

Proizvodnja energije iz sječke *Sida hermaphrodite* kao čvrstog biogoriva

Ana Matin¹, Nikola Bilandžija¹, Neven Voća¹, Josip Leto¹, Sandra Bischof²

¹Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, (e-mail: amatin@agr.hr)

²Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno – tehnološki fakultet, Prilaz baruna Filipovića 28a, 10000 Zagreb, Hrvatska

Sažetak

U radu su prikazana energetska svojstva sječke *Sida hermaphrodite* kako bi se utvrdila mogućnost korištenja iste kao čvrstog biogoriva. Dobiveni rezultati sadržaja ugljika i vodika kao osnovnih i najvažnijih elemenata svih vrsta goriva ukazuju na visoku kakvoću istraživane biomase. Lignocelulozni sastav upućuje na mogućnost korištenja kao čvrstog biogoriva. Sve navedeno je potvrđeno i visokom gornjom 18,07 MJ kg⁻¹ te donjom 16,75 MJ kg⁻¹ ogrjevnom vrijednosti.

Ključne riječi: *Sida hermaphrodita*, sječka, energetske vrijednosti

Uvod

Poljoprivreda je jedna od važnijih gospodarskih grana u Europskoj uniji i Hrvatskoj a dobro gospodarenje poljoprivredom, a time i poljoprivrednom biomasom od strateške je važnosti (Krička i sur., 2017a). Iako je poljoprivreda veliki potrošač energije, korištenjem ostataka proizvodnje može biti i veliki proizvođač s obzirom na to da svake godine ostanu velike količine neiskorištene biomase koja bi se mogla upotrijebiti u energetske svrhe. Postoje velike mogućnosti iskorištenja poljoprivredne biomase, kao što su proizvodnja humusa (zaoravanjem), stajnjaka, hrane za životinje, transportnih goriva te toplinske i/ili električne energije (Brkić, 2007). Poljoprivredna lignocelulozna biomasa ima znatan energetski potencijal jer predstavlja ostatke primarne poljoprivredne proizvodnje, odnosno nusproizvode nakon dorade/prerade poljoprivrednih sirovina u prehrambenoj industriji (Krička i sur., 2017b). Kao važan izvor lignocelulozne biomase koriste se i energetske kulture, a cilj njihovog uzgoja je proizvodnja, što je moguće veće, količine biomase po jedinici površine s ciljem njene pretvorbe u energiju. Energetske kulture mogu biti jednogodišnje ili višegodišnje. Energetske kulture karakterizira mogućnost konverzije u različite tipove i oblike biogoriva (kruta, plinovita, tekuća). Najčešće korištena kruta goriva su sječka, peleti i briketi, tekuća su biodizel i bioetanol, a plinovito je boplin.

Jedna od višegodišnjih energetskih kultura je *Sida hermaphrodita* koja je biljna vrsta iz porodice *Malvaceae* (sljezovi) (Krička i sur., 2017b). To je vrsta koja omogućava proizvodnju biomase u sustavima bez obrade tla, čuvajući tako strukturu tla pa je značajna za uzgoj na marginalnim tlima (Beare i sur., 1994). *Sida hermaphrodita* postaje prodorna u drugoj godini uzgoja jer pohranjuje fotosintezom stvorene hranjive tvari u gustu mrežu podzemnih stabljika (rizoma) i time uspješno suzbija korove (Borkowska i Molas, 2012). Naraste do isine od 1-4,5 metra (obično do oko 3), a prinosi iznose do 25 t ha⁻¹ (Denisiuk, 2006). Dugotrajnost nasada, jednostavnost uzgoja i velike sposobnosti prilagodbe na različite klimatske uvjete i uvjete tla ukazuju na velike potencijalne mogućnosti korištenja ove vrste (Borkowska i Styk 2006).

Iz svega navedenog cilj ovog rada istražiti proizvodnju energije iz sječke *Sida hermaphrodite* kao čvrstog biogoriva preko analiza gorivih i negorivih svojstva, ogrjevne vrijednost i lignoceluloznog sastava.

Materijal i metode

Istraživanja su provedena na sječki energetske kulture *Sida hermaphrodita* uzgojene na području grada Zagreba. Žetva je obavljena u veljači 2019. godine. Istraživanje je provedeno u Laboratoriju Zavoda za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport, Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta.

Istraživana su negoriva i goriva svojstva, lignocelulozni sastav te ogrjevna vrijednost. Analiziran je sadržaj vode

(HRN EN 18134-2:2015) u laboratorijskoj sušnici, pepela (HRN EN ISO 18122:2015) i koksa (CEN/TS 15148:2009) u mufolnoj pećnici, fiksnog ugljika i hlapljive tvari (EN 15148:2009) računski. Gornja ogrjevna vrijednost (HRN EN 14918:2010) određena je u adijabatskom kalorimetru (IKA, Njemačka), dok se donja ogrjevna vrijednost dobila računski. Sadržaj dušika (HRN EN ISO 16948:2015), ugljika i vodika (HRN EN ISO 16948:2015) te sumpora (HRN EN ISO 16994:2015) određen je CHNS analizatorom, dok se kisik izračunao računski kao ostatak C, H, N, S elemenata. Određivanje udjela celuloze, hemiceluloze i lignina provedeno je modificiranom standardnom metodom ISO 5351-1:2002 u laboratoriju.

Rezultati i rasprava

Biomasa, kao kruto gorivo, sastoji se od gorivih i negorivih svojstava. Rezultati istraživanja negorivih svojstva prikazani su u tablici 1, dok su u tablici 2 prikazana goriva svojstva sječke *Side hermaphrodite*.

Tablica 1. Rezultati negorivih svojstava

Istraživani parametri	Sida hermaphrodita
Vlaga (%)	8,03
Pepeo (%)	2,68
Fiksirani ugljik (%)	5,45
Koks (%)	8,13
Dušik (%)	0,58

Temeljem dobivenih vrijednosti negorivih svojstava sječke *Side hermaphrodite* sadržaj pepela koji određuje dobru ili lošu kvalitetu goriva i čim je manji gorivo je kvalitetnije bio je 2,68%, što je u suglasju s količinom pepela od 2,56% koju navode Stolarki i sur. (2014). Sadržaj koksa i fiksnog ugljika u biomasi smatra se pozitivnim svojstvima biomase jer predstavljaju količinu energije izgaranjem određene količine biomase (Garcia i sur., 2012; Jurišić i sur., 2017). Sadržaj koksa kod *Side hermaphrodite* iznosio je 8,13%, dok je sadržaj fiksnog ugljika iznosio je 5,45% što je u suglasju sa vrijednosti od 5,09% dobivenoj u istraživanju Krička i sur. (2017a). Sadržaj dušika bio je 0,58% dok Šiaudinis i sur. (2015) utvrđuju sadržaj dušika od 0,75%.

Tablica 2. Rezultati gorivih svojstava

Istraživani parametri	Sida hermaphrodita
Ugljik (%)	48,97
Vodik (%)	6,03
Sumpor (%)	0,21
Kisik (%)	44,21
Hlapiva tvar (%)	83,84

Ugljik je osnovni i najvažniji element svih vrsta goriva i određuje njegovu kvalitetu te što ga je više gorivo je kvalitetnije. Vodik uz ugljik čini osnovni sastav svakog goriva i povećani udio vodika poboljšava kvalitetu goriva (Vassilev i sur., 2010). Sadržaj ugljika bio je 48,97%, a vodika 6,03% što su neznatno više vrijednosti od dobivenih iz literature. Naime, Howaniec i Smolinski (2011) navode sadržaj ugljika 47,18% i vodika 5,68%.

Sumpor utječe na povećanje stakleničkih plinova te se uz dušik smatra kritičnim elementom u biomasi u smislu emisije stakleničkih plinova. Šiaudinis i sur. (2015) utvrđuju sadržaj sumpora 0,17%, dok je u ovome istraživanju sadržaj sumpora bio viši i iznosio je 0,21%. Sadržaj kisika bio je 44,21%, dok su prema navodima literature Howaniec i Smolinski (2011) i Šiaudinis i sur. (2015) i dobili vrijednosti od 35,73% do 41,94%, što su nešto niže vrijednosti. Sadržaj hlapive tvari bio je 83,84% što je u skladu sa navodima Krička i sur. (2017a).

U tablici 3 prikazani su rezultati lignoceluloznog sastava, a u tablici 4 rezultati ogrjevne vrijednosti sječke *Side hermaphrodite*.

Tablica 3. Rezultati lignoceluloznog sastava

Istraživani parametri	<i>Sida hermaphrodita</i>
Celuloza (%)	39,91
Hemiceluloza (%)	26,84
Lignin (%)	28,08

Kako bi se definiralo za koju vrstu goriva je najbolje koristiti određenu energetska kulturu mora se definirati čvrstoća, biorazgradljivost te zapaljivost biomase što se definira pomoću lignoceluloze (Olesen i Plackett, 1999). U koliko lignoceluloza sadrži više lignina pogodnija je za izravno izgaranje (Hodgson i sur., 2010), a u koliko ima više celuloze i hemiceluloze za proizvodnju tekućih goriva (Lewandowski i sur., 2003). Sadržaj celuloze bio je 39,91%, hemiceluloze 26,84%, a lignina 28,08%, što su vrijednosti koje su djelomično u suglasju s navodima literature prema kojem Wróblewska i sur. (2009) utvrđuju udio celuloze od 41,02%, hemiceluloze od 17,05% i lignina od 26,04%.

Tablica 4. Rezultati ogrjevne vrijednosti

Istraživani parametri	<i>Sida hermaphrodita</i>
Gornja ogjevna vrijednost (MJ kg ⁻¹)	18,07
Donja ogjevna vrijednost (MJ kg ⁻¹)	16,75

Gornja (HHV) i donja (LHV) ogrjevna vrijednost *Side hermaphrodite* iznosila je za gornju ogrjevnu vrijednost 18,07 MJ kg⁻¹ te za donju 16,75 MJ kg⁻¹. Stolarski i sur. (2013) istražili su gornju ogrjevnu vrijednost *Sida hermaphrodita* i dobili su vrijednosti 18,90 MJ kg⁻¹, što je nešto viša vrijednost nego dobivena u ovome istraživanju.

Zaključak

Temeljem vlastitih istraživanja sječke *Side hermaphrodite* može se zaključiti da se može koristiti za proizvodnju energije procesom izravnog izgaranja. Sadržaj negorivih svojstava (vlaga, pepeo, koks, fiksirani ugljik i dušik), a posebice koks, fiksiranog ugljika i dušika u granicama je očekivanih vrijednosti. Sadržaj gorivih svojstava (ugljik, sumpor, vodik, kisik i hlapljive tvari) posebice ugljika i vodika kao osnovnih i najvažnijih elemenata svih vrsta goriva ukazuju na visoku kakvoću istraživane biomase. Dobiveni rezultati lignoceluloznog sastava biomase ukazuje na mogućnost korištenja istraživane biomase za različite tipove biogoriva, a posebice čvrstog biogoriva. Gornja ogrjevna vrijednost od 18,07 MJ kg⁻¹ te donja ogrjevna vrijednost iznosila od 16,75 MJ kg⁻¹ ukazuju na visoki energetski potencijal istraživane kulture.

Napomena

Ovo istraživanje provedeno je u okviru K.K.01.1.1.04.0091 projekta „Dizajn naprednih biokompozita iz energetski održivih izvora - BIOKOMPOZITI”.

Literatura

- Beare M.H., Hendrix P.F., Coleman D.C. (1994). Water-stable aggregates and organic matter fractions in conventional- and no-tillage soils. *Soil Science Society of America Journal* 58: 777.
- Borkowska H., Molas R. (2012). Two extremely different crops, *Salix* and *Sida*, as sources of renewable bioenergy. *Biomass Bioenergy* 36: 234–240.
- Borkowska H., Styk B. (2006). *Virginia fanpetals (Sida hermaphrodita L. Rusby): Cultivation and utilization*. Monograph, Sec. ed. WAR; University of Life Sciences Lublin.
- Brkić M. (2007). Potencijali i mogućnosti briketiranja i peletiranja otpadne biomase na teritoriji pokrajine Vojvodine. Pokrajinski sekretarijat za energetiku i mineralne sirovine. Novi Sad, Srbija.
- Denisiuk W. (2006). Produkcja roślinna jako źródło surowców energetycznych (Plant production as a source of energy raw materials), *Inżynieria Rolnicza (Agricultural Engineering)* 5: 123–131.
- García R., Pizarro C., Lavín A.G., Bueno J.L. (2012). Characterization of Spanish biomass wastes for energy use. *Bioresource technology* 103(1): 249–258.
- Hodgson E.M., Fahmi R., Yates N., Barraclough T., Shield I., Allison G., Donnison I.S. (2010). *Miscanthus* as a feedstock for fast-pyrolysis: does agronomic treatment affect quality? *Bioresource Technology* 101(15): 6185–6191.
- Howaniec N., Smoliński A. (2011). Steam gasification of energy crops of high cultivation potential in Poland to hydrogen-rich gas. *International Journal of Hydrogen Energy* 36(3): 2038–2043.
- HRN EN 14918:2010. Solid biofuels - Determination of calorific value. Europska komisija za standardizaciju.
- HRN EN 15148:2009. Solid biofuels - Method for the determination of the content of volatile matter. Europska komisija za standardizaciju.
- HRN EN 18134-2:2015. Solid biofuels - Methods for the determination of moisture content. Europska komisija za standardizaciju.
- HRN EN ISO 16948:2015. Solid biofuels - Determination of total content of carbon, hydrogen and nitrogen. Europska komisija za standardizaciju.
- HRN EN ISO 16994:2015. Solid biofuels - Determination of total content of sulfur and chlorine. Europska komisija za standardizaciju.
- HRN EN ISO 18122:2015. Solid biofuels - Methods for the determination of ash content. Europska komisija za standardizaciju.
- ISO 5351-1:2002. Cellulose in dilute solutions - Determination of limiting viscosity number. International Organization for Standardization.
- Jurišić V., Voća N., Bilandžija N., Krička T., Antonović A., Grubor M., Matin A., Kontek M. (2017). Pyrolysis properties of major energy crops in Croatia. In *Proceedings of 52nd Croatian and 12th International Symposium on Agriculture*. Dubrovnik, Croatia, 651–656.
- Krička T., Matin A., Bilandžija N., Jurišić V., Antonović A., Voća N., Grubor M. (2017a). Biomass valorisation of *Arundo donax* L., *Miscanthus× giganteus* and *Sida hermaphrodita* for biofuel production. *International agrophysics* 31(4): 575–581.
- Krička T., Leto J., Bilandžija N., Jurišić V., Matin A., Voća N., Horvat I. (2017b). Technology of growing, processing and storage of energy crop *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby.
- Lewandowski I., Clifton-Brown J.C., Andersson, B. Basch G., Christian D.G., Jorgensen U., Jones M.B., Riche A.B., Schwarz K.U., Tayebi K., Texerija F. (2003). Environment and harvest time affect the combustion qualities of *Miscanthus* genotypes. *Agronomy Journal*, 95: 1274–1280.
- Olsen P.O., Plackett D.V. (1999). Perspectives on the performance of natural plant fibres. *Proceedings of the International Conference Natural Fibres Performance Forum*. May 27 – 28. Copenhagen, Denmark. 0–0.
- Stolarski M.J., Krzyżaniak M., Śnieg M., Słomińska E., Piórkowski M., Filipkowski R. (2014). Thermophysical and chemical properties of perennial energy crops depending on harvest period.

International Agrophysics 28(2): 201-211.

Šiaudinis G., Jasinskas A., Šarauskis E., Steponavičius D., Karčauskienė D., Liaudanskienė I. (2015). The assessment of Virginia mallow (*Sida hermaphrodita* Rusby) and cup plant (*Silphium perfoliatum* L.) productivity, physico-mechanical properties and energy expenses. *Energy* 93: 606-612.

Vassilev S.V., Baxter D., Andersen L.K., Vassileva C.G. (2010). An overview of the chemical composition of biomass. *Fuel* 89: 913-933.

Wróblewska H., Komorowicz M., Pawłowski J., Cichy W. (2009). Chemical and energetical properties of selected lignocellulosic raw materials. *Folia Forestalia Polonica* 40: 67-78.

Energy production from *Sida hermaphrodita* chips as solid biofuel

Abstract

The paper presents the energy properties of *Sida hermaphrodite* chips with aim to determine the potential for its use as a solid biofuel. Obtained results indicate that carbon and hydrogen content as the basic and most important elements for all fuel types indicate on the high quality of the investigated biomass. The lignocellulosic compositions of the chips indicated on the possibility of its use as solid biofuel. All this was confirmed by the high upper heating value of 18.07 MJ kg⁻¹ and lower heating value of 16,75 MJ kg⁻¹

Keywords: *Sida hermaphrodita*, chips, energy value