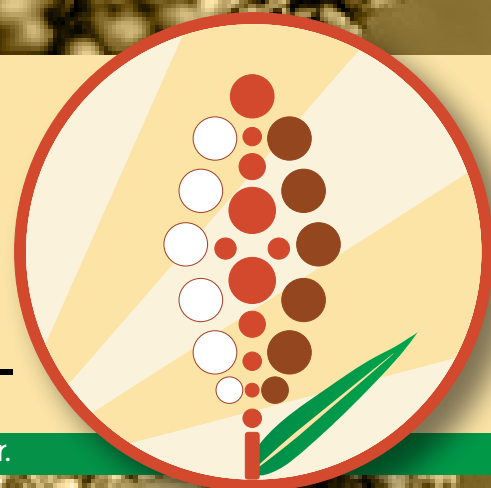


IV SIMPOSIO NACIONAL II CONFERENCIA INTERNACIONAL DE SORGO

La alternativa rentable, segura, y sustentable para el productor.



MANEJO DEL CULTIVO, FERTILIDAD Y USOS

APROVECHAMIENTO INTEGRAL DEL SORGO COMO CULTIVO ENERGÉTICO

Negri ME; Butti M; Alegre M.

EEA INTA Pergamino, Ruta 32 km 4,5 Pergamino, Bs. As.

negri.maria@inta.gob.ar; butti.mariano@inta.gob.ar; alegr.mariana@inta.gob.ar

INCREASED USE OF SORGHUM AS AN ENERGY CULTURE

ABSTRACT

The production of alternative energy from renewable resources is essential for both economic and environmental reasons. In recent years, the development of improved bioenergy crops has been promoted, trying to obtain the highest economic and energy profitability. In this sense, sorghum (*Sorghum bicolor* L.) is presented as an ideal candidate, as it provides uniform quality with high levels of biomass production. In this work, two commercial cultivars of photosensitive BMR and photosensitive non-BMR sorghum were used. The biomass was separated into its components, analyzed and subjected to different energy transformations in controlled tests on a laboratory scale. The biomass production in green matter was 96.94 and 132.27 tn / ha for BMR + and BMR-, the latter being 36.44% higher. The yields obtained for bioethanol were 1383 and 1407 L / ha; for biogas were 3542.16 and 4571.92 m³ / ha and for energy potential was 337.20 and 486.13 GJ / ha, for BMR + and BMR-, respectively. The maximum potential global energy obtained for BMR + was 428.37 GJ / ha and for BMR- 39% higher with 595.70 GJ / ha. The results of this work attempt to contribute to the development of photosensitive sorghum as an energy crop in the region and the country.

Palabras claves

Sorgo, bioenergía, biogás, bioetanol

Key words

Sorghum, bioenergy, biogás, bioethanol

INTRODUCCIÓN

El alto crecimiento económico, el aumento de la población y la industrialización han hecho insostenible el consumo de energía a partir de las fuentes tradicionales. La producción de energía alternativa a partir de recursos renovables resulta esencial para cumplir con los requisitos de las futuras generaciones. Numerosos países han establecido objetivos ambiciosos para aumentar la producción de biocombustibles no sólo por razones económicas sino también ambientales. En este sentido, nuestro país forma parte del Acuerdo de París. Este acuerdo establece el compromiso de los países miembros de acelerar e intensificar las acciones e inversiones destinadas a construir un futuro sostenible con bajas emisiones de carbono.

En los últimos años se ha impulsado el desarrollo de cultivos bioenergéticos mejorados como parte de un esfuerzo para aumentar la productividad de la agricultura con el fin de proporcionar no sólo alimentos, piensos y fibra, sino también bioproductos y bioenergía. Los cultivos energéticos contribuyen al desarrollo económico y en algunos países han reducido su dependencia del petróleo, motivado la inversión extranjera, aumentado el ingreso de divisas, y ayudado a solucionar problemas agrarios como el desempleo; a disminuir la emigración rural y el abandono de las tierras, a diversificar la agricultura, y además lograron ser rentables sin la necesidad de subsidios. (Nava García et al., 2014).

Respecto a este tipo de cultivos, se espera que los mismos puedan adecuarse fácilmente a las características del suelo y a las condiciones del lugar, intentando obtener la mayor rentabilidad económica y energética. Así, interesa conseguir un alto rendimiento en la

transformación energética y una alta producción de biomasa por hectárea. Los avances en el desarrollo de cultivos energéticos deben ir acompañados por el diseño de sistemas de producción de biocombustibles que resulten adecuados a las realidades de cada lugar, de manera que estas transformaciones resulten sostenibles y puedan generar impactos significativos tanto en el reemplazo de las fuentes tradicionales de energía, como en la disminución de emisiones.

El sorgo (*Sorghum bicolor* L.) está considerado entre los cultivos energéticos con una tendencia importante en utilización para biocombustibles por su alta tasa de fotosíntesis y gran diversidad genética. Presenta resistencia a la sequía, adaptación a múltiples climas y diferentes tipos de suelos. Este cultivo puede proporcionar una calidad uniforme, con altos niveles de producción de biomasa, con bajo contenido de lignina y buena digestibilidad de las fibras. Se han introducido nuevos cultivares de sorgo para mejorar su utilidad como materia prima de biomasa. Por ejemplo, el rasgo marrón de la nervadura central (bmr) ahora disponible en varios cultivares de sorgo forrajero da como resultado un contenido reducido de lignina en la pared.

En el presente trabajo se realizó un análisis de utilización integral del sorgo como cultivo energético. Se realizó un ensayo de producción controlado utilizando dos cultivares comerciales de sorgo fotosensitivo BMR y fotosensitivo no BMR. La biomasa producida fue sometida a diferentes transformaciones energéticas en ensayos controlados a escala de laboratorio con el fin de obtener índices de rendimiento que permitieran comparar las posibilidades de uso de estos materiales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo y la obtención de materiales de sorgo se llevó a cabo en la Estación Experimental de INTA Pergamino. Se sembraron dos cultivares comerciales: Fotosensitivo BMR (BMR+) y Fotosensitivo no BMR (BMR-) en tres bloques con tres repeticiones. La siembra se realizó con una densidad de 20kg/ha en 6 surcos por parcela a 52 cm entre sí, siendo el largo de cada parcela de 5 m. Se realizó barbecho químico con 2,2 Kg atrazina + 1,5 L glifosato y se fertilizó con mezcla 7N-40P-0K-5S. Antes de la siembra se fumigó con 2,2 Kg atrazina + 1,3 L Dual Gold + 2 L glifosato + 100 cc cipermetrina.

Para estudiar la composición de la biomasa de sorgo, de cada parcela se eligieron al azar dos surcos y se tomaron 12 plantas correspondientes a un metro lineal de cada uno de ellos. Las muestras fueron recolectadas al azar, a mano cortando con machete en la base de los tallos. Las muestras fueron acondicionadas como Planta Entera (PE), y separadas en sus componentes: Hoja (H), Panoja (P), y Tallo (T). Posteriormente, el tallo fue separado en Jugo (J) y Bagazo (B) mediante la utilización de prensa neumática. Para calcular el rendimiento de la biomasa de cada parcela, se utilizó la cosechadora experimental, la cual trilla y pesa el material recolectado de una superficie de 7,8 m². A partir de estos resultados y teniendo en cuenta la composición de la biomasa se determinaron los rendimientos por hectárea de cada uno de los componentes de la planta.

Las muestras PE, H, P y B se secaron en cámara a 60°C hasta peso constante para su conservación y para determinar el rendimiento de cada componente en materia seca (MS). Las muestras J fueron caracterizadas en

cuanto a su densidad relativa, contenido de azúcares solubles por refractometría (°Bx) y la cantidad de azúcares fermentables fue calculada utilizando la ecuación de correlación entre °Bx y Azúcares Fermentables (AF) de jugos de sorgo descripta por Butti, 2013.

Se realizó una caracterización energética del B como combustible sólido. A tal fin se secaron las muestras en estufa, luego se molieron y se analizó: materia seca (MS) por gravimetría a 105 °C; contenido de cenizas por calcinación a 550°C; poder calorífico superior (PCS) utilizando bomba calorimétrica adiabática; el PCI fue estimado en base al PCS (Woods, 2000). Se realizaron ensayos de fermentación alcohólica de J para determinar rendimientos de etanol de primera generación (1G) obteniéndose como producto de este proceso etanol (E) y vinazas (V).

Considerando que la vinaza es un residuo con alta carga orgánica que debe ser tratado, se realizó una co-digestión anaeróbica de este producto junto a H y P para optimizar el proceso. Se diseñó un experimento en el cual se ensayaron por triplicado la mezcla HPV para cada híbrido y cada componente por separado (H, P y V). La mezcla HPV se obtuvo teniendo en cuenta los rendimientos por hectárea, la composición de la biomasa de sorgo y el balance de masas del proceso de fermentación alcohólica. Se realizó un ensayo en reactores discontinuos tomando como referencia el protocolo de Angelidaki et al., 2009 con algunas modificaciones. El inóculo empleado se extrajo de un reactor anaeróbico operativo, fue aclimatado y estabilizado previamente para las condiciones del ensayo.

RESULTADOS

El rendimiento promedio en materia verde de BRM+ fue de 96,94 tn/ha, mientras que para BRM- fue de 132,27 tn/ha. En cuanto a los rendimientos en base seca los mismos fueron de 24,01 tn/ha para BRM+ y 36,04 tn/ha para BRM-.

La composición relativa de la biomasa de sorgo húmeda para BRM+ fue: 76,97 % de T, 20,01 % de H y 3,02 % de P; mientras que para BRM- fue: 80,38 % de T, 15,73 % de H, y 3,88 % de P (Figura 1).

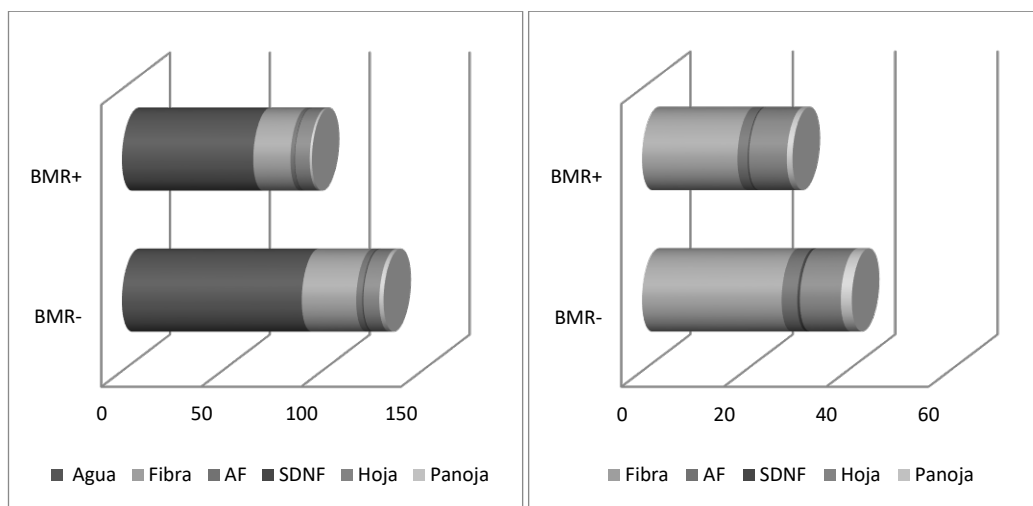


Figura 1. Rendimiento promedio de biomasa de sorgo en MV (A) y MS (B). *AF: Azúcares Fermentables; SDFN: Sólidos Disueltos No Fermentables.

El porcentaje de extracción de jugo para BRM+ fue de 24,51% y de 26,96% para BRM-. Mientras que el rendimiento por unidad de superficie fue de 18,33 tn/ha para BRM+ y 28,59 tn/ha para BRM-. En cuanto al rendimiento de materia verde de B, el mismo fue de 54,55 tn/ha para BRM+ y 76,12 tn/ha para BRM-; siendo el rendimiento en materia seca de 18,63 tn/ha para BRM+ y 26,74 tn/ha para BRM-. Respecto al análisis calorimétrico, se obtuvieron valores de PCI de 18,10 y 18,18 GJ/tn en base seca para BRM+ y BRM- lo cual corresponde a un potencial de energía de 337,20 y 486,13 GJ/ha, respectivamente.

Los valores de °Bx de los jugos azucarados fueron de 12,47 y 11,73% para BRM+ y BRM-. En cuanto a la densidad relativa la misma fue de 1,007 y 1,017 g/mL para BRM+ y BRM-. El contenido de AF para BRM+ fue de 11,31% y para BRM- 11,80%. En el análisis de fermentabilidad se

obtuvieron 64,28 y 60,02 mL etanol por litro de jugo azucarado para BRM+ y BRM- correspondiéndose con rendimientos de 1383 L/ha y 1407 L/ha, respectivamente; con una eficiencia promedio obtenida de 87,78%.

Los resultados de biogás fueron de 92,94 y 89,91 m³/tn para las mezclas HPV BRM+ y BRM-. Los rendimientos por hectárea obtenidos fueron de 3542,16 m³/ha para BRM+ y 4571,92 m³/ha para BRM-. Estos resultados fueron constatados mediante cálculos realizados en base a los rendimientos individuales de cada componente considerando el balance de masa de la mezcla.

En la figura 2 se puede observar la energía potencial máxima generada por cada transformación en energía para cada híbrido. Para bioetanol la energía generada fue de 29,67 y 30,18 GJ/ha para BRM+ y BRM-. En tanto para la transformación de biogás a partir de la mezcla HPV se produjo 61,5

y 79,39 GJ/ha para BMR+ y BMR-. Para el bagazo el potencial de energía obtenido fue de 337,2 y 486,13 GJ/ha para BMR+ y BMR-.

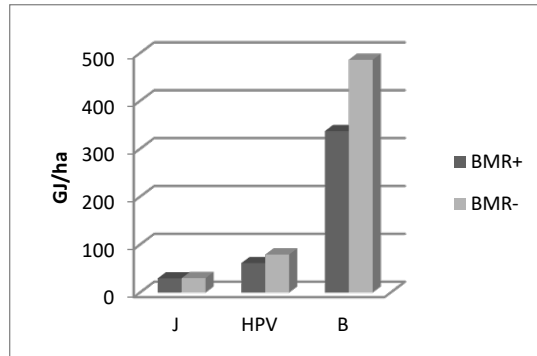


Figura 2. Energía potencial máxima obtenida a partir de BMR+ y BMR-. *J: Jugo; HPV: mezcla Hoja, Panoja, Vinaza; B: bagazo.

CONCLUSIONES

Los ensayos realizados en este trabajo permitieron caracterizar de manera completa la biomasa de dos híbridos de sorgo fotosensitivos para su utilización como fuente de energía. En este caso, se analizó la obtención de etanol a partir del jugo azucarado, biogás a partir del uso de hojas, panojas y vinazas y bagazo como combustible sólido.

Respecto a la caracterización de la biomasa, si bien no se observan diferencias significativas en cuanto a la composición, si existen diferencias en los rendimientos de cada híbrido, siendo el BMR- un 36,44% mayor en MV y un 50% mayor en MS. Esta diferencia en los rendimientos a campo se ve reflejada en los rendimientos de biogás como de energía a partir de bagazo, no así en la producción de bioetanol, dado que el BMR+ contiene mayor cantidad de azúcares fermentables que se transforman en etanol.

La energía global potencial máxima obtenida fue de 428,37 y 595,70 GJ/ha para BMR+ y BMR- superando al BMR+ en un 39%. Siendo la contribución relativa de la energía; J: 6,93%; HPV: 14,36%; B: 78,72 para BMR+ y J: 5,07%; HPV: 13,33% y B: 81,61%. Al ser esta biomasa de características lignocelulósicas es de esperar que el bagazo sea el componente que mayor energía produce. Si bien otro destino posible para el bagazo es su utilización en la producción de etanol de segunda generación, esta tecnología no se encuentra madura en nuestro país. Este trabajo intenta contribuir al desarrollo del sorgo fotosensitivo como cultivo energético reafirmando su gran potencial bioenergético.

CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angelidaki, I.; Alves, M.; Bolzonella, D.; Borzacconi, L.; Campos, J.L.; Guwy, A.J.; Kalyuzhnyi, S.; Jenicek, P.; van Lier, J.B. 2009. Defining the biomethane potential (BMP) of solid organic wastes and energy crops: a proposed protocol for batch assays. *Water Science and Technology*, vol 59, no. 5, p. 927-934.
- Butti, Mariano 2013. Producción de bioenergía utilizando sorgo dulce como cultivo energético: estudio sobre cultivares de la provincia de Córdoba. Tesis Magister Universidad Nacional de Salta.
- Nava García, F.J. y Doldán, X.R., 2014. Cultivos energéticos. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. Vol. 11, N°1, 25-34.
- Woods, J. 2000. Integrating sweet sorghum and sugarcane for bioenergy: modeling the potential for electricity and ethanol production in SE Zimbabwe. London: King's college. 266 p. Nota: Ph.D. Thesis.

APOYO FINANCIERO

VT42-UNNOBA 12320-Sorgo para biocombustibles.

PI149. Bioenergía, biocombustibles y bioinsumos generados en origen como aporte a la bioeconomía y al desarrollo territorial.