectura más abierta y el mantenimiento de mayor biomasa foliar, *M. citrina* intercepta más radiación solar y en consecuencia mayor producción de biomasa aérea.

Desde el punto de vista agronómico, *M. citrina* presenta, en campo, mayor potencial de producción en riego y mantiene mayor área foliar en primavera y verano que *M. arborea* en condiciones de sequía, que sufre una senescencia generalizada en verano.

Palabras clave: Producción, arquitectura, área foliar, sequía, crecimiento

AGRONOMIC INTEREST OF *Medicago citrina* IN MEDITERRANEAN CONDITIONS

SUMMARY

The growth and shoot production was studied for *Medicago arborea*, *Medicago citrina* and *Medicago strasseri* under irrigation and drought conditions at the experimental field of the University of the Balearic Islands between 1999 and 2002.

The results have shown that *M. arborea* and *M. strasseri* present a high capacity of establishment under water stress. On the contrary, *M. citrina* was characterized by a low growth, but it accumulates greater biomass in roots, which would later facilitate a high persistence at poor soils in nutrients and water.

In field, the maximum of growth was observed in spring for *M. arborea* and *M. citrina*. Older *M. citrina* plants maintain high shoot production under irrigation conditions and high leaf area under drought, on the contrary, *M. arborea* undergoes a generalized senescence in summer. In addition, due to an opened architecture and the maintenance of greater leaf biomass, *M. citrina* intercepts more solar radiation, that favours a high shoot production.

From the agronomic point of view, *M. citrina* has a greater potential of production in field under irrigation and maintains higher leaf area in spring and summer than *M. arborea* under drought, which undergoes a generalized senescence in summer.

Key words: Production, canopy, leaf area, drought, growth

INTRODUCCIÓN

La variabilidad interanual en el régimen de precipitaciones y la coincidencia de la época de sequía con la época más cálida son las principales peculiaridades del clima mediterráneo (Ferrés, 1993). A estas condiciones hay que unir en verano la elevada Evapotranspiración Potencial (hasta 250 mm/mes), las temperaturas extremas (30-42°C) y la elevada irradiancia que provocan tensiones hídricas hoja-aire y escasez de reservas de agua disponible para la planta en el suelo. En este sentido el déficit hídrico en suelo es el principal factor ambiental que más limita la producción de forraje y su disponibilidad estacional en condiciones mediterráneas (Fisher y Turner, 1978).

Las leguminosas forrajeras muestran la ventaja de aportar nitrógeno al suelo y su elevado valor nutritivo (Tsiouvaras, 1993) y en particular los arbustos que tienen el interés de explorar mayor volumen de suelo, aumentando así el volumen de agua disponible, que reduce en parte el problema del déficit hídrico. En este sentido, este trabajo ha consistido en estudiar el interés agronómico de *Medicago citrina*, especie endémica en las islas Columbretes e islotes de Ibiza y Cabrera en las Baleares, frente a *Medicago arborea*, especie con amplia distribución en la cuenca mediterránea.

MATERIAL Y MÉTODOS

Experimento nº1: Se ha estudiado la capacidad de establecimiento de plantas de *Medicago arborea* (*M. arborea*), *Medicago citrina* (*M. citrina*) y *Medicago strasseri* (*M. strasseri*) en macetas (5 L) que tienen 40, 40 y 20% de turba, suelo y perlita, respectivamente (una planta por maceta). Se aplicaron dos regímenes hídricos para cada especie: riego a capacidad de campo (control) y riego deficitario para mantener el suelo al 50% de la capacidad de campo (déficit de agua moderado). A lo largo del experimento se realizaron 3 muestreos: al cabo de 10 días, de 54 días y de 80 días. El tratamiento del déficit hídrico (por diferencias de peso) se aplicó una semana después el primer muestreo. En cada muestreo se consideraron 6 plantas por tratamiento en el que se midió el peso seco de la biomasa aérea de la planta (B, g planta⁻¹), el peso seco de raíces (RDM, g planta⁻¹) y el área foliar de toda la planta (PLA, cm² planta⁻¹).

Experimento nº2: En campo y en la parcela experimental de la Universidad de las Islas Baleares se plantaron plántulas de *M. arborea* y *M. citrina* con un marco 1,5/1,5 m en dos parcelas separadas. Durante el segundo año (octubre 1999-septiembre 2000) se mantuvo la primera parcela en condiciones de riego para mantener la humedad de suelo a capacidad de campo y la segunda parcela sin riego (pluviometría de 229,7 mm anual). A lo largo del año se midió la biomasa aérea (excepto los tallos más leñosas) de toda la planta (B, g planta⁻¹) y el área foliar de toda la planta (PLA, m² planta⁻¹) aplicando el peso específico foliar.

Experimento n°3: Para explicar las diferencias en la producción entre plantas de *M. arborea* y *M. citrina* (de tres años de edad) se ha estudiado, en condiciones de riego, el efecto de la arquitectura de las plantas en la intercepción de la radiación solar y la fotosíntesis durante los meses de junio, julio y agosto. Se midió el intercambio de gases, usando un analizador de gases por infrarrojos, IRGA, modelo Li 6200 (Li-Cor Inc., Lincol, NE) y el área foliar a diferentes niveles (según el dosel) y posiciones (Sureste y Noroeste). Los parámetros considerados fueron la tasa de fotosíntesis neta (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), la radiación fotosintéticamente activa (PAR , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) y el área foliar (LA , m^2 por nivel).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del primer experimento muestran que solamente en el tercer muestreo se observan diferencias entre especies y tratamientos (Figura 1) en la biomasa aérea (B), el peso seco de raíces (RDM) y el área foliar (PLA). En riego *M. strasseri* se caracteriza por un crecimiento inicial bastante importante, mayor que el experimentado por *M. arborea* y *M. citrina*, así mantiene mayor valores de B (4,9 g), PLA (392 cm^2) y RDM (2,48 g). En condiciones de sequía el déficit hídrico reduce significativamente los valores de B, RDM y PLA ($P < 0,001$).

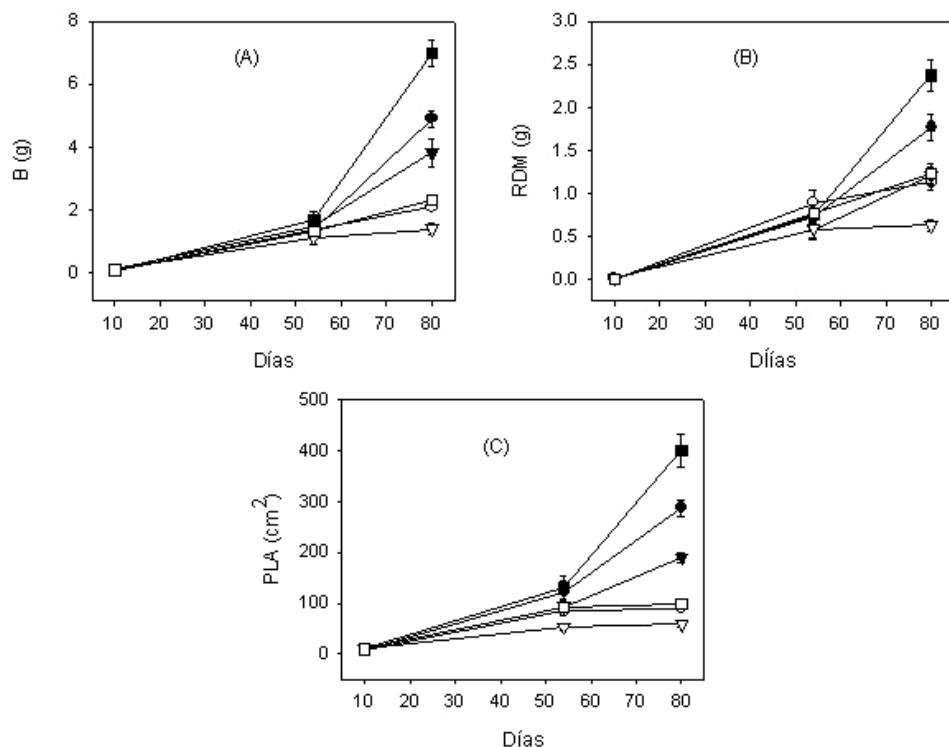


Figura 1: Variación de la biomasa aérea (A), el peso seco de raíces (B) y el área foliar por planta (C) a lo largo del experimento: ● y ○ para *M. arborea* en riego y en sequía; ▼ y ▽ para *M. citrina* en riego y en sequía; ■ y □ para *M. strasseri* en riego y en sequía. Cada valor es el promedio de 6 replicas.

Bajo estrés hídrico, las reducciones de B son de 67%, 57% y 63% para *M. strasseri*, *M. arborea* y *M. citrina* respectivamente. Es importante señalar que *M. citrina* se caracteriza por un crecimiento inicial bastante bajo tanto en riego como en sequía. Otros resultados con el mismo experimento han mostrado que *M. citrina* tiene menor actividad fotosintética lo que explica, en gran parte, el crecimiento reducido de esta especie. Los resultados de este experimento han mostrado que *M. citrina* limita el crecimiento de la parte aérea pero favorece la acumulación de biomasa seca en raíces. Estas características, especialmente raíces más profundas (con plantas de dos años de edad) que *M. arborea*, favorecen posteriormente la adaptación de esta especie a ambientes pobres en recursos hídricos (Lefi *et al.*, 2004a).

En campo y con plantas de dos años de edad, los resultados del segundo experimento muestran que las bajas producciones de biomasa aérea son registradas en invierno tanto en riego como en sequía y las producciones más elevadas son registradas en primavera. Así, para *M. arborea* y *M. citrina*, B alcanza valores superiores a 2000 g planta⁻¹ en riego y alrededor de 400 g planta⁻¹ en sequía (Figura 2).

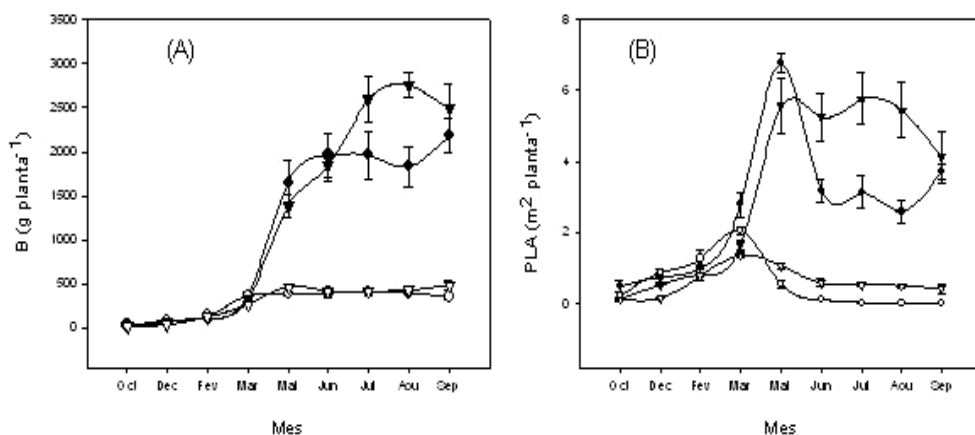


Figura 2: Variación de la biomasa aérea (A) y el área foliar por planta (B) a lo largo del experimento: ● y ○ para *M. arborea* en riego y en sequía; ▼ y ▽ para *M. citrina* en riego y en sequía. Cada valor es el promedio de 3 réplicas.

Los resultados en riego han mostrado que *M. citrina* mantiene mayor producción de biomasa aérea que *M. arborea*, especie que sufre una senescencia de hojas en verano (> 50%), coincidiendo con la floración y maduración de granos. Otros trabajos han mostrado que hay una fuerte correlación entre la senescencia de hojas y el desarrollo reproductivo (Pic *et al.*, 2002). En condiciones de sequía, PLA ha sido fuertemente reducida ($P < 0,001$): 0,6 m² planta⁻¹ para *M. citrina* y una senescencia generalizada para *M. arborea*. Según la respuesta de las dos especies en campo el déficit hídrico reduce seriamente el crecimiento de la parte aérea. Otros resultados con las mismas especies muestran

que *M. citrina* tiene la ventaja de extraer agua de zonas más profundas y lo utiliza gradualmente (Lefi *et al.*, 2004a), lo que posibilita el mantenimiento de una mayor biomasa foliar en condiciones de sequía prolongada (Lefi *et al.*, 2004b).

Los resultados del tercer experimento, con plantas de 3 años de edad en condiciones de riego, muestran una variación significativa en el dosel vegetal (diferentes niveles) entre *M. arborea* y *M. citrina* para la interceptación de la radiación solar y la tasa de fotosíntesis neta (Figura 3).

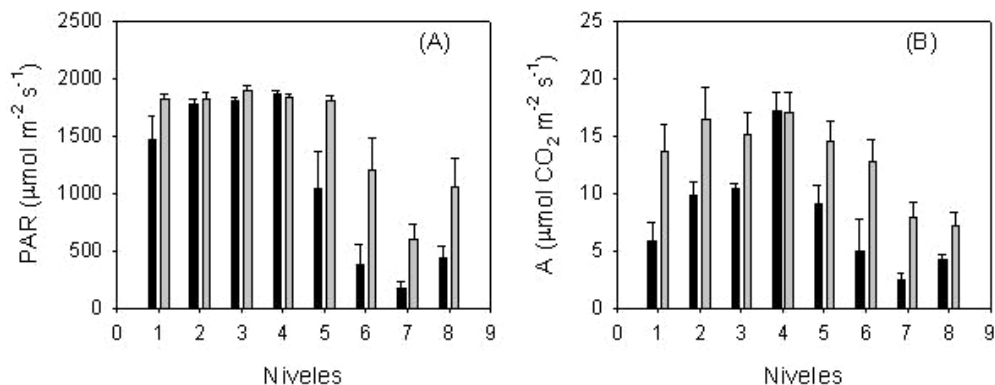


Figura 3. Variaciones en el dosel vegetal de la radiación fotosintéticamente activa (A) y la tasa de fotosíntesis neta (B) en plantas de *M. arborea* () y *M. citrina* (cuadro blanco). Cada punto representa la media \pm error estándar de seis réplicas. 1, 2 y 3 son los niveles de abajo hasta arriba de la posición Sureste; 5, 6 y 7 son los mismos niveles de la posición Noroeste; 4 y 8 son el nivel superior y la parte central de la planta respectivamente.

La radiación incidente fue significativamente superior en el Noroeste y el centro de las plantas de *M. citrina* que *M. arborea*. Estas condiciones incrementan la tasa de fotosíntesis neta casi en todos los niveles y posiciones para *M. citrina*. A estas ventajas se añade el mayor área foliar por planta (4,76 m² para *M. citrina* y 3,97 m² para *M. arborea*), lo que incrementa la fotosíntesis de toda la planta (Tabla 1).

Se observa que las diferencias de arquitectura entre las dos especies explican en gran parte las diferencias en la producción de biomasa aérea. Una arquitectura abierta para *M. citrina* favorece mayor interceptación de la radiación solar y fotosíntesis de toda la planta, en consecuencia, mayor área foliar y biomasa aérea y una senescencia de hojas muy restringida.

Tabla 1. Variación del área foliar por nivel y la tasa de fotosíntesis neta al mediodía por nivel de plantas de *M. arborea* y *M. citrina* y diferencias entre niveles de la tasa de fotosíntesis neta para las dos especies (\pm error estándar).

Nivel	<i>M. arborea</i>		<i>M. citrina</i>		Diferencias (%) *
	Area foliar (m ²)	A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$)	Area foliar (m ²)	A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$)	
1	0,28 \pm 0,06 abc	1,66 \pm 0,37 a	0,41 \pm 0,05 cd	5,49 \pm 0,76 bc	69,76
2	0,66 \pm 0,05 f	6,47 \pm 0,48 cd	0,59 \pm 0,07 ef	9,69 \pm 1,12 ef	33,23
3	0,84 \pm 0,06 gh	8,77 \pm 0,61 ef	0,85 \pm 0,05 gh	12,73 \pm 0,73 g	31,11
4	0,58 \pm 0,06 ef	9,97 \pm 1,13 f	0,92 \pm 0,05 h	15,75 \pm 0,92 h	36,70
5	0,85 \pm 0,05 gh	7,66 \pm 0,45 de	0,69 \pm 0,05 fg	10,05 \pm 0,74 f	23,78
6	0,37 \pm 0,05 bcd	1,81 \pm 0,24 a	0,64 \pm 0,04 ef	8,15 \pm 0,56 def	77,80
7	0,19 \pm 0,04 a	0,45 \pm 0,16 a	0,48 \pm 0,01 de	3,83 \pm 0,04 b	88,25
8	0,21 \pm 0,03 ab	0,88 \pm 0,12 a	0,18 \pm 0,06 a	1,27 \pm 0,40 a	30,71
Total	3,97 \pm 0,43	37,67 \pm 4,76	4,76 \pm 0,38	66,97 \pm 5,28	43,75

*Diferencias en porcentaje entre la fotosíntesis neta al mediodía de *M. arborea* y *M. citrina* por cada nivel.

CONCLUSIONES

La fase de establecimiento de las especies del grupo de *Medicago* arbustivo es muy sensible al déficit hídrico. *M. citrina* tiene un crecimiento inicial muy bajo pero acumula más biomasa seca en raíces, lo que permitiría posteriormente bien adaptarse a ambientes marginales. Una vez establecida, debido a su arquitectura abierta, raíces profundas y senescencia de hojas restringida (Lefi *et al.*, 2004b), *M. citrina* produce más biomasa aérea que *M. arborea* y persiste mejor en condiciones de sequía. En condiciones semiáridas esta especie tiene mayor interés agronómico como especie forrajera por su mantenimiento de biomasa foliar en primavera y verano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ferrés L. 1993. Un bioma i un clima a escala humana. En: *Biosfera 5. Mediterrànies*, Enciclopèdia Catalana, MAP UNESCO, Barcelona.

Fisher, R. A.; Turner, R. C. 1978. Plant productivity in the arid and semiarid zones. *Annual Review of Plant Physiology*, **29**, 897-912.

Lefi, E.; Cifre, J.; Medrano, H. 2004a. Water uptake dynamics, photosynthesis and water use efficiency in field-grown *Medicago arborea* and *Medicago citrina* under prolonged Mediterranean drought conditions. *Annals of Applied Biology*, **144**, 299-307

Lefi, E.; Gulías, J.; Cifre, J.; Ben Younes, M.; Medrano, H. 2004b. Drought effects on the dynamics of leaf production and senescence in field-grown *Medicago arborea* and *Medicago citrina*. *Annals of Applied Biology*, **144**, 169-176.

Ludlow, M. M. 1989. Strategies of response to water stress. En: *Structural and functional responses to environmental stresses*. 269-281. Eds. Richter, H.; Hinckley, T. M., SPB Academic publishing b, The Hague, the Netherlands.

Pic, E.; Teysseidier de la serve, B. Tardieu, F.; Turc, O. 2002. Leaf senescence induced by mild water deficit follows the same sequence of macroscopic, biochemical, and molecular events as monocarpic senescence in pea. *Plant Physiology*, **128**, 236-246.

Tsiouvaras, C. N. 1993. Potential of fodder trees and shrubs for marginal lands in greece. En: *Fodder trees and shrubs in the Mediterranean production systems: objectives and expected results of the EC research contact*. Report EUR 14459 EN. 35-43. Ed. Papanastasis, V. Brussels-Luxembourg