

# PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y PERSISTENCIA EN GRAMÍNEAS PERENNES PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES DE SEGUNDA GENERACIÓN EN ZONAS MARGINALES

BIOMASS PRODUCTION AND PERSISTENCE IN PERENNIAL CROPS TO PRODUCE SECOND GENERATION BIOFUELS IN MARGINAL LANDS

A. CARMONA, J. GULÍAS, A. ROMERO-MUNAR, E. BARAZA Y J. CIFRE

Grupo de Investigación en Biología de las Plantas en Condiciones Mediterráneas Universitat de les Illes Balears (UIB)

Carretera de Valldemossa, km. 7,5 07122 Palma de Mallorca. [pep.cifre@uib.es](mailto:pep.cifre@uib.es)

## RESUMEN

Actualmente existe un interés creciente en la búsqueda de especies vegetales para la producción de biocombustibles de segunda generación en tierras marginales. Por ello se realizó un ensayo de comparación de diferentes especies vegetales y poblaciones en el campo experimental de la Universitat de les Illes Balears (UIB). Las especies ensayadas fueron *Dactylis glomerata* (dactilo, dos poblaciones y una variedad comercial), *Festuca arundinacea* (festuca, una variedad comercial) y *Oryzopsis miliacea* (lastón, dos poblaciones). Se evaluaron el ciclo fenológico, la producción de biomasa en el primer ciclo de cultivo así como los principales parámetros de rebrote al inicio del segundo ciclo. Los resultados de producción de biomasa seca mostraron los mayores valores para dactilo Alcudia y lastón Toro ( $236,9 \pm 19,47 \text{ g/m}^2$  y  $236,1 \pm 19,47 \text{ g/m}^2$ , respectivamente). Cabe destacar también la baja producción observada en festuca Flecha. El número de tallos al final de la fase de ahijamiento mostró valores mayores para lastón que para el resto de especies, durante el primer ciclo de cultivo. Sin embargo, al inicio del segundo ciclo de cultivo se observó como en el lastón decreció considerablemente el número de tallos vivos. No se observaron diferencias en el porcentaje de plantas rebrotadas a inicio de segundo ciclo de cultivo.

**Palabras clave:** biomasa, energías renovables, dactilo, festuca, lastón.

## SUMMARY

During recent years the interest in new crops to produce biomass is increasing due to the fact that only a few species have been studied and these are poorly adapted to Mediterranean conditions. In consequence we performed an experiment to compare the suitability of different biomass species and populations at the experimental farm of the University of the Balearic Islands. The species chosen were *Dactylis glomerata* (cocksfoot, two populations and one commercial variety), *Festuca arundinacea* (tall fescue, one commercial variety) and *Oryzopsis miliacea* (smilo grass, two populations). We studied the phenological cycle, biomass production during the first year and the main parameters of second year regrowth. The main results concerning dry biomass production showed cocksfoot Alcudia and smilo grass Toro had the highest values ( $236.9 \pm 19.47 \text{ g/m}^2$  and  $236.1 \pm 19.47 \text{ g/m}^2$ , respectively). It is also important to note the low value determined for tall fescue Flecha. The number of tillers at the end of the tillering stage showed the highest values for smilo grass during the first year. However, at the beginning of the second year smilo grass showed an important decrease in the number of live tillers. No differences were found between species in the percentage of plants starting the second year of growth.

**Key words:** biomass, renewable energy, cocksfoot, tall fescue, smilo grass.

## INTRODUCCIÓN

Las fuentes de energía basadas en la explotación de los combustibles fósiles están en entredicho desde hace tiempo dado su carácter contaminante y su agotamiento (Simmons, 1982). Por ello de cada vez se dedican más recursos a la búsqueda y estudio de fuentes alternativas de energía menos contaminantes y más sostenibles, tanto a nivel público como privado (Cassedy y Grossman, 1998; Villarroel, 2012). La producción de biocombustibles a partir de cultivos se plantea en estos momentos como una de esas fuentes alternativas (González-Velasco, 2009). Además según algunos autores, estos combustibles permitirían una mayor eficiencia que la obtenida a partir de derivados del petróleo en motores de combustión interna (Lapuerta *et al.*, 2003).

Sin embargo, hasta ahora se han ensayado muy pocos cultivos, todos ellos de difícil adaptación a ambientes mediterráneos (Dondini *et al.*, 2009) o con bajas eficiencias (Grammelis *et al.*, 2008), lo que ha conducido a experimentar con nuevos cultivos más adaptados a esos ambientes e incluso con otros roles de carácter ecológico, como las especies pratenses perennes o algunas especies de vegetación natural (Downing *et al.*, 1995; Cosentino *et al.*, 2008). Recientemente además, la producción de bioenergía a partir

de cultivos se centra en la búsqueda de alternativas que no supongan competencia directa con la alimentación humana (biocombustibles de segunda generación), y que se desarrollen en tierras marginales, es decir, con escaso valor para la agricultura, bien desde un punto de vista productivo o económico (Fisher, 2010; Robledo y Correal, 2013).

Por todo ello, el objetivo del presente trabajo fue estudiar el potencial productivo de diferentes especies y poblaciones como cultivos bioenergéticos en condiciones mediterráneas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en el campo experimental de la UIB (Palma de Mallorca, 39° 38' N y 2° 38' E, 80 m s.n.m.). Las especies y variedades ensayadas fueron las siguientes: *Dactylis glomerata* (variedad Jana y poblaciones Alcudia y Manacor), *Festuca arundinacea* (variedad Flecha), *Oryzopsis miliacea* (poblaciones Alcudia y Toro).

Se establecieron 4 subparcelas por variedad o población (bloques), de 2 metros cuadrados cada una, con un marco de plantación de 25 x 25 cm entre plántulas. Estas plántulas habían sido obtenidas previamente germinando semillas de la población o variedad en placas de alveolos con sustrato de turba común y riego a voluntad, bajo inver-

nadero. El semillero se realizó a principios de diciembre de 2012 y el trasplante de plántulas a campo el 25 de febrero de 2013. Una vez las plantas en campo, se procedió a eliminar la vegetación invasiva durante todo el primer ciclo de cultivo hasta el corte de biomasa, con el fin de asegurar la implantación del cultivo. No se realizó ningún abonado, ni de fondo ni en cobertera, y se realizaron dos riegos de apoyo mínimos durante las primeras semanas para asegurar la viabilidad de las plantas.

Semanalmente se evaluó el estado fenológico de los cultivos de acuerdo a la escala BBCH (BBCH, 1998), para cada población y bloque por separado, tomando como valor el promedio observado en 5 plantas. Al final del primer ciclo de cultivo (1 de julio de 2013) se midió la biomasa aérea fresca y seca (determinación en estufa a 60 °C hasta peso constante) producida en 5 plantas por cultivo y bloque (tomadas de las filas centrales para evitar el efecto borde), y el resultado se expresó como producción de biomasa en gramos por metro cuadrado. En ese momento se midió también el número de hijuelos por planta, sobre 3 plantas por cultivo y bloque. Este parámetro se volvió a evaluar sobre las mismas plantas al inicio del segundo ciclo de cultivo (23 de septiembre de 2013). Finalmente, a partir de esa fecha, de modo quincenal y en 3 ocasiones consecutivas se eva-

luó el número de plantas rebrotadas sobre un total de 5 plantas por cultivo y bloque.

Todos los parámetros evaluados se analizaron mediante un análisis de la varianza. Se realizó un test de Duncan para estudiar la significación de las diferencias entre medias ( $p < 0,05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla I se presenta la biomasa aérea producida por cada especie y población en gramos por metro cuadrado. Como se puede observar, todas las poblaciones de dactilo tuvieron mayores biomásas producidas que festuca, tanto en materia fresca como seca. Este resultado ya fue obtenido por otros autores al comparar la biomasa de dactilo Jana y festuca Flecha en un experimento en maceta bajo diferentes regímenes hídricos (Gulías *et al.*, 2012). En dactilo, la población Alcudia mostró el mayor valor de biomasa tanto fresca como seca, aunque no significativamente de las otras dos, lo cual resulta destacable puesto que Jana es una variedad comercial de origen mediterráneo. El lastón Toro presentó mayor biomasa fresca que los dactilos, pero la diferencia no fue significativa en términos de biomasa seca, lo que implica un menor porcentaje de materia seca para esta población. El porcentaje de materia seca fue en general bajo para las dos poblaciones de lastón.

**Tabla 1 Producción total de biomasa aérea fresca y seca para cada especie y variedad (Palma de Mallorca, 2013).**

Especie	Variedad	Biomasa aérea fresca (g/m <sup>2</sup> )	Biomasa aérea seca (g/m <sup>2</sup> )
<i>Dactylis glomerata</i>	Alcudia	277,1 ± 31,71 <sup>b*</sup>	236,9 ± 19,47 <sup>c</sup>
	Jana	255,1 ± 31,71 <sup>b</sup>	189,1 ± 19,47 <sup>bc</sup>
	Manacor	257,3 ± 31,71 <sup>b</sup>	218,4 ± 19,47 <sup>c</sup>
<i>Festuca arundinacea</i>	Flecha	112,9 ± 31,71 <sup>a</sup>	69,3 ± 19,47 <sup>a</sup>
<i>Oryzopsis miliacea</i>	Alcudia	249,1 ± 31,71 <sup>b</sup>	151,7 ± 19,47 <sup>b</sup>
	Toro	417,8 ± 31,71 <sup>c</sup>	236,1 ± 19,47 <sup>c</sup>
<b>R<sup>2</sup> modelo</b>		0,72	0,75
<b>p factor</b>		0,00	0,00

\*Letras distintas dentro de columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

En la Tabla 2, se presenta el número de hijuelos desarrollados por planta medidos a final del primer ciclo de cultivo y al inicio del segundo ciclo de cultivo. Como se observa en dicha Tabla 2, al final del primer ciclo de cultivo, el lastón presentó los valores más elevados, destacando la población de Alcudia con 36 hijuelos por planta, contrariamente a lo observado en producción de biomasa. Entre las poblaciones de dactilo, la población Alcudia presentó los valores más elevados, seguida por Manacor y finalmente Jana. En este caso la población con mayor biomasa también presentó el mayor valor en número de hijuelos, y nuevamente la variedad comercial Jana presentó el valor menor. La festuca Flecha presentó también valores bajos en el número de hijuelos, como ya había mostrado para la biomasa aérea producida.

Cuando analizamos el número de

hijuelos a inicio de segundo ciclo de cultivo, vemos que todas las poblaciones han disminuido sus valores respecto a los observados a final del primer ciclo, salvo las dos variedades comerciales, dactilo Jana y festuca Flecha, que ven incrementado su número de hijuelos. Esto podría indicar cómo las variedades comerciales no están seleccionadas sólo por biomasa producida sino sobre todo por su perennialidad o capacidad de producción en años sucesivos. Los resultados de biomasa producida durante el segundo ciclo de cultivo serán interesantes para comprobar esta hipótesis. Finalmente, cabe destacar la gran caída en el número de hijuelos del lastón, especialmente para la población Toro, lo que podría indicar su bajo potencial de rebrote y su reducido carácter pascícola (Robledo y Correal, 2013). No hemos encontrado valores para este parámetro en la bibliografía para poder discutir estos resultados.

Tabla 2 Número de hijuelos por planta al final del primer ciclo de cultivo y a inicios del segundo ciclo para cada especie y variedad (Palma de Mallorca, 2013).

Especie	Variedad	Final primer ciclo** (n° hijuelos/planta)	Inicio segundo ciclo** (n° hijuelos/planta)
<i>Dactylis glomerata</i>	Alcudia	22,4 ± 1,74 <sup>c*</sup>	16,7 ± 2,07 <sup>b</sup>
	Jana	11,1 ± 1,74 <sup>a</sup>	25,1 ± 2,07 <sup>c</sup>
	Manacor	17,1 ± 1,74 <sup>b</sup>	15,0 ± 2,07 <sup>ab</sup>
<i>Festuca arundinacea</i>	Flecha	16,5 ± 1,74 <sup>b</sup>	19,6 ± 2,07 <sup>bc</sup>
<i>Oryzopsis miliacea</i>	Alcudia	35,9 ± 1,74 <sup>c</sup>	20,5 ± 2,07 <sup>bc</sup>
	Toro	30,7 ± 1,74 <sup>d</sup>	9,8 ± 2,07 <sup>a</sup>
<b>R<sup>2</sup> modelo</b>		0,69	0,32
<b>p factor</b>		0,00	0,00

\*Letras distintas dentro de columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

\*\* El final de primer ciclo tuvo lugar 125 días tras plantación y el inicio del segundo ciclo 210 días tras plantación

La Tabla 3 muestra el porcentaje de plantas rebrotadas a inicio de segundo ciclo a lo largo de tres medidas quincenales durante los meses de septiembre y octubre de 2013. Como se puede observar en dicha tabla, no se encontraron diferencias significativas en el número de plantas rebrotadas, ni entre especies ni entre poblaciones de una misma especie, estando todos los valores comprendidos entre 86% y 100% de plantas rebrotadas respecto a las plantas vivas al final del ciclo anterior. Todos los modelos Anova mostraron un coeficiente de determinación muy bajo, y en ninguna de las fechas el efecto principal resultó significativo ( $p > 0,05$ ). Cabe mencionar que estos resultados confirman la adecuada persistencia de las especies y poblaciones estudiadas, máxime si tenemos en cuenta que transcurrieron 73 días entre dos lluvias

consecutivas durante el verano de 2013.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se estudió la producción de biomasa y la persistencia de distintos cultivos herbáceos en condiciones mediterráneas, con el fin de poder ser utilizados como especies multifunción en sistemas agrosilvopastorales. Se observaron diferencias notables entre especies, tanto en la producción de biomasa como en su grado de ahijamiento. También se comprobó la gran variabilidad de resultados dentro de especie, así como la existencia de poblaciones con un comportamiento meritorio frente a las variedades comerciales ensayadas.

En futuros estudios se pretende ahondar en los parámetros de producción de biomasa en segundo y posteriores ciclos de

**Tabla 3** Número de plantas rebrotadas a inicio de segundo ciclo en las fechas indicadas para cada especie y variedad (Palma de Mallorca, 2013).

Especie	Variedad	23/09/2013	07/10/2013	21/10/2013
<i>Dactylis glomerata</i>	Alcudia	5,0 ± 0,34*	5,0 ± 0,28	5,0 ± 0,28
	Jana	4,3 ± 0,34	4,5 ± 0,28	4,5 ± 0,28
	Manacor	4,8 ± 0,34	5,0 ± 0,28	5,0 ± 0,28
<i>Festuca arundinacea</i>	Flecha	4,5 ± 0,34	4,5 ± 0,28	4,5 ± 0,28
<i>Oryzopsis miliacea</i>	Alcudia	4,8 ± 0,34	4,8 ± 0,28	4,8 ± 0,28
	Toro	4,5 ± 0,34	4,5 ± 0,28	4,5 ± 0,28
<b>R<sup>2</sup> modelo</b>		0,14	0,17	0,17
<b>p factor</b>		0,70	0,59	0,59

\*Número de plantas rebrotadas sobre un total de 5 plantas evaluadas

cultivo, así como en la medida de parámetros directamente relacionados con la calidad para la producción bioenergética, como el contenido en minerales, fibras, lignina etc. La comparación de estos cultivos con otros más cosmopolitas, pero en condiciones mediterráneas, será también de gran interés.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto europeo OPTIMA (FP7-289642) y por una beca de colaboración de la UIB.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BBCH (1998) *Compendio para la identificación de los estadios fenológicos de especies mono y dicotiledóneas cultivadas*. BASF Alemania.

CASSEDY E.S., GROSSMAN P.Z. (1998) *Introduction to energy. Resources, tech-*

*nology and society*. Second edition. Cambridge University Press..

COSENTINO S.L., COPANI V., PATANE C., MANTINEO M., D'AGOSTA G.M. (2008) Agronomic, energetic and environmental aspects of biomass energy crops suitable for italian environments. *Ital. J. Agron.*, 2, 81-95.

DONDINI M., HASTINGS A., SAIZ G., JONES M.B., SMITH P. (2009) The potential of *Miscanthus* to sequester carbón in soils: comparing field measurements in Carlow, Ireland to model predictions. *Bioenergy*, 1, 413-425.

DOWNING M., WALSH M., McLAUGHLIN S. (1995) Perennial grasses for energy and conservation: evaluating some ecological, agricultural and economic issues. Proceedings of the *Environmental Enhancement through Agriculture Conference*. Boston,

Massachusetts.

FISHER M. (2010) Fueling biomass plants without degrading the land. *CSA News*, 10, 4-9.

GONZÁLEZ-VELASCO J. (2009) *Energías renovables. Energía a partir de biomasa*. Editorial Reverté. Barcelona.

GRAMMELIS P., MALLIOPOULOU A., BASINAS P., DANALATOS N. G. (2008) Cultivation and characterization of *Cynara cardunculus* for solid biofuels production in the mediterranean region. *Int. J. Mol. Sci.*, 9, 1241-1258.

GULIAS J., SEDDAIU G., CIFRE J., SALIS M., LEDDA L. (2012) Leaf and plant water use efficiency in cocksfoot and tall fescue under different soil water availability. *Crop Sci.* 52, 1-11.

LAPUERTA M., HERNÁNDEZ J.J., BALLESTEROS R., DURAN A. (2003) Composition and size of diesel particulate emissions from a commercial European engine tested with present and future fuels. *Proc. Instn. Mech. Engrs.*, 217, 907-919.

ROBLEDO A., CORREAL E. (2013) *Cultivos energéticos de segunda generación para producción de biomasa lignocelulósica en tierras de cultivos marginales*. IMIDA. Murcia.

SIMMONS I.G. (1982) *Ecología de los recursos naturales*. Ediciones Omega. Barcelona.

VILLARROEL J.M. (2012) Proyecto micro-fuel. *Navarra Forestal*, 30, 30-32.

