

Con rendimientos superiores a 30 toneladas por hectárea, puede ser una alternativa para rotaciones en regadío

Ensayos con el cultivo de sorgo para la producción de biomasa en Extremadura

En la actualidad, en la Unión Europea, alrededor del 5% del consumo final de energía proviene de la bioenergía. Las proyecciones hechas por la Comisión Europea indican que el uso de la biomasa se puede doblar, y que contribuirá más o menos a la mitad del esfuerzo en renovables, necesario para lograr el objetivo del 20% propuesto para 2020. La mayor parte de esta contribución puede hacerse a través del uso sostenible de la biomasa local. En este artículo se recoge la información generada por los trabajos realizados en ensayos con el cultivo de sorgo para producción de biomasa en Extremadura.

J. González, L. Royano, J. Matías y J. Cabanillas.

Centro de Investigación Agraria Finca La Orden Valdealsequera. Junta de Extremadura. Guadajira (Badajoz).

La legislación actual de la UE en el ámbito de la agricultura y la silvicultura ya da ciertas garantías de gestión sostenible. Además, con la aprobación de la Directiva sobre energías renovables, han sido introducidos criterios de sostenibilidad en el uso de biocombustibles para el transporte. Con la intención de asegurar el uso eficiente de la biomasa, la Comisión también recomendó a los Estados miembros racionalizar sistemas de apoyo, dando prioridad a las instalaciones de calefacción y electricidad que logren la mayor eficiencia de conversión de energía.

La biomasa para producir biocombustibles puede proceder de biomasa residual de podas de frutales, olivos, etc., de limpieza de bosques, de la industria del aceite de oliva (huesillo), de industrias de transformados agrícolas, de residuos de cosechas (paja), y de cultivos energéticos (cynara, colza, *Arundo donax*, sorgo, etc.).

Características del cultivo

El sorgo fibra (*Sorghum bicolor* L. Moench.) es una especie C₄. Las plantas C₄ están adaptadas para un óptimo crecimiento bajo condiciones de temperatura (30-35°C) mayores que las plantas C₃, y con más altas tasas de intercambio de CO₂, lo que les permite ser más eficientes en el uso del agua, ya que no tienen que abrir tanto sus estomas para la entrada de CO₂, lo que reduce la transpiración. Las plantas con ruta fotosintética C₄ tienen un poten-

cial productivo máximo de 55 t ha⁻¹ de materia seca aérea en climas templados, mientras que en los cultivos C₃ su potencial máximo es de 33 t ha⁻¹ (Bassham, 1980). Los potenciales productivos podrían ser mucho más altos en climas más húmedos y con temperaturas más altas.

Existen ya técnicas agrarias adecuadas y en desarrollo, que persiguen mayores eficiencias en el uso del agua, tales como riego por goteo y riegos deficitarios.

El sorgo para producción de biomasa en el sur de Europa requiere la aportación de agua para una razonable productividad. Está bien adaptado al crecimiento en regiones áridas y semi-áridas. Entre las aplicaciones del sorgo en nuestras condiciones destacan su uso como forraje, fibra y materia prima para la obtención de biocombustibles.

En Texas A&M University's Agricultural Experiment Station están mejorando una variedad de sorgo tolerante a la sequía, que puede dar entre 37 y 50 t/ha de materia seca (El Basam, 2010). Por su parte, ensayos de sorgo dulce y sorgo fibra realizados en Extremadura han dado producciones de biomasa aérea de 30 t ha⁻¹ de materia seca (González y Pérez, 2001).

El sorgo fibra puede alcanzar una altura de 3,5-4 m. Su zona de cultivo es similar a la del maíz. Aunque el sorgo es de origen tropical, la planta está bien adaptada a regiones subtropicales y de clima templado, especialmente los híbridos de sorgo fibra, los cuales son capaces de crecer en los países del noroeste de Europa. La temperatura es el factor de crecimiento más crítico de todos los parámetros climáticos (GEIE Eurosorgho, 1996). El sorgo tiene una gran capacidad para movilizar las reservas naturales

de nitrógeno y otros minerales debido a su potente sistema radicular (GEIE Eurosorgho, 1996), es tolerante a la salinidad y puede crecer en un amplio rango de pH, entre 5 y más de 8, pero se deben evitar suelos inundables y suelos ácidos (El Bassam, 2010).

La fecha de siembra depende del clima de la zona, ya que el sorgo es sensible al frío. En Extremadura, el momento más adecuado para la siembra va desde finales de abril hasta junio. La densidad de siembra recomendada se encuentra entre 200.000 y 300.000 plantas por hectárea, con una separación entre filas de 40-50 cm (GEIE Eurosorgho, 1996).

Debido a la gran capacidad del sorgo fibra para movilizar el nitrógeno del suelo, la fertilización nitrógenada no necesita exceder de 80-100 kg ha⁻¹, y debería ser ajustada a la contribución del suelo y al rendimiento esperado. La fertilización recomendada es de 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 140 kg ha⁻¹ de K₂O (GEIE Eurosorgho, 1996).

Procesado y utilización

El sorgo fibra es una planta anual que tiene que ser cosechada en otoño. El mayor interés del sorgo fibra es para producción de bioenergía.

Para su empleo como biocombustible sólido en centrales de calefacción y /o electricidad, la biomasa aérea de sorgo tiene que ser secada a valores de humedad del 10-15% para su conservación. Para ello debe ser secada en campo antes de su empaquetado, y posterior transporte a la central de producción de calor y electricidad. Otra posibilidad de aprovechamiento energético de la biomasa del sorgo es la obtención de biogás, no necesitando proceso de secado. En el caso de sorgo dulce su biomasa se puede destinar a la obtención de bioetanol.

Ensayos de cultivo para biomasa en Extremadura

Los trabajos de investigación sobre el cultivo de sorgo dulce y sorgo fibra se iniciaron en 1994. Los rendimientos en biomasa aérea de las variedades ensayadas alcanzaron valores de 30 t ha⁻¹ (González, Gil y Pérez, 2001). En 2006, en Moraleja (Cáceres), se realizó un ensayo con sorgo fibra, variedad H-133, con una producción media superior a 30 t ha⁻¹. Ese mis-



Desarrollo del cultivo del sorgo en el momento de la recolección.



Recolección de biomasa de sorgo. Centro de Investigación La Orden Valdesequera.

El contenido en humedad objetivo

está en valores de 10-15%, que es adecuado para empacar la biomasa y su empleo en centrales de electricidad y/o calefacción. Este valor se alcanza en campo para la biomasa segada en julio a los ocho o diez días, y a los veinte días aproximadamente en la cosechada a finales de agosto.

CUADRO I.

Producción de biomasa de sorgo. Contenido en materia seca, rendimiento en materia verde (mv) y materia seca por hectárea. Cosecha finales julio.

Muestreo de sorgo en la finca La Orden 29/07/2010			
Variedades	% materia seca	kg/ha m.v	kg/ha m.s
Hay-day	21,89	150.285	32.891
Lattex	17,25	111.238	19.191
Monster	20,82	119.333	24.839
Honey	20,06	121.523	24.377
Nicol	20,93	107.238	22.445

CUADRO II.

Producción de biomasa de sorgo. Contenido en materia seca, rendimiento en materia verde (mv) y materia seca por hectárea. Cosecha finales agosto.

Muestreo de sorgo en la finca La Orden 31/08/2010			
Variedades	% materia seca	kg/ha m.v	kg/ha m.s
Hay-day	35,46	67.238	23.842
Lattex	34,17	92.190	31.499
Monster	25,70	128.095	32.914
Honey	28,21	138.476	39.063
Nicol	27,30	121.714	33.223

mo ensayo se repitió en el año 2009 en la finca La Orden en Guadajira (Badajoz), con resultados similares, utilizándose una instalación de riego por goteo para la aportación de agua al cultivo y una densidad de siembra mayor, con una separación entre filas de 35 cm y siembra a chorrillo, mientras que antes se estaba sembrando con una separación de 75 cm entre filas y una separación entre golpes de siembra de 9,5 cm, con sembradora neumática.

Teniendo en cuenta los altos rendimientos en biomasa aérea obtenidos y las posibilidades de incluir el sorgo fibra en las rotaciones de cultivo de los regadíos extremeños, se ha continuado con los trabajos de investigación en sorgo, especialmente analizando el comportamiento productivo de otras variedades de sorgo fibra y sorgo dulce, y haciendo pruebas de cosechado de la biomasa, secado en campo y empacado, en colaboración con una empresa del sector energético.

En el año 2010 se sembraron cinco variedades de sorgo fibra y sorgo dulce el 17 de mayo, en parcelas de 50 x 9 m², dos para cada variedad. La siembra se hizo con sembradora a chorrillo con cuatro botas, con una separación de 0,35 m entre filas. Una parcela de cada variedad se cosechó a finales de julio (29 de julio) y otra a finales de agosto (31 de agosto).

Los resultados de los ensayos aparecen en los cuadros I y II. La producción de biomasa obtenida a finales de julio alcanza un valor máximo de 32,8 toneladas de materia seca por hectárea de biomasa aérea de sorgo. En las parcelas cosechadas a finales de agosto, se alcanzó un rendimiento máximo de 39 toneladas de materia seca por hectárea de biomasa aérea.

Se hizo un seguimiento de la evolución del contenido en humedad de la biomasa cosechada. Se utilizó un segadora acondicionadora de rodillos para efectuar la recolección de las parcelas. La biomasa se quedó en el suelo, dándose un pase de hilerador para la biomasa segada en julio, con el objetivo de facilitar el secado de toda la biomasa. En el caso de la biomasa segada a finales de agosto, se dieron cuatro pases de hilerador. Para determinar la evolución del contenido en humedad, se tomaron muestras de biomasa a lo largo del proceso de secado en campo. El contenido en humedad objetivo está en valores de 10-15%, que es adecuado para empacar la biomasa y su empleo en centrales de electricidad y/o calefacción. Tal y

Las aplicaciones en estudio de su biomasa

van desde biocombustible sólido para centrales de calor y/o electricidad, hasta bioetanol como carburante, pasando por biogás para generación de calor y/o electricidad



Pacas prismáticas de sorgo para biomasa de 300 kg de peso aproximadamente.

Liderazgo mundial en compuestos cúpricos y metalaxil



HEALTHY CROPS

FIGURA 1

Rendimiento en materia verde de las variedades ensayadas. Año 2010.

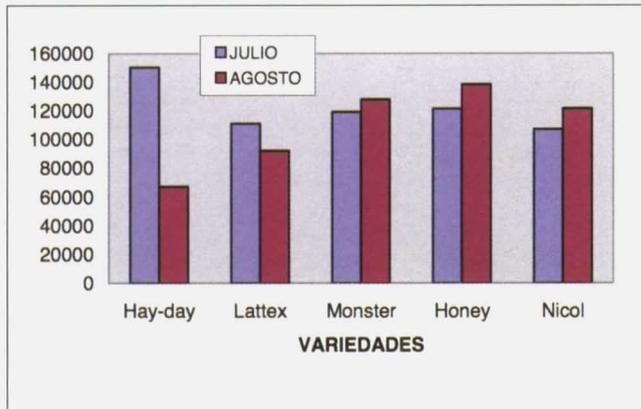
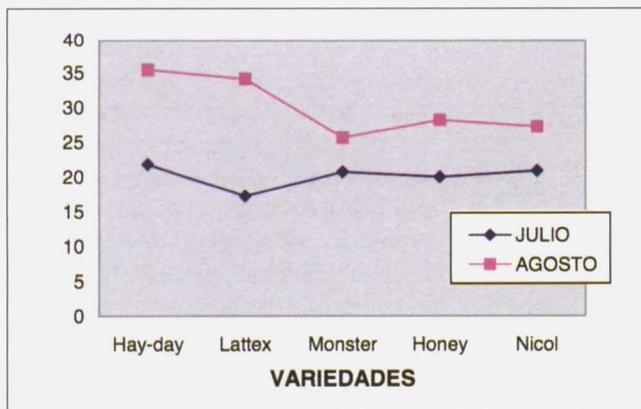


FIGURA 2

Porcentaje de materia seca de las variedades ensayadas en el momento del corte. Año 2010.



como puede observarse en los cuadros III y IV y en las figuras de la 1 a la 4, la biomasa de sorgo pierde humedad en campo hasta valores de conservación en pacas, que para la biomasa segada en julio se alcanza a los ocho o diez días, y a los veinte días aproximadamente en la cosechada a finales de agosto.

Conclusiones

La Directiva 2009/28/CE relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables establece una cuota de un 20%, como mínimo, de energía renovable en el consumo final bruto de energía en la UE para 2020, y de un 10% en todos los tipos de transporte. Los biocombustibles (sólidos, líquidos y biogás) deben ser una parte importante del conjunto de fuentes renovables para conseguir lo establecido por la UE.

Los cultivos de sorgo fibra y sorgo dulce pueden ser utilizados para la obtención de biocombustibles. En Europa se han realizado y se están haciendo esfuerzos de investigación con sorgo, para analizar el

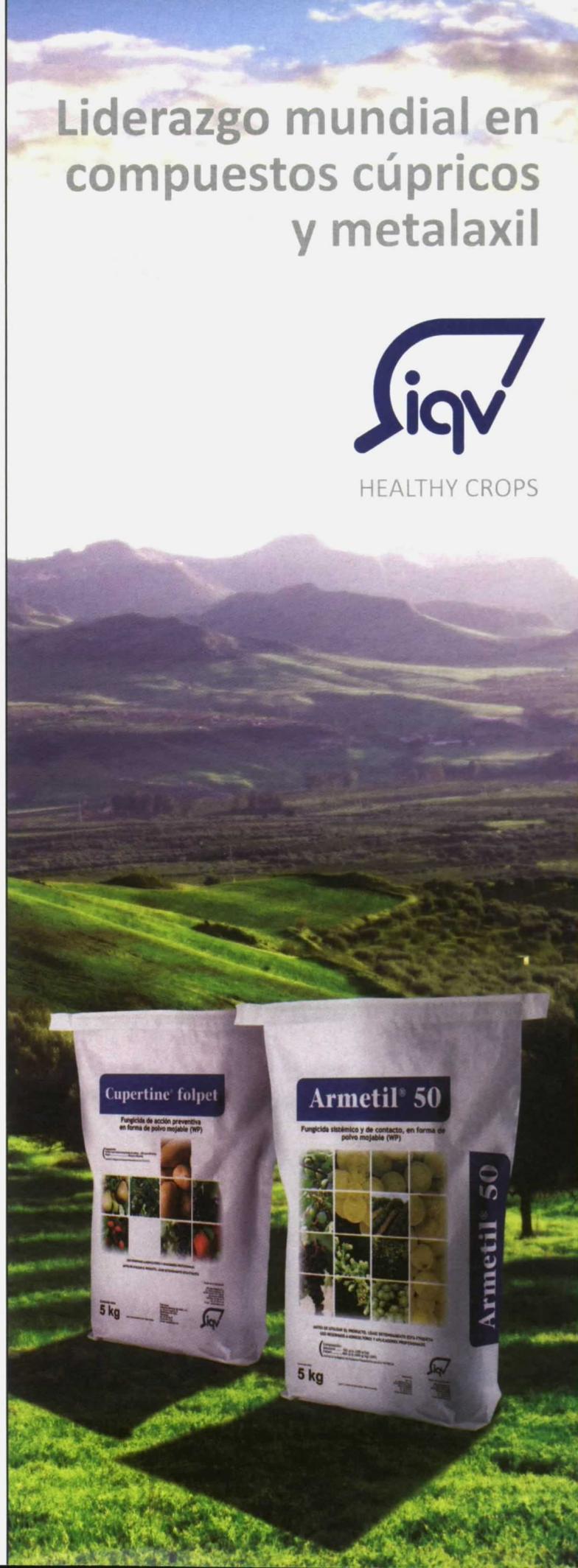


FIGURA 3

Representación gráfica de la evolución del contenido de humedad de la biomasa dejada en el suelo tras su siega. Recolección a finales de julio.

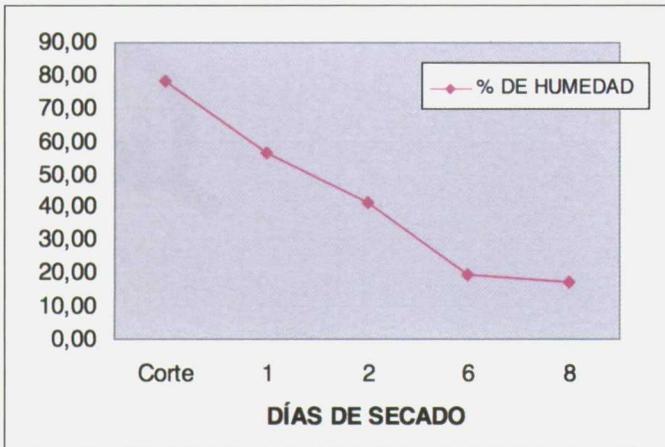


FIGURA 4

Representación gráfica de la evolución del contenido en humedad de la biomasa dejada en el suelo tras su siega. Recolección a finales de agosto.



CUADRO III.

Evolución del contenido en humedad de la biomasa dejada en el suelo tras su siega. Recolección finales de julio.

Día	Porcentaje de humedad
Corte	78,30
1	56,37
2	41,25
6	19,66
8	17,19

CUADRO IV.

Evolución del contenido en humedad de la biomasa dejada en el suelo tras su siega. Recolección finales de agosto.

Día	Porcentaje de humedad
Corte	74,30
6	31,60
10	15,32
21	13,58
23	13,96

aprovechamiento energético sostenible de su biomasa. Su elevado rendimiento en biomasa aérea en el sur de Europa y sus reducidos requerimientos, especialmente en fertilización nitrogenada, permiten considerarlo un cultivo

energético. Las aplicaciones en estudio de su biomasa van desde biocombustible sólido para centrales de calor y/o electricidad, bioetanol como carburante de transporte, hasta biogás para generación de calor y/o electricidad.

En el Centro de Investigación Agraria Finca La Orden Valdesequera de Extremadura se trabaja con el cultivo de sorgo, colaborando con empresas del sector energético para analizar la cadena completa de producción: cultivo, recolección de la biomasa, logística de aprovisionamiento a la central de energía, caracterización de biocombustible en laboratorio y planta piloto y su aprovechamiento energético. Se trata de disponer de un cultivo anual, que puede formar parte de las rotaciones de cultivo en los regadíos. Su cultivo y transformación en energía puede aportar empleo y riqueza en zonas rurales. ●



Se utilizó una segadora acondicionadora de rodillos para efectuar la recolección de las parcelas. La biomasa se quedó en el suelo, dándose un pase de hilerador para la biomasa segada en julio.

Bibliografía

- Bassham, J.A. (1980) 'Energy crops (energy farming)', in A. G. San Pietro (ed) Biochemical and Photosynthetic Aspects of Energy Production, Academic Press, New York, pp 47-73
- Curt, M. D., Fernandez, J. and Martinez, M. (1996) 'Effect of nitrogen fertilization on biomass production and macronutrients extraction of sweet sorghum cv keller', presented at the 9th EU Conference on Biomass for Energy, Agriculture and Environment, Copenhagen, 24-27 June
- El Bassam, N. (1996) Renewable Energy: Potential Energy Crops for Europe and the Mediterranean Region, REU Technical Series 46, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- El Bassam, N. (2010) Handbook of bioenergy crops. A complete reference to species, development and applications. Earthscan Ltd, Dunstan House, 14a St Cross Street, London EC1N 8XA, UK
- GEIE Eurosorgho (1996) New hybrid plant (Fiber Sorghum) as a component in mixtures of pulps standardly used in the paper industry, Periodic Progress Report 1995/96, FAIR I-CT92-0071
- González Cortés, J., Gil Soto, J.L. y Pérez Gragera, F. (2001) Productivity of sweet sorghum and fiber sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench) in the Southwest of Spain. First world conference and exhibition on biomass for energy and industry, 1718-1721. James&James (Science Publishers Ltd.) Londres
- González Cortés, J. y Pérez Gragera, F. (2001) Ensayos de cultivos energéticos en Extremadura. Jornadas técnicas "Energías renovables: la agricultura productora de biocombustibles", 29-40. Consejería de Agricultura y Medio Ambiente. Junta de Extremadura. Badajoz