

UZGOJ SOJE (*Glycine max* L.) I PROIZVODNJA AGROPELETA

SOYBEAN (*Glycine max* L.) CULTIVATION AND AGRO PELLET PRODUCTION

Irena Rapčan, T. Jakšić, J. Damjan, D. Ćosić, Đurđica Kovačić

SAŽETAK

U radu su prikazani rezultati istraživanja u proizvodnji soje na OPG-u Saša Jeličić i proizvodnje agropeleta na OPG-u Slađana Pandur. Kroz uporabu tehnološke karte prikazane su pravodobno i stručno obavljane agrotehničke operacije na OPG-u Saša Jeličić, kao i vremenska razdoblja njihovih obavljanja. OPG Slađana Pandur bavi se proizvodnjom agropeleta kao novog energenta proizvedenog od sojine slame. Iako su novi u tom području ostvaruju zavidan rezultat u samoj proizvodnji. OPG trenutno proizvodi agropelet samo za vlastite potrebe. Rezultati istraživanja na ovom gospodarstvu pokazuju kako se uspješnom suradnjom dvaju gospodarstva može ostvariti profit na obostrano zadovoljstvo te dodatan način zarade iz sekundarnog proizvoda.

Ključne riječi: agropelet, biomasa, kruto biogorivo, soja, sojina slama

ABSTRACT

The article presents the results of research on soybean cultivation on the Saša Jeličić family farm and the production of agro-pellets on the Slađana Pandur family farm. A technology map shows the timely and professionally carried out agrotechnical works on the Saša Jeličić family farm and the periods of their implementation. The family farm Slađana Pandur is engaged in the production of agro-pellets as a new source of energy from soy straw and although they are new in the field, they achieve an enviable result in the production itself. The family farm currently produces agro-pellets for their own use only. The results of the research on this farm show that with the successful cooperation of two farms, a win-win situation can be achieved and additional income can be generated from the by-product.

Keywords: agro-pellets, biomass, solid biofuel, soybeans, soybean straw

1. UVOD

Soja (*Glycine max* (L.) Merr) potječe iz istočne Azije. U Kini se uzgajala tisućljećima dok se u zapadnim zemljama počela koristiti znatno kasnije (Shea i sur., 2020.). Najveći svjetski proizvođači soje, u današnje doba, jesu Brazil (134 milijuna tona godišnje), Sjedinjene Američke Države (121 milijun tona godišnje) te Argentina (45 milijuna tona godišnje) (Gonzalez i sur., 2023.). Iako više nije najveći proizvođač, Kina i druge azijske zemlje nastavljaju uključivati velike količine tradicionalne i inovativne hrane od soje u svoju prehranu. Sjedinjene Američke Države i zemlje zapadne Europe uglavnom neizravno koriste soju u opskrbi hranom kao hranu za stoku i prehrambene sastojke kao što su teksturirani biljni proteini i proteinski izolati. Zrno soje koristi se u ishrani ljudi, stoke te u razne industrijske svrhe, kao što su prehrambena, kemijska, farmaceutska, tekstilna industriji i mnogim drugim (Shea i sur., 2020.). Zbog visokog udjela jestivih ulja (18 - 24 %) i bjelančevina (35 - 50 %), zrno soje se u prehrani ljudi koristi kao izvor jestivih ulja, ali i kao nadomjestak za meso pa tako zadovoljava oko 30 % potreba za bjelančevinama. U hranidbi stoke koristi se kao zelena masa, sijeno i silaža, te briketi, granule i zeleno brašno koji se proizvode procesom dehidriranja (Vratarić i Sudarić, 2008.). Osim navedenog, u novije se vrijeme, ostaci odnosno biomasa od prerade soje koriste u održivoj proizvodnji biogoriva, bioenergije i naprednih materijala (Sriram i sur., 2005.; Srirangan i sur., 2012.; Ellabban i sur., 2014.; Gonzalez i sur., 2023.).

Soja pripada redu *Fabales*, porodici *Fabaceae* ili *Leguminosae* (mahunarke ili lepirnjače), rodu *Glycine*. Korijen soje je jak i velike upojne sposobnosti. Sastoji se od jakog vretenastog korijena i velikog broja sekundarnog korijenja rasprostranjenog u različitim dubinama tla. Na korijenu soje razvijaju se kvržice u kojima bakterije *Bradyrhizobium japonicum* opskrbljuju biljku dušikom u zamjenu za ugljikohidrate. Stabljika je uspravna, u početku zelena, a kasnije odrveni i postaje vrlo gruba (Rapčan, 2014.).

U Republici Hrvatskoj soja postaje sve važnija kultura i uzgaja se na 90 669 ha, a prosječni prinos po ha iznosi 2,1 t (DZZS, 2023.). Zrno soje najčešće se koristi u industriji stočne hrane za sastavljanje krmnih smjesa koje služe kao izvor proteina, a manje za proizvodnju ulja i u ljudskoj prehrani (Andrijanić i sur., 2022.). Ipak, proizvodnja soje još ne zadovoljava ukupne potrebe RH te postoje potrebe za proizvodnjom na još većim površinama kao i za većim prosječnim urodima zrna po jedinici površine (Vratarić i Sudarić, 2008.).

Rastuća globalna potražnja za energijom posljednjih se godina sve više pokriva iz obnovljivih izvora s niskim ugljičnim otiskom. Tehnološke platforme koje se koriste za pretvorbu biomase u biogoriva kao što su bioetanol i biodizel dobro su uspostavljene. Drop-in biogoriva koja zadovoljavaju tehničke standarde za motore s unutarnjim izgaranjem redovito se miješaju s fosilnim gorivima ili ih u potpunosti zamjenjuju. Ipak, postavlja se pitanje kako povećati globalnu proizvodnju biogoriva bez uvođenja varljivih poticaja koji mogu predstavljati rizik za sigurnost hrane i okoliša, osobito u zemljama u razvoju (Whalen i sur., 2017.). Kao jedno od rješenja nameće se proizvodnja krutih biogoriva (briketa i peleta) iz otpadne poljoprivredne biomase koja je jeftin i široko rasprostranjen izvor, a ovakav način zbrinjavanja poljoprivrednog otpada može umanjiti negativan utjecaj poljoprivredne proizvodnje na okoliš (Handra i Hafni, 2017.). Osim toga, peleti proizvedeni na ovaj način ne predstavljaju opasnost za okoliš jer se sastoje samo od organske tvari i ne sadrže nikakve dodane opasne kemikalije (Atabani i sur., 2022.). Posljednjih je godina globalna proizvodnja peleta značajno povećana. Između 2000. i 2018. godine proizvodnja peleta u svijetu povećana je s 1,7 na 55,7 milijuna tona (Statista, 2024.).

U Direktivi o energiji iz obnovljivih izvora energije, koja je izvorno donešena u travnju 2009. godine, a revidirana zadnji puta u listopadu 2023. cilj je ubrzati prelazak članica Europske unije na čistu energiju te do kraja 2030. povećati udio u obnovljivim izvorima energije na 42,5 %. Prema podacima iz 2021. energija iz obnovljivih izvora činila je 21,8 % konačne bruto potrošnje energije u zemljama članicama EU (Europski parlament, 2024.), dok je u RH činila 31,7 %. Proizvodnja krutih biogoriva u Hrvatskoj u 2021. obuhvaćala je proizvodnju drvenih peleta i briketa, drvenog ugljena, drvene sječke i ogtjevnog drveta, a peleti su se proizvodili u 28 pogona. Ukupni kapacitet proizvodnje drvnih peleta godišnje iznosio je 458 014 t (Energetski institut Hrvoje Požar, 2022.).

Cilj je ovog rada utvrditi agrotehničke mjere u proizvodnji soje na jednom obiteljskom poljoprivrednom gospodarstvu (OPG), opisati proizvodnju agropeleta od sojine slame kao alternativnog izvora za dobivanje energije na drugom OPG-u te utvrditi mogući profit.

2. MATERIJALI I METODE

2.1. OPG Saša Jeličić

Istraživanje je provedeno na obiteljskom poljoprivrednom gospodarstvu (OPG) Saša Jeličić koje je osnovano 2003., a nalazi se u selu Bolman (45° 43' 19" N, 18° 31' 02" E, 90 m nadmorske visine), općini Jagodnjak, u Osječko-baranjskoj županiji. Na OPG-u su zastupljeni ratarska proizvodnja i uzgoj peradi za vlastite potrebe. OPG raspolaže s oko 500 ha obradive površine na kojoj se uzgajaju pšenica, kukuruz, soja, suncokret, ječam i repa. Oko 40 ha obradive površine zasijano je sojom. Pored vlastite ratarske proizvodnje bave se uslužnom žetvom pšenice, kukuruza, soje i ječma.

2.2. Uzgoj soje na OPG-u Saša Jelčić

U ovom istraživanju predusjev soji bila je pšenica koja je požnjevena 25. lipnja 2021. godine zbog povoljnih vremenskih uvjeta u tom razdoblju. Nakon žetve pšenice obavljeno je prašenje strništa tanjuračom na dubinu od 10 cm koje ima za cilj uništiti korove i prekinuti kapilarno uzdizanje vode. Nakon dva dana izvršeno je podrivanje tla. Početkom rujna, prije oranja na dubinu od 30 cm, obavljena je aplikacija mineralnog gnojiva NPK 0:20:30, a tanjuranje tri dana nakon oranja. Prije pripreme tla sjetvospremačem aplicirana je UREA-e sredinom ožujka. Sjetva je izvršena sredinom travnja, na međuredni razmak od 50 cm i razmak u redu od 12 cm. Nakon sjetve, a prije nicanja, usjev je tretiran sredstvom za suzbijanje uskolisnih i širokolisnih korova. Početkom svibnja obavljena je prva međuredna kultivacija, a sredinom istog mjeseca ponovljeno je tretiranje sredstvom za suzbijanje korova. Druga međuredna kultivacija obavljena je do kraja mjeseca. Žetva je izvršena u razdoblju od 20. do 30. rujna 2022. Budući da se radi o velikoj površini posijanoj sojom, žetva je trajala 10 dana, a zrno se s proizvodne površine odmah nakon istovara iz spremnika kombajna u prikolicu traktora odvozilo u skladište.

2.3. Proizvodnja agropeleta na OPG-u Slađana Pandur

Slamu soje, koja je sekundarni proizvod u proizvodnji soje, od OPG-a Saša Jelčić otkupljuje OPG Slađana Pandur koji posjeduje proizvodnu liniju Pelet Metalac iz Obrenovca u Srbiji (Slika 1.) i proizvodi vlastite agropelete. Za proizvodnju 500 kg agropeleta potrebno je 500 kg bala sojine slame. Proces proizvodnje agropeleta, odnosno peletiranje bazira se na zbijanju suhih biljaka u fino usitnjenu masu koja izgledom podsjeća na granule. Proizvodni proces

odvija se u nekoliko faza: sušenje, sjeckanje, zbijanje, hlađenje, pakiranje i skladištenje (Debeljak, 2018.). Osušena slama u balama postavlja se u uređaj za usitnjavanje (sjekač), koji je prikazan na slici 2. Slama se usitnjava s tri noža do dužine od 5 do 6 cm. Noževi su raspoređeni na način da se dobiju kvalitetni i jednoliki oblici. Slama se nakon sječenja odvodi do mlina (Slika 3.) uz pomoć zračne struje. Mlin se sastoji od više izmjenjivih sita, a prilikom proizvodnje agropeleta na ovom gospodarstvu koriste sito promjera 7 mm. Kako bi se pojačala kalorijska vrijednost agropeleta, u mlin se dodaje lomljeno zrno kukuruza i ostaci nakon sušenja zrna. Ako je slama presušena, u mlin se dodaje oko pola litre vode kako bi se poboljšalo mljevenje i miješanje. Iz mlina, uz pomoć pužnog transportera, sojina slama i dodaci transportiraju se u kondicioner (Slika 4.a) uz koji se nalazi upravljačka ploča (Slika 4. b). Za uspješan proces potrebno je nekoliko puta ponoviti postupak mljevenja kako bi se dobila dovoljna količina potrebnog materijala za proizvodnju agropeleta.



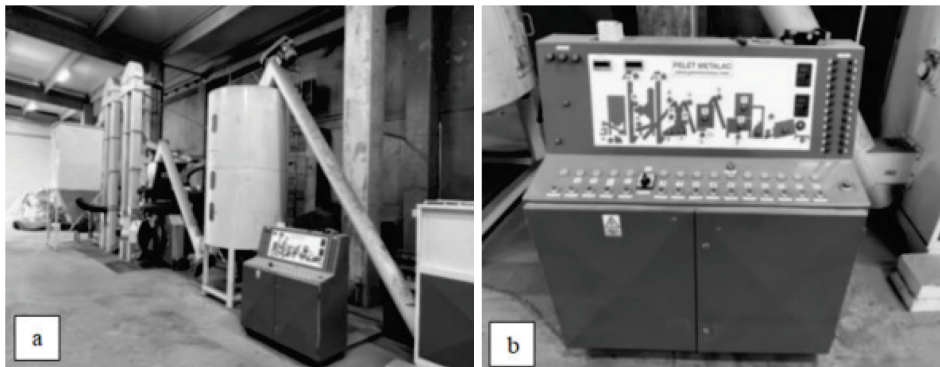
Slika 1. Postrojenje za proizvodnju agropeleta (Izvor: <https://www.peletmetalac.com/>)
Figure 1 Facility for agro pellet production (Source: <https://www.peletmetalac.com/>)



Slika 2. Uređaj za usitnjavanje sojine slame (Izvor: autori)
Figure 2 Device for shredding soybean straw (Source: authors)



Slika 3. Mlin sa sitom (Izvor: autori)
Figure 3 Mill with sieve (Source: authors)



Slika 4. a) Kondicioner, b) Upravljačka ploča proizvodne linije (Izvor: autori)

Figure 4 a) Conditioner, b) Production line control panel (Source: authors)

Nakon završetka kondicioniranja slama se doprema u prešu (Slika 5.) iz koje izlaze agropeleti u spremnik. Kako je ranije navedeno, zbog trenja između agropeleta dolazi do njihovog zagrijavanja te se agropeleti dopremaju u spremnik za hlađenje. Nakon što se agropeleti ohlade, mogu se pakirati ili odmah koristiti kao ogrjevni materijal. Trenutno proizvode agropelete samo za vlastite potrebe, a budući da nemaju dovoljnu količinu bala sojine slame, iste otkupljuju od OPG-a Saša Jeličić.



Slika 5. Preša i spremnik za agropelete (Izvor: autori)

Figure 5 Press and container for agricultural pellets (Source: authors)

3. REZULTATI I RASPRAVA

Agrotehničke operacije uzgoja soje na površinama OPG-a Saša Jeličić provedene su u optimalnim rokovima, a u tablici 1 prikazani su utrošeni sati rada, strojevi, priključci i trošak svih operacija.

Tablica 1. Agrotehničke operacije pri uzgoju soje na OPG-u Saša Jeličić

Table 1 Agrotechnical operations during soybean cultivation at family farm Saša Jeličić

Operacija Operations	Dh* (h)	Stroj Machine (kW)	Priključak Connection	Trošak Cost (€)
Prašenje strižišta Stubble cultivation	8	T-196	Tanjurača Disc harrow	393,66
Podrivanje Ripping	16	T-276	Podrivač Ripper	515,16
Utovar mineralnog gnojiva Loading mineral fertilizer	5	T-62	Utovarivač Loader	16,20
Prijevoz gnojiva Fertilizer transport	4	T-93	Prikolica Trailer	11,60
Apliciranje gnojiva Fertilizer application	52	T-93	Rasipač Fertiliser spreader	76,46
Oranje Ploughing	18	T-196	Plug Plough	1.360,80
Tanjuranje Disc harrow	18	T-196	Tanjurača Disc harrow	184,62
Priprema zemljišta Land preparation	25	T-196	Sjetvo-spremač Pre-sowing preparation	155,42
Utovar sjemena Seed loading	2	T-63	Utovarivač Loader	8,10
Prijevoz sjemena Seed transport	2	T-93	Prikolica Trailer	5,80
Sjetva Seeding	15	T-196	Žitna sijačica Seed drill	124,64
Prskanje Spraying	16	T-93	Prskalica Sprayer	71,18
Međuredna kultivacija In-row cultivation	13	T-93	Kultivator Cultivator	177,56
Žetva Harvest	80		Kombajn Combine	493,68
Prijevoz zrna Grain transport	80	T-93	Prikolica Trailer	131,12
Ukupni trošak: Total cost:				3.726,00

* trajanje radnog dana u satima u agrotehničkom roku

* duration of the working day in hours in the agricultural term

Proizvedeno je 160 tona zrna, u prosjeku 4 t ha⁻¹. Troškovi i prihodi uzgoja soje prema tržišnim cijenama prikazani su u tablici 2. Mesar (2018.) navodi kako je na prosječan prinos od 2.427 kg ha⁻¹ zrna soje moguće prikupiti 1.452 kg ha⁻¹ sojine slame. Masa prikupljene sojine slame na ovom gospodarstvu iznosila je 2.392 kg ha⁻¹, ukupno 95.680 kg za proizvodnu godinu koja je prodana OPG-u Slađana Pandur. Na ovom gospodarstvu proizvedeno je 95.680 kg agropeleta sojine slame za vlastite potrebe. Tržišna cijena agropeleta sojine slame iznosi 0,10 € kg⁻¹ (Euro-tim d.o.o., 2023.). Iz navedenih podataka moguće je utvrditi kako je postrojenjem za proizvodnju agropeleta moguće dodatno zaraditi i do 20 % po hektaru iz sekundarnog proizvoda.

Tablica 2. Troškovi i prihodi proizvodnje soje na OPG-u Saša Jeličić

Table 2 Costs and income of soybean production at family farm Saša Jeličić

Troškovi proizvodnje Production costs	€
Sjeme soje Soybean seed	10.580,00
Mineralno gnojivo Inorganic fertilizer	23.920,00
Zaštitna sredstva Protection resources	2.400,00
Trošak operacija Cost of operations	3.726,00
Ukupno Total	36.900,00
Prihodi proizvodnje Production income	
Zrno soje Soybean grain	89.600,00
Slama soje Soybean straw	3.828,00
Ukupno: Total:	93.428,00

4. ZAKLJUČAK

Biogorivo kao što je agropelet proizveden od poljoprivrednih ostataka koji sagorijevanjem ne otpušta ugljikov dioksid u tolikoj mjeri kao neka fosilna goriva, a ujedno predstavlja i obnovljivi izvor energije, može uvelike pomoći u smanjenju onečišćenosti, a samim tim i smanjenju krčenja šuma. Agropelet kao gorivo budućnosti privlači sve veću pažnju građana jer je relativno jeftino gorivo za ogrjev. Obiteljska poljoprivredna gospodarstva Saša Jeličić i Slađana

Pandur navedena u ovom radu prepoznala su prednosti iskorištavanja sojine slame za proizvodnju agropeleta te su primjer uspješne suradnje dvaju gospodarstava. Iz dobivenih rezultata vidljivo je kako se proizvodnjom agropeleta od sojine slame može umanjiti trošak inputa proizvodnje soje za zrno i ostvariti dodatan prihod i do 20 % po hektaru te na taj način ostvariti dodatnu vrijednost iz ostataka nastalih u ratarskoj proizvodnji.

5. POPIS LITERATURE

1. Andrijanić, Z., Matoša Kočar, M., Brezinščak, L., Pejić, I. (2022.): Trendovi proizvodnje soje u Hrvatskoj. *Glasnik zaštite bilja* 45(4): 58-68.
2. Atabani, A.E., Mahmoud, E., Aslam, M., Naqvi, S.R., Juchelková, D., Bhatia, S.K., Badruddin, I.A., Yunus Khan, T.M., Hoang, A.T., Palacky, P. (2022.): Emerging potential of spent coffee ground valorization for fuel pellet production in a biorefinery. *Environment, Development and Sustainability* 25: 7585-7623.
3. Debeljak, D. (2018.): Proizvodnja peleta iz poljoprivrednih ostataka, Geotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
4. Ellabban, O., Abu-Rub, H., Blaabjerg, F. (2014.): Renewable Energy Resources: Current Status, Future Prospects and Their Enabling Technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 39: 748-764.
5. Energetski institut Hrvoje Požar (2022.): Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja Republike Hrvatske, Zagreb. Dostupno na: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://eihp.hr/wp-content/uploads/2023/01/Energija%20u%20HR%202021_WEB_LR.pdf (datum preuzimanja: 29. siječnja 2024.).
6. Europski parlament. Dostupno na: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/hr/sheet/70/energija-iz-obnovljivih-izvora> (datum preuzimanja: 29. siječnja 2024.)
7. Euro-tim d.o.o., Sibinj, Hrvatska. Dostupno na: <https://www.euro-tim.com/proizvodi> (datum preuzimanja: 29. siječnja 2024.)
8. Gonzalez, P.G.A., de Jesus Gariboti, J.C., Leal Silva, J.F., Lopes, E.S., Abaide, E.R., Lopes, M.S., Concha, V.O.C., Felisbino, R.F., Gomes, E.L., Tovar, L.P. (2023.): Soybean Straw as a Feedstock for Value-Added Chemicals and Materials: Recent Trends and Emerging Prospects. *BioEnergy Research*, 16: 717–740.
9. Handra, N., Hafni (2017.): Effect of binder on comustion quality on EFB bio-briquettes. *International Conference on Environmental and Technology*, 97: 1-7.
10. Mesar, H. (2018.): Učinkovitost strojnog prikupljanja sojine slame. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb.

11. Pelet Metalac, Obrenovac, Srbija. Dostupno na: <https://www.peletmetalac.com>
12. Rapčan, I. (2014.): Bilinogojstvo - sistematika, morfologija i agroekologija važnijih ratarskih kultura. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
13. Shea, Z., Singer, W.M., Zhang, B.: Soybean Production, Versatility, and Improvement. Legume crops: prospects, production and uses, Ed. Hasanuzzaman, M., IntechOpen, London, 2020, 29.
14. Sriram, N., Shahidehpour, M.: Renewable biomass energy. IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2005., 612-617.
15. Srirangan, K., Akawi, L., Moo-Young, M., Chou, C.P. (2012.): Towards sustainable production of clean energy carriers from biomass resources. Applied Energy 100, 172-186.
16. Statista, Wood pellet production worldwide from 2000 to 2018. Dostupno na: <https://www.statista.com/statistics/509075/global-wood-pellet-production/> (datum preuzimanja: 26. siječnja 2024.)
17. Vratarić, M., Sudarić, A. (2008.): Soja. Poljoprivredni institut Osijek, Osijek.
18. Whalen, J., Xu, C.C., Shen, F., Kumar, A., Eklund, M., Yan, J. (2017.): Sustainable biofuel production from forestry, agricultural and waste biomass feedstocks. Applied Energy, 198: 281-283.

Adresa autora - Author's address:

Prof. dr. sc. Irena Rapčan
e-mail: irena.rapcan@gmail.com
T. Jakšić, mag. ing. agr.
Josip Damjan, mag. ing. agr.
Denis Ćosić, mag. ing. agr.
Doc. dr. sc. Đurđica Kovačić

Primljeno – received:

06.02.2024

Prihvaćeno – accepted:

27.03.2024.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek,
Vladimira Preloga 1,
31000 Osijek, Hrvatska

