

Nova energetska kultura *Sida hermaphrodita* u Republici Hrvatskoj

Sažetak

Sida hermaphrodita (*Virginia fanpetals*, *Virginia Mellow*) pripada porodici sljezovki (*Malvaceae*) porijeklom iz SAD-a i Kanade. To je ne prehrambeni, celulozni usjev, s brzim rastom i jako razvijenim korijenovim sustavom. Zahvaljujući njenom biokemijskom sastavu (sličnom lucerni), *Sida* se u zelenoj fazi, može koristiti i kao visoko nutritivna hrana, sa sadržajem proteina i do 30% u vrijeme cvatnje. *Sida* omogućava i proizvodnju do 120 kg/ha kasnog prinosa meda. Ova jedinstvena vrsta, kada se žanje u suhoj fazi primjenjuje se kao energetska kultura, te se koristi za izolacije i te u celuložno-papirnoj industriji. U zelenom fazi koristi se u različitim industrijama i to farmaceutske industriji, industriji stočne hrane, industriji meda te u bioplinskoj industriji. Kao posebno profitabilna vrsta energetske kulture, sirovine budućnosti, već je predodređena da se koristi u industriji biogoriva. Plantaže *Side* imaju životni vijek najmanje 15-20 godina. *Sida* dobro raste u mnogim uvjetima na terenu i ne zahtijeva nikakve posebne uvijete tla.

Ključne riječi: *Sida hermaphrodita*, energetska kultura, biogorivo

Uvod

Zaštita okoliša napreduje, a samim time i razvoj proizvodnje energije i biogoriva. U posljednjih nekoliko godina za proizvodnju biogoriva dopušten je uzgoj neprehrambenih, višegodišnjih vrsta koje se koriste kao biomasa iz koje se proizvodi gorivo druge generacije (Simmons *i sur.*, 2008). Neki poznati namjenski energetske usjevi koji ispunjavaju te kriterije su; vrba (*Salix ssp.*) (McCracken *i sur.*, 2001; Ericsson *i sur.*, 2006), topola i hibridne topole (*Populus x ssp.*) (Bunn *i sur.*, 2004). Manje poznate višegodišnje poljoprivredne kulture koje također zadovoljavaju kriterije su *Miscantus x giganteus*, *Switch grass* (*Panicum virgatum* L.), *Sida hermaphrodita* L. Rusby i mnogi drugi. Izgaranje fosilnih goriva ne samo da je dovelo do njihovog neizbježnog osiromašenja, već je također dovelo do velike količine zagađenja, uključujući stakleničke plinove u biosferi (Kitou *i sur.*, 2007). Učinke izgaranja primjećuju se najviše u obliku klimatskih poremećaja. Smanjenje emisija stakleničkih plinova može se ostvariti kroz najnovije tehnologije, uštedu energije, povećanje učinkovitosti proizvodnje energije, koji osiguravaju zatvoreni sustav s obzirom na cirkulaciju i upijanje, osobito ugljika. Takvi obnovljivi izvori opskrbe energijom uključuju i orezanu biomasu iz nasada energetske usjeva (Berndes *i sur.*, 2003). Kako bi povećali granicu emisije ugljičnog dioksida, obzirom da je baš on prepoznat kao glavni izvor efekta staklenika, Europska komisija u 2014. godini proširuje Energetsku strategiju za Europu do 2020. godine (2009/28/EC) te navodi ciljeve i scenarije do 2030. godine, propisivanjem Okvira za klimatske i energetske politike.

Navedenim Okvirom predlaže se smanjenje emisija stakleničkih plinova za 40%, povećanje udjela obnovljivih izvora energije od najmanje 27%, kontinuirano poboljšavanje energetske učinkovitosti, te osiguranje konkurentne, pristupačne i sigurne energije. Biomasa kao izvor energije primjenjuju se za grijanje/hlađenje, proizvodnju električne energije, bioplina i drugu generaciju goriva. Da bi se ispunila velika potražnja biomase te izb-

¹ Prof.dr.sc. Tajana Krička, Mateja Grubor, mag.ing.agr., Doc.dr.sc. Vanja Jurišić, Prof.dr.sc. Josip Leto, Izv. prof. dr. sc. Neven Voća, Doc.dr.sc. Nikola Bilandžija, Doc. dr. sc. Ana Matin Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, Zagreb, Hrvatska, e-mail: mgrubor @agr.hr

jeglo korištenje tala pogodnih za proizvodnju hrane, budući se uzgoj energetskih nasada mora osloniti na marginalna i siromašna tla. Jedan od takvih energetskih nasada koje uspijevaju na nepovoljnim tlima je i nasad *Sida hermaphrodite*, koji omogućuju proizvodnju biogoriva na temelju svog lignoceluloznog sastava, a životni vijek i vrijeme eksploatacije im je i do 20 godina. Osim kao energetski nasad, zbog svog kemijskog sastava i sličnošću s lucernom, poznata je i kao hrana za životinje te medonosna biljka. *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby, eng. „Virginia fanpetals“ ili „Virginia mallow“ spada u skupinu sljezova (*Malvaceae*) (Spooner *i sur.*, 1985) i potječe iz jugoistočnih područja Sjeverne Amerike (Kasprzyk *i sur.*, 2014). U Europu je introducirana u 20-om stoljeću na područja Ukrajine i Poljske (Kasprzyk *i sur.*, 2013). Izvorno je biljka relativno pjeskovitih tala s niskim udjelom organske tvari (Thomas, 1979).

Rezultati i rasprava

Sistematika Side

Sida je svrstana u grupu sljezovki (*Malvaceae*), znanstveni naziv joj je *Sida hermaphrodita* (L.), a poznata je i po imenima Virginia fanpetals te Virginia Mallow (tablica 1.) Iltis (1963) je detaljno istražio razloge različitih generičkih tretmana koje je vrsta primila. Ova vrsta je dovoljno prepoznatljiva unutar roda te samim time *Sida* eventualno zaslužuju vlastiti rod (Fryxell, 1997). *Sida hermaphrodita* je zadržana u rodu prvenstveno zato što nije pronađen drugi srodni rod u koji bi se svrstala (Fuentes *i sur.*, 2003).

Tablica 1. Sistematika *Sida hermaphrodite*

Pozicija	Znanstveno ime i uobičajeno ime
Domena	Plantea- Bilje
Carstvo	Tracheobionta- Vaskularne biljke
Koljeno	Spermatophyta- Sjemenjača
Potkoljeno	Magnoliophyta- Cvjetače
Razred	Magnoliopsida- Dvosupnice
Podrazred	Dilleniidea
Red	Malvales
Porodica	Malvaceae- Sljezovke
Rod	<i>Sida</i> L.
Vrsta	<i>Sida hermaphrodita</i> (L.) Rusby- Virginia fanpetals, Virginia Mallow

Morfologija

Sida hermaphrodita je višegodišnja kultura koja ima prosječnu visinu od 1 – 4,5 metra (obično oko 3). Listovi su dugi i šiljasti, nalik javorovima te rastu naizmjenično uzduž stabljike. Obično sadrže 3 - 7 nepravilno nazubljenih režnjeva gdje je srednji najduži. Stabljika je obrasla dlačicama u mladom stadiju, dok sa zrelosti postupno izgrađuje glatku površinu. Cvat se formira od mnogo bijelih cvjetova te je cvatnja karakteristična za razdoblje od kolovoza do listopada, ali i do pojave prvog mraza. Svaki cvijet sadrži 5 latica duljine 8 milimetara (Kasprzyk *i sur.*, 2013). Mladice izbijaju iz tla krajem travnja i početkom svibnja iz brojnih bočnih rizoma biljke, te im je životni vijek od 15 do 20 godina (Kasprzyk *i sur.*, 2013). U prvoj godini vjerojatna je pojava jednog izdanka, dok se u četvrtoj i daljnjim godinama očekuje 20 – 30 izdanaka, što rezultira gustim sklopom (Biopaliwa, 2003). Takvom vegetativnom reprodukcijom nastaje eventualno klonalna populacija nekog područja zbog boljih uvjeta za rast. Klijavost biljke je poprilično niska 5-10% (Antonowicz, 2005)

te je vjerojatnost za genetsku raznolikost svedena na nižu razinu naspram uobičajenih razmjera (Franzaring *i sur.*, 2013). Pomoću odgovarajućih metoda hidro-priprema moguće je klijavost povećati za više od 50% (Grzesik *i sur.*, 2011).

Biologija

Sida hermaphrodita je klonska višegodišnja biljka koja se širi rizomima ili sjemenom. Velike biljke mogu proizvesti nekoliko tisuća sjemenki, od kojih su većina održive (Spooners *i sur.*, 1985). Kod uzgoja, biljke mogu cvjetati i razmnožavati se već u prvoj godini (Spooners *i sur.*, 1985). Sjeme se sije kroz zimu, a klije u rano proljeće. Cvatnja počinje rano u kolovozu i nastavlja dok se ne dogodi teški mrz. Moguća metoda raspršivanja sjemena je i vodom. Ova vrsta biljka je otvorenih, vlažnih, sunčanih sa djelomičnim hladom priobalnih staništa (Spooners *i sur.*, 1985). Tla na kojima Virginia Mallow prirodno uspijeva su relativno pjeskovita s prilično niskim sadržajem organske tvari, pH je neutralan do blago kiseo, a u takvim tlima su obično topljive soli dostupne biljkama (Thomas, 1979). Kultura je tolerantna na ekstremne tipove kontinentalne klime, posebno na zimske uvjete te na sušne uvjete ukoliko je godišnja razina padalina minimalno 400 – 500 milimetara (Borkowska i Molas, 2011). Spooners *i sur.* (1985) navode kako nije ograničena na određeni tip tla. Tla degradirana otpadnom vodom nisu ograničavajući čimbenik jer zbog svoje sposobnosti akumulacije određenih metala bez poteškoća raste na takvim onečišćenim tlima (Borkowska i Wardzinska, 2003). Posebne kompetencije s korovima nema jer se klijanje odvija u ožujku dok je tlo vlažno i hladno (Kurucz *i sur.*, 2014). Točno vrijeme generacije je nepoznato, ali kultivirane biljke mogu živjeti 15 do 20 godina (Krzaczek *i sur.*, 2006; Antonowicz 2005). Prva godina tijekom formiranja nasada daje vrlo niske prinose biomase, što je tipično za trajne nasade (Borkowska i Molas, 2013). Razmnožavanjem preko sjemena u prvoj godini dobiva se jedna stabljika dok se tijekom idućih godina razvije od nekoliko do preko 20 stabljika (Borowska *i sur.*, 2009). Najveći prinosi primijećeni su u 3 i 4 godini uzgoja (Borowska i Styk, 2006; Borowska *i sur.*, 2006; Borowska *i sur.*, 2009). *Sida hermaphrodita* često je svrstana u vrste biljaka koje imaju visoki potencijal orezivanja (Szyszlak-Bargłowicz, 2014). Stabljika može doseći visinu do 4 m i širinu do 30 mm (Krzaczek *i sur.*, 2006; Oleszek *i sur.*, 2013). Biljku karakterizira čvrsto razvijen korjenov sustav. Velika prednost je mali zahtjevi za kvalitetom tla pa može biti uzgajana na tlima niže klase koja nisu korisna u poljoprivredne svrhe (Borkowska i Styk, 2003; Oleszek *i sur.*, 2013).

Zahtjevi tla

Sida se zbog svojih niskih zahtjeva tla, koje su znatno niži od zahtjeva većine energetskih kultura, može koristiti za razvoj slabijih tala, uključujući sve vrste tla razreda V pa sve do pjeskovitih tla. Ovo svojstvo *Side* je posebno značajno u slučaju njene upotrebe za rekultivaciju degradiranih i onečišćenih tala (Pszczolkowska *i sur.*, 2012). Potrebe gnojidbe od strane *Side* vrlo niske u godini osnivanja plantaža. Počevši od druge godine, preporučuje se doza N-P-K po hektaru od 90 kg N, 30-90 kg P₂O₅ i 80-150 kg K₂O. Istraživanja su pokazala da povećanje količine dušika od 200 kg/ha nema utjecaj na broj izbojaka. Međutim, povećanjem gnojidbe fosforom od 39 do 53 kg/ha povećava se broj izbojaka i to prosječno jedan izbojak po četvornom metru, što daje ukupno oko 20.000 dodatnih izdanaka po hektaru (Borkowska *i sur.*, 2009). Nadalje, istraživanja su pokazala da korištenje obrađenog kanalizacijskog mulja povećava prinos biomase i olakšava njezin uzgoj i na vrlo siromašnim tlima (Romanowska-Duda *i sur.*, 2009; Kacprzak *i sur.*, 2010).

Sadnja i žetva

Sida se reproducira i kroz presadnice posađene u gustoći 10 000-20 000 po hektaru (Pszczolkowska i sur., 2012). Nasade višegodišnjih vrsta, uključujući i Sidu, karakterizira presušivanje mladica na kraju vegetacije. Dakle, razina vlage značajno ovisi o datumu žetve. Sida do kraja vegetacijskog razdoblja odbacuje svo lišće i samo ostaje stabljika (Borkowska i Molas, 2013). Žetva biomase, ovisno o regiji, provodi se u mjesecima veljači, ožujku i travnju ili u vrijeme prvih mrazova u studenom i prosincu. Sadržaj vlage biomase u prirodnim uvjetima smanjuje se od oko 40% u studenom na oko 20% u siječnju (Borkowska i Styk 2006). Žetva biomase sa sadržajem vlage 20% -24% iznosi 20- 25 tona po ha (Denisiuk, 2006). U slučaju žetve Side, samo male količine sastojaka gnojiva su odstranjene iz polja, jer kako se mladice suše, hranjive tvari nalaze se u rizomu ili se vraćaju u tlo kroz pad lišća. Biomasa Side prikupljena u pravo vrijeme karakterizira nizak sadržaj pepela i relativno malo mineralnih sastojaka kao što su dušik, kalij i klor (Pszczolkowska i sur., 2012).

Bolesti i štetnici

Za Sidu se govorilo da je biljka bez prirodnih neprijatelja (Borkowska i Styk, 2006). Međutim, prema Zavodu za zaštitu bilja iz Poznana, Poljska (IOR), oko 30% biljaka na plantaži mogu biti zaražene crvenim paukom i lisnim ušima. Imajući u vidu veličinu Side, njihova štetnost je mala i ne zahtijeva primjenu skupih i ekološki nepoželjnih zaštitnih operacija. Sida može biti također zaražena s brojnim svejedima polukrilca poput smeđe stjenice (*Coreus marginatus* L.) i različite lygus stjenice (*Lygus* spp). Sve veća količina tih insekata sugerira da u slučaju višegodišnjih nasada oni, kao i gusjenice leptira, mogu biti prijatna (Mrowczynski i sur., 2007; Remlein-Starosta i Nijak, 2007). Sida je također osjetljiva na gljivične infekcije *Fusarium*, *Sclerotinia sclerotiorum* i *Botritis* tipa *cinerea*, uzrokujući fuzarioze, *Sclerotinia sclerotiorum* plijesni i plemenite plijesni (Grzesik i sur., 2011).

Upotreba

U početku, Sida je korištena kao vlaknasta, stočna hrana i medonosna biljka, a tek nedavno je postala popularna kao energetski usjev. U ranoj fazi rasta (prije cvjetnih pupova), nadzemni dio stabljike je tamno zelene boje, a sadrži visoku razinu dragocjenih sastojaka te se može usporediti s visokokvalitetnom krmom- lucernom (Tablica 2). Na površini biomase Sida sadrže proteine, aminokiseline, vitamin C, karoten i druge važne elemente (slično lucerni) kao što je navedeno kao povoljne kvalitete za stočnu hranu. Dalje, na početku cvatnje, celuloza i lignin će biti dominantni, a na kraju vegetacijske sezone, utvrđeno je više od 50% celuloze u suhoj tvari stabljike (Borkowska i sur., 2009; Borkowska i Molas, 2011).

Tablica 2. Sadržaj osnovnih probavljivih sirovih hranjivih tvari u suhoj tvari Side i lucerne (%)

Fenološka faza	Proteini	Masti	Vlakna	DNFE*	Pepeo
Sida					
Stvaranje cvjetnih pupova	20,00	1,82	28,75	38,11	11,31
Kraj cvatnje	7,52	1,42	51,54	34,91	4,6
Lucerna					
Stvaranje cvjetnih pupova	23,23	3,59	24,98	35,95	12,25
Kraj cvatnje	16,64	3,59	37,20	30,09	9,02

*DNFE- Digestible Nitrogen-Free Extract- Probavljivi ekstrakt bez dušika
Izvor: Borkowska i Styk, 2006; Borkowska i Molas, 2011

Često se koristi u Sjevernoj Americi, a također se uzgaja i koristi u Poljskoj i Rusiji za različite namjene. Najvažnija primjena *Sida* u tim zemljama je primjena kao biomase za stvaranje biogoriva iz obnovljivih izvora energije (Borkowska, 2007). Druga identificirana upotreba ove biljke je u industriji papira i celuloze, jer sadržaj celuloze, smole i voska koji proizlazi od ove biljke je usporediva s onom koja se nalazi u smreki i boru (Borkowska i Styk, 2006). *Sida* preživi do pojave prvog mraza i stoga je korisna i u pčelarstvu kao izvor kasnog nektara. Tijekom cvatnje *Sida hermaphrodita* može proizvesti 110 do 315 kg/ha (Pszczolkowska *i sur.*, 2012) te do 120 kg/ha kasnog prinosa meda (Wroblewska i Kolas, 1986; Borkowska i Styk, 2006). *Sida* također sadrži tvari slične medicinskom gavezu i mogu se koristiti u farmaceutskoj industriji. *Sida* se koristi za sadnju na kemijski degradiranim terena i deponijima, a također se može uzgajati za zaštitu na erozivnim obroncima (Borkowska i Styk 2006). Predmet je interesa mnogih istraživača s obzirom na činjenicu da je brzo rastuća biljka s visokim potencijalom prinosa i mogućnošću višestrukog ponovnog rasta nakon rezanja. Vrlo je prilagodljiva različitim klimatskim uvjetima i uvjetima tla. Može se uzgajati na padinama, erodiranim područjima, zemljištima koja su isključena iz poljoprivredne upotrebe, na kemijski onečišćenim područjima, i na odlagališta smeća (Kasprzyk *i sur.*, 2014). Ovisno o gustoći biljaka, prinos biomase je u rasponu između 10-20 t/ha (Borkowska i Wardzinska, 2003; Borkowska, 2007), dok je kalorična vrijednost biljke oko 15-17 MJ/kg suhe tvari (Kus i Matyka, 2010; Oleszek *i sur.*, 2013). Vrlo vrijedna osobina ove vrste je velika količina suhe tvari u stabljici neposredno nakon berbe, te se stoga može koristiti kao potencijalni materijal za proizvodnju zelene energije (Szyszlak *i sur.*, 2006.; Oleszek *i sur.*, 2013).

Zaključak

Sida hermaphrodita je kultura koja ima široku upotrebu, dobre hranidbene i energetske karakteristike te niskih zahtjeva vezano za tlo. Hranidbena vrijednost slična je lucerni, a ogrjevna vrijednost joj je oko 17 MJ/kg suhe tvari. Pravilnom pripremom sadnica postiže se kvalitetan i visok prinos. Puni nasad postiže treće i četvrte godine, a životni vijek je i do 20 godina. Prilagodljiva je svim tlima, a prilikom žetve iz njih ne iscrpljuje minerale pa je samim time dobra i za njihovu regeneraciju.

Zahvala

Ovo istraživanje financiralo je Ministarstva poljoprivrede u okviru VIP projekta „Potencijal energetske kulture *Sida hermaphrodita* na ekološkom poljoprivrednom gospodarstvu“.

Literatura

- Antonowicz J. (2005). Potencjał energetyczny ślazuowca pensylwańskiego (Energy potential of the Virginia mallow), „AURA“, 3, 7–9.
- Berndes G, Hoogwijk M, Broek R. (2003). The contribution of biomass in the future global energy supply: a review of 17 studies. *Biomass Bioenergy*, 25, 1-28.
- Biopaliwa (2003). Collective work, edited by Piotr Gradziuk, edition by Wiesława Jutra, 68.
- Borkowska H. (2007). Yields of Virginia fanpetals and willow on good wheat soil complex. *Fragmenta Agronomica*, 2, 41-47.
- Borkowska H., Molas R. (2011). Two extremely different crops, *Salix* and *Sida*, as sources of renewable bioenergy. *Biomass and Bioenergy*, 46, 234-240.
- Borkowska H., Molas R. (2013). Yield comparison of four lignocellulosic perennial energy crop species. *Biomass and Bioenergy*, 51, 145-153.
- Borkowska H., Molas R., Kupczyk, A. (2009). Virginia Fanpetals (*Sida hermaphrodita* Rusby) Cultivated on Light Soil; Height of Yield and Biomass Productivity. *Polish J. of Environ. Stud.*, 18(4), 563-568.
- Borkowska H., Styk B. (2006). Virginia fanpetals (*Sida hermaphrodita* Rusby) - cultivation and use. WAR, Lublin, 69.
- Borkowska H., Styk B., Molas R. (2006). Energy cultivation of high potential. *Erneuerbare Energien*, 7, 76.
- Borkowska H., Wardzinska K. (2003). Some effects of *Sida hermaphrodita* R. cultivation on sewage sludge. *Polish Journal of Environmental Studies*, 12(1), 119-122.
- Borkowska H., Styk, B. (2003). Virginia mallow. In Borkowska, H., Dubas, J.W., Gradziuk, P., Kooecik, B., Kooecik, K., Kowalczyk-Juoeke, A., Martyn, W., Sawicki, B., Styk, B. and Węgorzek, T. (eds). *Energy Crops* (in Polish). Agriculture Academy Publishing, Lublin, pp. 79- 93.
- Bunn SM, Rae AM, Herbert CS, Taylor G. (2004). Leaf-level productivity traits in *Populus* grown in short rotation coppice for

biomass energy. *Forestry* 77(4), 307-323.

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.

Ericsson K, Rosenquist H, Gank E, Pisarek M, Nilsson L. (2006). An agro-economic analysis of willow cultivation in Poland. *Biomass Bioenergy*, 30, 16-27.

Franzaring J., Holz I., Kauf Z., Fangmeier A. (2015). Responses of the novel bioenergy plant species *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby and *Silphium perfoliatum* L. to CO₂ fertilization at different temperatures and water supply. *Biomass and Bioenergy*, 81, 574-583.

Fryxell, P. A. (1997). The American genera of Malvaceae-II. *Brittonia*, 49(2), 204-269.

Fuertes, J., P. A. Fryxell, Jansen, R. K. (2003). Phylogenetic relationships and classification of the *Sida* generic alliance (Malvaceae) based on nrDNA ITS evidence. *Systematic Botany*, 28(2), 352-364.

Grzesik M., Janas R., and Romanowska-Duda Z. B. (2011). Stymulacja wzrostu i procesów metabolicznych słazowca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita*) (Stimulating the growth and metabolic processes of the Virginia mallow (*Sida hermaphrodita*)). *Problemy Inżynierii Rolniczej (Problems in Agricultural Engineering)*, 4, 81-87.

Ilitis, H.H. (1963). *Napaea dioica* (Malvaceae): whence came the type?. *American Midland Naturalist*, 70, 90-109.

Kacprzak M., Ociepa A., Bień J. (2010). The influence of Soil Fertilization on the Amounts of Ashes and Contents of Heavy Metals in Biomass Ashes. *Archivum Combustionis*, 30(3), 126-131.

Kasprzyk A., Leszczuk A., Szczuka E. (2014). Virginia mallow (*Sida hermaphrodita* (L.) rusby) – properties and application. *Modern Phytomorphology* 6, 91.

Kasprzyk A., Leszczuk A., Domaciuk M., Szczuka E. (2013). Stem morphology of the *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby (Malvaceae). *Modern Phytomorphology*, 4, 25.

Kitou E, Barkman A, Fernandez R, Guegle B, Kampel E, Mareckova K. (2007). Annual European Community greenhouse gas inventory 1990-2005 and inventory report 2007. Brussels: EEA, European Commission, DG Environment; p. 464.

Krzaczek P., Szyzłak J., Zarajczyk, J. (2006). Assessment of the influence of selected operating parameters of S071/B KRUK seeder on seeding *Sida hermaphrodita* Rusby seeds. *Int. Agrophys.*, 20, 297-300.

Kurucz, E., Antal, G., Gábor, F. M., Popp, J. (2014). Cost-effective mass propagation of Virginia fanpetals (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby) from seeds. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 13(11), 2845-2852.

Kuś, J., Matyka, M. (2010). Plant Cultivation for Energy Purposes. Dissemination Instruction. IUNG Pulawy Publisher, 176, 1-64.

McCracken A.R., Dawson W.M., Bowden G. (2001). Yield responses of willow (*Salix*) grown in mixtures in short rotation coppice (SRC). *Biomass Bioenergy*, 21(5), 311-319.

Mrówczynski M., Nijak K., Pruszyński G., Wachowiak H. (2007). Zagrożenie roślin energetycznych przez szkodniki" (Pest threats to energy plants). Postępy w ochronie roślin (Progress in Plant Protection), 47(4), 347-350.

Oleszek, M., Matyka, M., Lalak, J., Tys, J., Paprota, E. (2013). Characterization of *Sida hermaphrodita* as a feedstock for anaerobic digestion process. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11(3-4), 1839-1841.

Pszczółkowska A., Romanowska-Duda Z., Pszczółkowski W., Grzesik M., Wysokińska Z. (2012). Biomass Production of Selected Energy Plants: Economic Analysis and Logistic Strategies. *Comparative Economic Research*, 3(15), 77-103.

Remlein-Starosta D., Nijak K. (2007). Słazowiec pensylwański – wstępne wyniki badań nad możliwościami ochrony przed agrofagami (The Virginia mallow: Preliminary results of research on the potential for protection against agrophages). Postępy w Ochronie Roślin (Progress in Plant Protection), 47(4), 358-362.

Romanowska-Duda Z. B., Grzesik M., Piotrowski K. (2009). Ecological Utilization of Sewage Sludge in Production of Virginia Fanpetals (*Sida hermaphrodita* Rusby): Biomass as the Source of Renewable Energy. U: Proceedings of the 2nd International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE) and SECOTOX Conference, Mykonos, edited by A. Kungolos, K. Aravossis, A. Karagiannidis, and P. Samaras, GRAFIMA Publishers, D. Gounari, 62-68, Thessaloniki, vol. III, p. 1261-1266.

Simmons B.A., Loque D, Blanch H.W. (2008). Next-generation biomass feedstocks for biofuel production. *Genome Biol*, 9, 242.

Spooner D. M., Cusick A. W., Hall G. F., Baskin J.M. (1985). Observations on the distribution and ecology of *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby (Malvaceae). *SIDA*, 11 (2), 215-225.

Szyzłak, J., Piekarski, W., Krzaczek, P., Borkowska, H. (2006). Analysis of possible utilization of Virginia mallow for energy purposes. *Inżynieria Rolnicza*, 6(81), 311-318.

Szyzłak-Bargłowicz, J. (2014). Content of chosen macroelements in biomass of Virginia mallow (*Sida hermaphrodita* Rusby). *Journal of Central European Agriculture*, 15(3), 263-271

Thomas L.K. (1979). Distribution and ecology of *Sida hermaphrodita*: a rare plant species. *Bartonia*, 46, 51-59.

Wroblewska A., Kolasa, Z. (1986). Bee's yield from *Sida*. *Beekeeping Magazine*, 10, 6.

Review paper

Sida hermaphrodita as novel energy crop in Republic of Croatia

Abstract

Sida Hermaphrodita (Virginia fanpetals, Virginia Mallow) belongs to the Mallow (Malvaceae) family, is a species native to the USA and Canada. It is a non-food, cellulosic crop, with fast growth and strongly developed root system. Thanks of its bio-chemical composition (similar to alfalfa), *Sida*, in the green stage, can be used as a highly nutritious feed, with a protein content up to 30%. During the flowering time, *Sida* allows to be produced up to 120 kg/ha of late yield honey. This unique species, by harvesting in the dry stage, has applications in the bioenergy, insulation and cellulose-paper industries. In the green stage its use is in the different industries, in pharmaceutical industry, fodder industry, honey industry, bio-gas industry. As a particularly profitable energy species, future feedstock, is already predestined to use it in bio-fuel industry. *Sida* plantations have a useful lifespan for at least 15-20 years. *Sida* grows well under many site conditions and does not have any special soil requirements.

Keywords: *Sida hermaphrodita*, energy crop, biofuel