Uzgoj munga (Guizotia abyssinica) i kameline (Camelina sativa) za bioenergiju

Ćorluka, Drago

Master's thesis / Diplomski rad

2014

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josip Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:251142

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Drago Ćorluka
Sveučilišni diplomski studij, Bilinogojstvo, Biljna proizvodnja

Uzgoj munga (*Guizotia abyssinica*) i kameline (*Camelina sativa*) za bioenergiju

Diplomski rad

Osijek,2014.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Drago Ćorluka
Sveučilišni diplomski studij, Bilinogojstvo, Biljna proizvodnja

Uzgoj munga (*Guizotia abyssinica*) i kameline (*Camelina sativa*) za bioenergiju

Diplomski rad

Osijek,2014.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

Drago Ćorluka
Sveučilišni diplomski studij, Bilinogojstvo, Biljna proizvodnja

Uzgoj munga (*Guizotia abyssinica*) i kameline (*Camelina sativa*) za bioenergiju

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu diplomskog rada :

1. Prof.dr.sc. Danijel Jug, predsjednik
2. Prof. dr. sc. Davor Kralik, mentor
3. Prof.dr.sc. Bojan Stipešević, član

Osijek, 2014.

1. Uvod 2.
1.1. Općenito o mungu i kamelini 3.
2. Morfologija 4.
3. Agroekološki uvjeti 6.
3.1. Agrotehnika 7.
4. Prinos zrna i biomase 9.
4.1. Kemijski sastav zrna 13.
5. Proizvodnja biodizela 14.
5.1. Ekstrakcija ulja 17.
5.2. Transesterifikacija 18.
5.3. Pogoni za proizvodnju biodizela u RH 19.
5.4. Svojstva biodizelskog goriva, prednosti i nedostatci 21.
6. Ekologija 24.
6.1. Utjecaj izgaranja biodizelskog goriva na okoliš 25.
7. Usporedba munga i kameline s uljanom repicom i suncokretom 27.
8. Iskoristivost žetvenih ostataka za toplinsku energiju 28.
9. Potencijal za budućnost 29.
10. Zaključak 30.
11. Literatura 31.
11.1. Popis slika 33.
11.2. Popis tablica 35.
11.3. Popis grafikona 35.
12. Sažetak 36.
13. Summary 36.
14. Temeljna dokumentacijska kartica 37.
15. Basic documentation card 38.

1. Uvod

Porastom industrije raste i potreba za novim izvorima energije. Tako se svakim danom sve više pokušava pronaći učinkovit i ekonomičan način zamjene dosadašnjih fosilnih izvora energije sa obnovljivim izvorima energije. U obnovljive izvore energije ubrajamo: sunčevu energiju, energiju vjetra, energiju vodenih tokova, energiju vodika, geotermalnu energiju te energiju iz biomase. Od ukupne potrošnje obnovljivih izvora energije, obnovljivi izvori energije iz poljoprivrede zastupljeni su 83.6% (Prof.dr.sc. Kralik D.). Toliko visok postotak ukazuje nam na važnost tog dijela obnovljivih izvora energije u svrhu očuvanja ne samo prirode i njezinih resursa, nego i poljoprivrede kao primarne djelatnosti te samim time otvaranju novih radnih mjesta i izbjegavanju energetske krize u svijetu. Obnovljive izvore energije iz biomase dijelimo na osnovu produkta, odnosno oblika goriva kojeg dobivamo određenim postupcima. Na taj način razlikujemo biomasu za dobivanje: biodizela, bioetanola i metana odnosno bioplina. Dosadašnje biljke za dobivanje biodizela su uglavnom biljke koje se koriste za ljudsku ishranu poput uljane repice, suncokreta i soje što biodizel čini izravnim konkurentom čovjekovim prehrambenim navikama. U tu svrhu pokušavaju se pronaći biljne vrste koje mogu količinom ulja i ekonomičnošću proizvodnje konkurirati dosadašnjim biljnim vrstama za dobivanje biodizela a koje se pri tome direktno i indirektno ne koriste za ljudsku ishranu. U Americi se izvori biomase za proizvodnju biogoriva baziraju na suvišku poljoprivrednih proizvoda dok se Europa sve više okreće uvođenju novih kultura u plodored, njihovoj kultivaciji ili adaptaciji. Kao primjer takvih su mungo (*Guizotia abyssinica*) te kamelina (*Camelina sativa*). Transesterifikaciju biljnog ulja prvi put su izveli 1853. znanstvenici E. Duffy i J. Patrick puno ranije od nastanka prvog funkcionalnog dizel motora. Rudolf Diesel svoj je prvi čelični, trometarski, jednocilindrični motor sa zamašnjakom upogonio uljem kikirikija.

Prije i za vrijeme Drugog svjetskog rata zabilježena su testiranja biogoriva u Belgiji, Francuskoj, Italiji, Portugalu, Njemačkoj, Brazilu, Argentini te Japanu i Kini. Primjećeni su problemi s viskoznošću biodizela u radu motora. G. Chavanne je na Sveučilištu u Brusselsu, 1937. patentirao postupak za pretvorbu jestivog ulja za gorivo motora. Tim postupkom je opisana transesterifikacija jestivog ulja korištenjem metanola, da bi

se odvojio glicerol i zamijenio s kratkim bazama alkohola. To je bio prvi zapis što se danas podrazumijeva pod proizvodnjom biodizela.

1.1. Općenito o mungu i kamelini

Mungo (*Guizotia abyssinica*) je zeljasta jednogodišnja biljka porijeklom iz Etiopije te se smatra da je prenešena u Indiju od strane Etiopijskih emigranata oko 3000 g. prije Krista. Mungo obuhvaća šest vrsta: *Guizotia abyssinica, G. scara, G. repatns, G. villosa, G. arborescens* i *G. zavattarii.* Od tih šest vrsta, samo se *G. abyssinica* uzgaja. Danas je rasprostranjen u južnoj Indiji i Etiopiji, Keniji, u ograničenoj mjeri u Zapadnoj Indiji, istočnoj Africi, te u drugim dijelovima Indije. Prema izvješću Afričkog centra raznolikosti (African Center of Diversity), mungo podnosi bez većih problema bolesti, ispašu stoke, kukce, uspijeva na lošem tlu, na padinama, te na crvenom tlu nastalom ispiranjem silicija i obogaćeno aluminijem i željeznim oksidima, posebno u vlažnim podnebljima. Raste i razvija se u rasponu od umjereno suhih temperatura do vlažnih ka vrlo suhim tropskim. Mungo podnosi godišnju količinu oborina od 660 do 1790 mm , godišnja temperatura od 13,6 do 27,5 ° C , i pH 5.5 do 7.5. Mungo je prilagođen tropskim i umjerenim regijama, te umjerena količina oborina ne smije prelaziti 1000 mm godišnje. Prilagođen je širokom rasponu tala, od pjeskovitih do bogatih, rast je osiromašen na laganim pjeskovitim ili šljunčanim tlima. U istočnoj Africi raste na visinama do 2.500 metara, ali daje zadovoljavajuće prinose i na nižim visinama. Često se uzgaja na vrlo siromašnim kiselim tlima, na brdovitim terenima, gdje je plodnost niska zbog izlučivanja biljnih nutrienata te erozije.

Kamelina (*Camelina sativa*) brzo raste – 85 do 100 dana od sjemenke do žetve – sjeme bogato omega 3 mastima. Poznato je po imenima kao „Leindotter“ i „False flax“. Prihvaćeno zbog otpornosti na nametnike i niskih nutritivnih zahtjeva, kamelina je proslavljena kao poželjna sirovina za brzorastuću industriju bio goriva. Kamelina je još jedna obećavajuća alternativna sirovina za produkciju biodizela , koja je normalno kultivirana u sjeverno – zapadnom dijelu SAD-a , u državama kao što su Montana, Minesota i Sjeverna Dakota. Raste dobro u umjerenim temperaturama. Demonstriran je njen rast na marginalnim zemljištima, ima niske potrebe za hranivima i pesticidima te je vrlo otporna na hladne sredine. Također

može se koristiti kao usjev u plodoredu sa pšenicom. Na njezin rast ne utječu niti više temperature tih regija niti ograničene padaline koje uzrokuju nisku vlažnost tla.

2. Morfologija munga i kameline

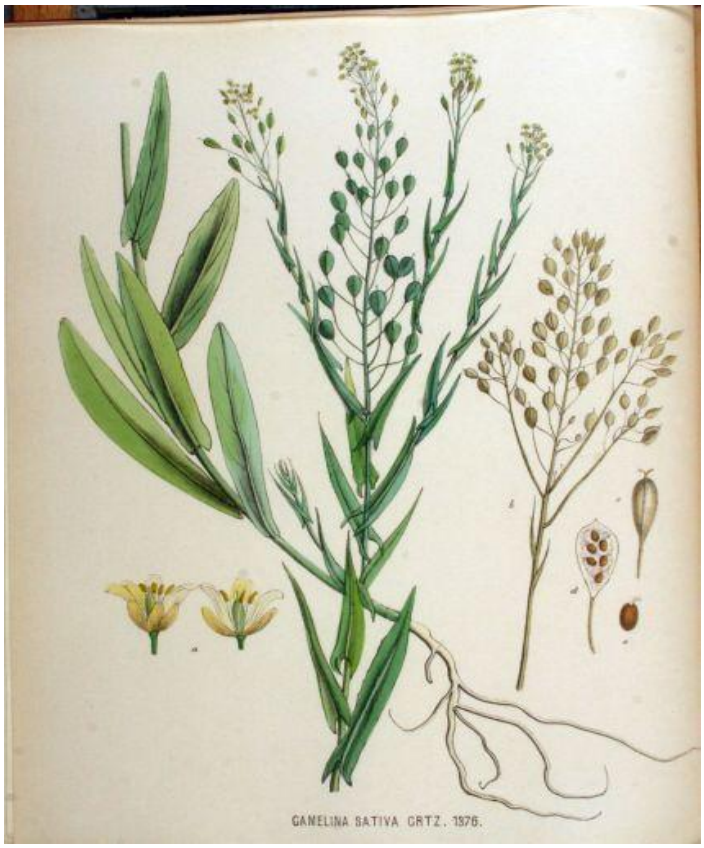
Od svih rodova *Guizotia*, samo se rod *abyssinica* uzgaja kao kulturna vrsta. Mungo je zeljasta jednogodišnja biljka. Visina stabljike varira od 0,5 m do 1,5 m ovisno o ishrani, ekološkim uvjetima, gustoći i vremenu sjetve. Dlakavost stabljike je još jedna od karakteristika munga i ona se povećava od podnožja prema vrhu stabljike. Listovi su nasuprotni, jajolikog do kopljastog oblika, nazubljenih oboda, dužine do 22 cm. Cvjetovi se nalaze pojedinačno ili u skupinama raspoređenim u grozdove. Svaka biljka sadrži na vršnim završetcima stabljike 40 do 60 cjevastih dvospolnih cvjetova okruženi sa najnižim redom jezičastih cvjetova. Cvjetovi su stranooplodni tako da kukci imaju značajnu ulogu u oplodnji ovih biljaka. Sjemenke se nalaze u roški poput suncokreta, širine 0,5 mm te dužine 4 do 6 mm.

Kamelina *(Camelina sativa)* je jednogodišnja ozima biljka porijeklom od Mediterana do srednje Azije. Razvija glatke ili dlakave stabljike koje postaju bujne kod dozrijevanja i budu od 25 - 100 cm visoke. Listovi imaju oblik strelice 5 – 6 cm dugi s glatkim rubovima. Svaka stabljika ima puno sitnih žutih cvjetića od kojih svaki ima 4 latice. Sjemenke su kruškolikog oblika, 0,7 – 2,5 cm u promjeru, narančaste ili smeđe boje, koje nastaju samooplodnjom, ali i oplodnjom koju vrše kukci.



Slika 1: Mungo: stabljika s lišćem i cvijetovima

(Izvor: httpbangalore.citizenmatters.inuploadspictureimage6421Guizotia_Abyssinica.JPG)



Slika 2. Kamelina: stabljika, korijen, list, cvijet i sjeme

(Izvor: http://luirig.altervista.org/cpm/albums/flora-batava3/flo-bat18-1506-camelina-sativa.jpg)

3. Agroekološki uvjeti

Mungo raste na planinskim područjima Koraputa i Arakia i to na nadmorskim visinama većim od 2500m, ali daje zadovoljavajuće prinose i na nižim terenima. Zahtjeva umjerenu količinu oborina i umjerenu do tropsku klimu. Navode se prinosi od 200 do 300 kg/ha, ali uz pravilnu agrotehniku dostiže i do 600 kg/ha. Može se uzgajati u plodoredu s pšenicom i kukuruzom. Mungo se često uzgaja na tlu loše kvalitete, budući da su tla bolje kvalitete potrebna za proizvodnju hrane (Weiss, 2000). Stoga se može očekivati da će na tlu dobre dubine i kapaciteta održavanja vlage, uz dobru razinu vlage prije sadnje usjeva, tolerirati i mnogo niže količine padalina te postići odgovarajući rast. Podnosi godišnju količinu oborina od 6,6 do 17,9 dm te pH tla od 5.5 do 7.5. Najbolje se prilagođava polutropskim uvjetima. Preferira umjerene temperature za rast, od 19° do 30°C, i iako sadnice ne toleriraju mraz, temperature ispod 9 °C nemaju utjecaj na rast biljke (Weiss 2000). Kamelina izuzetno dobro uspjeva u klimama jugozapada Sjedinjenih država i sjeveroistoka Brazila. Odlikuje se jednostavnim i nezahtjevnim potrebama za tipovima tla, hranivom te temperaturom i oborinama. Kamelina može uroditi između 730 i 1460 kilograma po hektaru sa manje od 400 litara padalina godišnje.

3.1. Agrotehnika

Sjeme munga sije se u redove u tropskim područjima to jest od lipnja do kolovoza za usjeve tijekom kišne sezone, a od rujna do sredine studenog za zimsku sezonu usjeva u Indiji, te svibnja do srpnja u Etiopiji, a u Keniji na početku kišne sezone. Količina sjemena za sjetvu je 10kg/ha ili se sije u redovima 40-50 cm kada je količina potrebna za sjetvu 5 kg /ha. Sjeme se često miješa s hranivom zbog svoje niske apsolutne mase zrna, lakšeg rukovanja i sjetve te ujednačenijeg klijanja, nicanja i rasta. Sjetva se obavlja po površini tla nakon čega se sjeme unosi u tlo jednostukim ili višestrukim drljanjem. Klijanje počinje oko 2 dana nakon sjetve. U koliko je sjetva uspješno i pravovremeno obavljena, sjeme zdravo sa zadovoljavajućim postotkom klijavosti te ekološki uvjeti povoljni, nakon 7 dana većina biljaka bi trebala izniknuti. Jedno okopavanje tj. mehaničko uklanjanje korova je obično dovoljno. Mnogi uzgajivači ne vrše gnojidbu zemljišta. Najbolji prinosi sjemena i slame su dobiveni s uravnoteženim NPK gnojivima. U Indiji, kada je mungo pomiješan s ragi sjemenkama, redovi bi trebali biti 15-30 cm u razmaku da omogućuju kontrolu korova, zemlja se prodrlja 3-4 puta prije sadnje. Mungo je dobar usjev u plodoredu sa kukuruzom i pšenicom. Prije cvatnje, oko 3 mjeseca nakon sjetve, treba izdvojiti loše biljke od kvalitetnih da bi se osigurala dobra proizvodnja i urod. Žetva se obavlja tri do četiri i pol mjeseca nakon sadnje, ovisno o regiji. Treba omogućiti da biljke odstoje dok cvjetovi ne uvenu. Daljnja odgoda će izazvati velike gubitak sjemena otpadanjem. Usjev se može vršiti ručno ili strojno. Kada se vrši ručno, žetva se obavlja sa srpovima, veže se u snopove i suše na suncu tjedan ili dva, a za to vrijeme sazrijevaju neka od kasno formiranih sjemena. Vršidba se sastoji od mlaćenja suhe stabljike s letvicama. Sjemenke se zatim lako odvajaju, te se čiste od zemlje i korova sjemena, povijaju se i prosijavaju. Sjemenke su u vrećama isporučuju do tvornice ulja.

Kamelina se sije na dubinu od 0.6 do 1 cm. Idealan razmak redova s obzirom na prinos, ekonomičnost potrošnje sjemenskog materijala i kontrolu korova je 15.2 cm pri čemu se na taj način koristi 8 funti sjemena po hektaru, odnosno 3.62 kg/ha. Sjetva se obavlja krajem travnja pri povoljnim vremenskim uvjetima. Kao povoljne vremenske uvjete izražavamo vremenske uvjete prilikom kojih je moguće obavljati strojnu sjetvu. Tlo ne bi trebalo biti previše vlažno jer se takvo tlo nakuplja na baterijama sijačice, sjetva se ne odvija ravnomjerno a sabijanje tla

od strane mehanizacije je značajno povećano. Zaštita se obavila prije sjetve sa etalfluralinom u količini 6.2 l/ha. U gnojidbi se primjenilo kompleksno gnojivo obogaćeno sumporom i to u koncentraciji 21:0:0:24 sa 113,4 kg/ha od čega 24 kg/ha dušika i 27.2 kg/ha sumpora. Dodatna prihrana i zaštita tokom vegetacije nisu korišteni. Od dodatnih zahvata obavljeno je jedino navodnjavanje u kritičnim periodima za vodom prilikom rasta i razvoja biljke. Tlo je za sjetvu pripremljeno roto frezom a žetva se obavila u do sredine kolovoza (Rosenberg i Bentley, 1999.).



Slika 3: Polje kameline zasijano u redove na 50 cm razmaka

(Izvor: http://www.genitronsviluppo.com/)



Slika 4: Žetva kameline žitnim kombajnom

(Izvor: http://i.ytimg.com/vi/kxYKihpBdGU/0.jpg)

4. Prinosi zrna i biljne mase

Količina sjemena po jedinici površine u usjevima munga kao takva nije izravan konkurent uljanoj repici. Konkurentnost munga za proizvodnju bioenergije bazira se na njegovoj sposobnosti da daje ujednačene prinose na lošijim tlima uz minimalnu ili gotovo nikakvu obradu tla i prihranu (Tablica 1). Tablično je prikazan prinos zrna i biljne mase po hektaru pri vlazi zrna od 12%. Istraživanje se provodi na tri lokacije (Poljanci, Brodsko-posavska županija, Široko Polje, Osječko-baranjska županija, te Vraneševci, Virovitičko-podravska županija), s reprezentativnim tipovima tala (Poljanci-ritska crnica, Široko Polje-eutrično smeđe tlo, Vraneševci - lesivirano tlo-luvisol), s postrnim rokovima sjetve, pripremama tla za sjetvu i različitim gnojidbama za mungo i kamelinu. Za postrni rok sjetve (sjetve iza skidanja pretkulture ozimog ječma, kraj lipnja 2013.) postavio se split-plot eksperimentalni dizajn u četiri ponavljanja, gdje je glavni tretman bio "Obrada" u tri razine:

- CT – konvencionalna priprema tla koja uključuje oranje (do 20 cm dubine),
- MD – reducirana obrada, višestruko tanjuranje, i
- SD – reducirana obrada, jednostruko tanjuranje.

Podtretman "Gnojidba" imao je slijedeće razine:

- G0 – kontrola, bez prihrane;
- G1 – standardne prihrane KANom;
- G2 – prihrane 5%-tnom otopinom Uree;
- G3 – folijarna prihrana pripravkom "Profert Mara" –preporučena doza (8l/ha);
- G4 – folijarna prihrana pripravkom "Profert NGT" – preporučena doza (2 kg/ha);
- G5 – prihrane mikrobiološkim preparatom Thiofer – preporučena doza (2 l/ha), te;
- G6 – prihrane mikrobiološkim preparatom EM Aktiv – preporučena doza (2 l/ha).

Osnovna gnojidba u postrnoj sjetvi nije provedena, nego samo prihrane.

Tablica1: Urod zrna munga (kg/ha)

(Izvor: Prof.dr.sc. Stipešević B.)

	CT	MD	SD	AS
KONTROLA	417	391	384	398
KAN	562	533	526	540
UREAFOL	656	634	629	639
PROFERT	516	493	486	498
NGTPROF	489	460	452	467
THIOFER	495	467	460	474
EMTEH	527	499	493	506
	523	**497**	**490**	

Tablica 2: Urod biljne mase munga (kg/ha)

(Izvor: Prof.dr.sc. Stipešević B.)

	CT	MD	SD	AS
KONTROLA	2997	2973	2968	2979
KAN	4893	4867	4865	4875
UREAFOL	5209	5182	5179	5190
PROFERT	3673	3644	3639	3652
NGTPROF	3527	3501	3497	3508
THIOFER	3703	3678	3676	3686
EMTEH	4673	4644	4636	4651
	4096	**4070**	**4066**	

Kamelina se pokazala kao kultura bolje rodnosti što je bilo za očekivati s obzirom da u nekultiviranom obliku kao divlja biljka daje veći prinos zrna i biljne mase po jedinici površine. Kao ekstremno niska točka u prinosu zrna pokazao se pokus bez prihrane i to sa jednostrukim tanjuranjem reducirane obrade od 686 kilograma zrna po hektaru dok se kao njegova najveća suprotnost pokazao pokus konvencionalne obrade tla sa prihranom mikrobiološkim preparatom EM Aktiv koji ima preporučenu dozu od 2 litre po hektaru. U tom pokušaju kamelina je urodila sa 1178kg sjemena po hektaru (Tablica 3). Kako za urod sjemena tako i za urod biomase najlošijim se pokazala reducirana obrada tla sa jednostrukim tanjuranjem od 3657 kg suhe mase po hektaru. Najučinkovitijim se pokazala također upotreba konvencionalne obrade tla uz oranje na 20 cm dubine te uz prihranu mikrobiološkim preparatom EM Aktiv koji je urodio sa 6654 kilograma suhe biljne mase po hektaru (Tablica 4).

Tablica 3: Urod zrna kameline u (kg/ha)

(Izvor: Prof.dr.sc. Stipešević B.)

	CT	MD	SD	
KONTROLA	719	694	686	700
KAN	934	910	908	917
UREAFOL	1064	1040	1038	1047
PROFERT	998	975	973	982
NGTPROF	982	960	956	966
THIOFER	868	845	841	851
EMTEH	1178	1153	1145	1158
	963	**940**	**935**	

Tablica 4: Urod biljne mase kameline (kg/ha)

(Izvor: Prof.dr.sc. Stipešević B.)

	CT	**MD**	**SD**	
KONTROLA	3686	3664	3657	3669
KAN	5291	5264	5256	5270
UREAFOL	6566	6544	6541	6550
PROFERT	5329	5304	5298	5310
NGTPROF	5569	5536	5532	5546
THIOFER	5252	5224	5218	5231
EMTEH	6654	6632	6625	6637
	5478	**5453**	**5447**	

Borba protiv korova obavljena je samo predsjetvenom obradom, bez upotrebe herbicida, budući da niti jedan herbicid nije registriran kao neštetan za ove dvije kulture. Berba se obavljala ručno. Cijele stabljike obje kulture su podsijecane motornim škarama za živicu na visini od 3-5 cm iznad tla, sa slučajno odabranih površina putem bacanja kvadratnog okvira od 1/4 m^2 (50x50 cm^2) četiri puta na svaku osnovnu parcelu (2x5 m^2). Usjev je zatim ručno ovršen, te se uzeo uzorak biljne mase za određivanje vlage u vegetativnoj masi, koji se sušio 48 h na 65°C, nakon čega je preračunata biljna masa na suhu tvar. Sjeme se također sušilo na zraku do trenutka vaganja, pri čemu je očitana vlaga (putem Dickey John vlagomjera), te je preračunata masa sjemena na 12% vlage.

4.1. Kemijski sastav zrna

Na 100 g sjemena mungo sadrži 483 kalorije, 6,2 do 7,8 g vode, 17,3-19,4 g proteina, 31,3-33,9 g masti, 34,2 - 39,7 g ugljikohidrata, 13,5 g vlakana, 1,8 do 8,4 g pepela, 50-470 mg kalcija, 180-800 mg fosfora, 0,43 mg tiamina, 0,55 mg riboflavina, 3,00 mg niacina. Hagerov priručnik stavlja sadržaj ulja na 35-40% glicerida oleinske, linolne, palmitinske, miristinske, i physetolic kiseline. Wealth of India sažima sastav masnih kiselina kao 1,7-3,4% miristilna (uključujući kaprinski i laurinski), 5,0-8,4% palmitinske, 2,0-4,9% stearinske, 31,1-38,9% oleinske i 51,6-54,3% linolne. Na osnovu sušenja zrakom, biljka korištena kao zeleno gorivo sadrži 0,2% N, 0,85% kalijevog karbonata i 0,11% fosforne kiseline (CSIR 1948-1976). Korjenje sadrži nekoliko poliacetilenskih spojeva. Ulje kameline ima jedinstven uzorak masne kiseline i karakterističan je po linolenskoj kiselini (C18: 3) sadržaja od 30 % do 40 %. Paulinske kiseline (C20 : 1) sadrži od oko 15 % s manje od 4 % eruka kiselina (Seehuber 1984; Marquard i Kuhlmann 1986; . Budin et al 1995), što ukazuje na korištenje ulja sjemenki kao ulje sigurno za okoliš i sa premazivanjem sličnim lanenom ulju (Luehs i Friedt , 1993). Štoviše u kamelini je pronađen razmjerno nizak sadržaj glukozinolata u odnosu na druge brassicaceae (Lange i sur. 1.995).



Slika 5: (Sjeme i tobolac kameline)

(Izvor: http://www.oilseedcrops.org /)



Slika 6: Sjeme i cvat munga

(Izvor: http://www.gardenworldimages.com/)

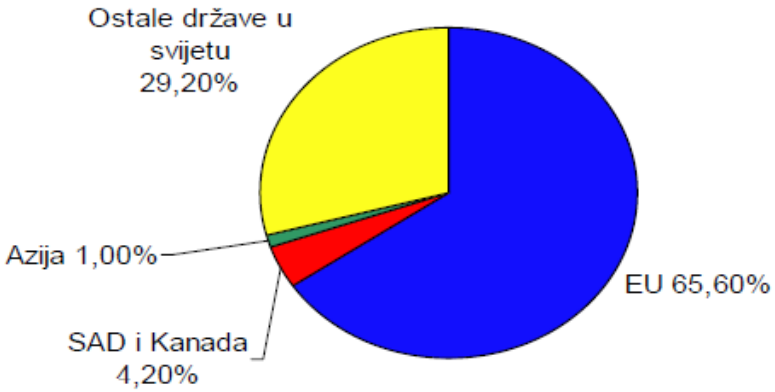
5. Proizvodnja biodizela

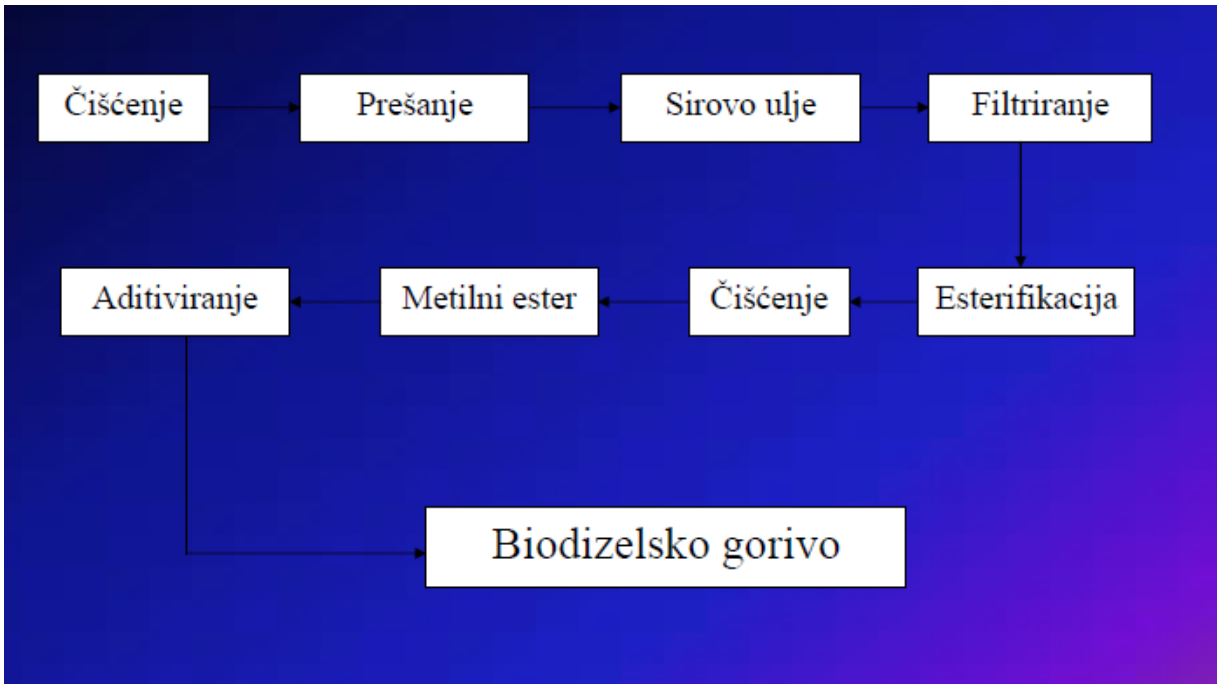
Razvoj biodizela kao alternativnog obnovljivog izvora energije za poljoprivrednu mehanizaciju i transportni sektor postao je nacionalni kamen temeljac u razvoju strategija za energetsku neovisnost. Zbog svoje obnovljivosti, visokog stupnja razgradivosti te smanjene emisije zagađenja, biodizel se smatra okolišno prihvatljivim gorivom. Nepotpuno sagorijevanje i nakupljanje ugljika na brizgaljkama i ventilima dovodi do određenih problema s motorom. To se događa zbog veće viskoznosti biljnog ulja nasuprot običnog dizela. Kako bi se izbjegao ovaj problem, provodi se transesterifikacija u svrhu smanjivanja viskoznosti biljnog ulja. Dva katalizatora koja se često koriste za ove reakcije su kalijev i natrijev hidroksid. Međutim, alkalni katalizator za transesterifikaciju biljnih ulja je moguće koristiti samo ukoliko je pH vrijednost ulja niža od 4, što je problematično. Veliki postotak slobodnih masnih kiselina u ulju smanjuje prinos esterifikacije. Takva ulja se koristi uglavnom za izradu

jeftinih sapuna. Zbog toga je znatno skuplje odvajanje katalizatora od proizvedenih monoestera. Osim toga, formacija sapuna vodi ka gubitku molekula triglicerida, koje se mogu koristiti za proizvodnju biodizela. Teško je transesterificirati te slobodne masne kiseline u biljnim uljima koristeći obične lužnate katalizatore. Prvi cilj je razviti metodu esterifikacije viših slobodnih masnih kiselina u biljnim uljima jer slobodne masne kiseline su potencijal za proizvodnju biodizela (Peter i sur. 2002.). Heterogeni, čisti kristalni pepeljasti manganov karbonat kao katalizator ima mnoge prednosti u proizvodnji biodizela iz biljnih ulja koje sadrže veliki postotak slobodnih masnih kiselina. Procesi kao piroliza i transesterifikacija također smanjuju viskoznost biljnih ulja. Česta metoda proizvodnje biodizela je transesterifikacija biljnih ulja ili životinjskih masnoća pomoću alkohola. Zajedno s biodizelom proizvodi se i glicerol kao nusproizvod. Transesterifikacija je kemijska reakcija između triglicerida i alkohola uz prisutstvo katalizatora u svrhu nastajanja monoestera. Dug i razgranat lanac molekule triglicerida prelazi u monoestere i gliceride. Do danas je proizvodnja biodizela dobro proučena i uhodana, posebice korištenjem katalizatora kao što je natrijev hidroksid i sumporna kiselina. Transesterifikacija se također provodi korištenjem super kiselina. Katalitički sustav kiselina i baza se povezuje sa tehnološkim problemom. Kiseline su korozivne, a baze stvaraju emulzije. Da bi se smanjili ovi problemi, isproban je heterogeni katalitički sustav alkoholize munga (Gui, MM; i sur. 2008.). Za isplativu proizvodnju biodizela, važnu ulogu imaju i sirovina i katalizatori. Heterogeni manganov karbonat je aktivan za visoke molekularne mase alkohola, postiže konverziju do 95% i ne uzrokuje koroziju niti stvaranje emulzije te olakšava odvajanje dobivenog proizvoda. Aktivnost manganovog karbonata je slična sa standardnim natrijevim hidroksidom i sumpornom kiselinom prema proučavanim uvjetima. Alternativna metoda smanjenja troškova proizvodnje biodizela je uporaba jeftinije sirovine koja sadrži masne kiseline kao što su nejestiva ulja, životinjske masnoće, otpadna ulja i nusproizvodi prerađenih biljnih ulja (Schneider i sur., 2004.).

Grafikon 1: Zastupljenost proizvodnje biodizela po državama u svijetu

(Izvor: http://hgk.biznet.hr/hgk/fileovi/11061.pdf)





Slika 7: Redoslijed procesa proizvodnje biodizela od ulja uljarica

(Izvor: http://hgk.biznet.hr/hgk/fileovi/11061.pdf)

5.1. Ekstrakcija ulja

Prije ekstrakcije sjeme munga bilo je sušeno u pećnici na temperaturi od 50°C, u trajanju od 12 sati, kako bi se uklonio višak vlage. Osušeno sjeme je nakon toga vagano i samljeveno u prah. Fini prah je nakon toga podvrgnut tretmanu u Soxhletovom ekstraktoru s n- heksanom kao otapalom. Za svaku seriju je bilo potrebno 10 sati za ekstrakciju. Za ekstrakciju ulja je potreban omjer otapala i praha u omjeru od 5:1. Ulje je ekstrahirano iz otapala pomoću kružnog isparivača. Ekstrahirano ulje je zatim izmjereno kako bi se utvrdila količina ulja u prahu. Slobodne masne kiseline su izdvojene standardnim postupkom. Izdvojeno ulje je zatim podvrgnuto plinskoj kromatografiji kako bi se odredio sastav. Helij je korišten kao noseći plin. Ulje munga ima 0.05% slobodnih masnih kiselina i postotak vlage od 0.06%. Glavne masne kiseline su linolenska 71.1%, stearinska 10.1%, oleinska 9.0% i palmitinska 9.2% (Peter i sur., 2002.).

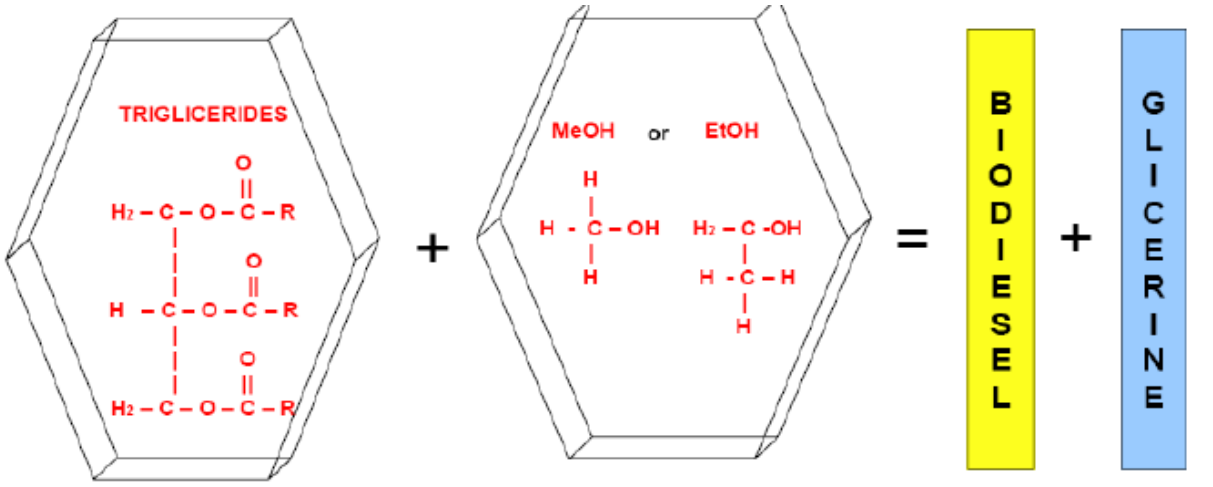


Slika 8: Shematski prikaz dobivanja biodizelskog goriva od uljane repice

(Izvor: http://hgk.biznet.hr/hgk/fileovi/11061.pdf)

5.2. Transesterifikacija

Neprerađeno ulje (10ml) je stavljeno u reakcijske tikvice i zagrijano na temperaturu od 50°C. Korištena je kombinacija katalizatora u metanolu pri različitom koncentracijama da bi se ulje munga pretvorilo u metilne estere masnih kiselina. Reakcija transesterifikacije je izvedena u 25ml-tarskim tikvicama s okruglim dnom, s povratnim hladilom. Miješanje se odvijalo s magnetskom mješalicom. Imali smo konstantnu brzinu tijekom cijelog pokusa. U početku smo ulje grijali na željenu temperaturu. Poznata količina katalizatora je dodana poznatoj količini metanola i grijana odvojeno na željenu temperaturu. Nakon toga katalizator i metanol su dodani u tikvicu s okruglim dnom u kojoj se nalazilo ulje. U tom trenutku, reakcija je bila pod uvjetima pretoka. Molarna masa metanola i ulja bila je cijelo vrijeme 5:1. Raspored metilnih estera iz biljnog ulja je bio praćen kromatografijom na milimetarskom papiru. Metilni esteri su ekstrahirani kloroformom. Zatim se sušeni pomoću natrijevog sulfata. Kloroform je zatim izdvojen rotirajućim isparivačem i postotak metilnih estera masnih kiselina je bio 95%. Plinska kromatografija je najraširenija metoda za analizu biodizela zahvaljujući velikoj preciznosti mjerenja ostalih komponenti u uzorku. Za analizu je korištena temeljna otopina heksana s poznatom količinom metilnog palmitata. Uzorci su pripremljeni za analizu dodavanjem približno 0.05ml ulja u 5ml n-heksana. Oko 1ml ovog spoja je podvrgnuto plinskoj kromatografiji. Rezultati postotka metilnih estera masnih kiselina: metil palmitat 7.9%, metil stearat 8.1%, metil oleat 8.25% i metil linoleat 69.10%. Kao prednost katalizatora manganova karbonata treba navesti njegovo obnovljivo svojstvo. Pošto se iskoristi prvi puta potrebno ga je samo oprati destiliranom vodom na 80°C četiri do pet puta. Zatim se suši na 50°C u trajanju od 35 sati. Nakon što je u potpunosti osušen, koristi se za nove transesterifikacijske procese. Efikasnost katalizatora je 95%. Katalizator je uspješan i nakon sedam primjenjivanja (Peter i sur., 2002.).



Slika 9: Nastajanje glicerina kao nusproizvoda postupkom esterifikacije

(Izvor: http://hgk.biznet.hr/hgk/fileovi/11061.pdf)

5.3. Pogoni za proizvodnju biodizela u RH

U Hrvatskoj se trenutno nalaze svega tri postrojenja za komercionalnu proizvodnju biodizela. „Biodizel Vukovar d.o.o.“ kapaciteta 35,000 tona godišnje. Proizvodi biodizel iz ulja uljane repice. “Biotron d.o.o.“, nakadašnji „Modibit d.o.o.“ je tvornica biodizela u Ozlju, kapaciteta 20,000 tona godišnje. Također proizvodi biodizel iz ulja uljane repice. Vitrex d.o.o. je postrojenje za proizvodnju biodizela u Virovitici, kapaciteta 6,000 tona godišnje. Proizvodi biodizel iz otpadnog ulja. U planu je izgradnja još nekoliko tvornica za proizvodnju biodizela u hrvatskoj za zavidnim ukupnim godišnjim kapacitetom proizvodnje od dodatnih 330,000 tona. KEPOL terminal Gaženica u Zadru kapaciteta 60,000 tona godišnje zatim INGRA u Slavonskom Brodu sa proizvodnjom od 150,000 tona godišnje, BIONA u Koprivnici sa 100,000 tona godišnje te OGV Varaždin iz Varaždina sa planiranom proizvodnjom od 20,000 tona godišnje.



Slika 10: Biodizelsko postrojenje u Vukovaru „Biodizel Vukovar d.o.o.“

(Izvor: www.google.hr)



Slika 11: Biodizelsko postrojenje u Ozlju pokraj Karlovca „Biotron d.o.o.“

(Izvor: www.sumari.hr)



Slika 12: Biodizelsko postrojenje u Virovitici „Vitrex d.o.o.“
(Izvor: www.sumari.hr)

5.4. Svojstva biodizelskog goriva, prednost i nedostatci

Prednost biodizelskoga goriva u odnosu na mineralno dizelsko gorivo, s ekološkog stajališta, proizlazi iz povoljnije bilance ugljikovog dioksida. Osnova za proizvodnju biodizelskoga goriva jest sjeme, odnosno ulje neke uljane kulture, a poznato je da biljka za svoj rast troši određenu

količinu ugljikovog dioksida. Pri uzgoju tih kultura koriste se razni poljoprivredni strojevi koji svojim radom proizvode ugljikov dioksid, a isti nastaje i u procesu prerade ulja u biodizelsko gorivo. Slična je situacija i s proizvodnjom mineralnoga dizela. Međutim, razlika je u tome što se za daljnji uzgoj biljaka za proizvodnju biodizela iz atmosfere preuzima dio ugljikovog dioksida nastalog izgaranjem i proizvodnjom biodizelskoga goriva, dok se kod mineralnoga dizelskoga goriva nastali ugljikov dioksid neprestano akumulira u atmosferi. Uzgojem biljaka,

proizvodnjom ekološki ispravnoga goriva, njegovim izgaranjem te ponovnim uzgojem, stvara se djelomično zatvoren i ekološki povoljan lanac nastajanja i potrošnje ugljikovog dioksida (Krahl, J., 2002). Pri razmatranju bilance ugljikovog dioksida nastalog izgaranjem u motoru i proizvodnje biodizelskoga goriva s jedne strane i mineralnoga goriva s druge strane, procjenjuje se da je produkcija ugljikovog dioksida biodizelskoga goriva na razini od 40 do 50 % produkcije ugljikovog dioksida pri proizvodnji i izgaranju mineralnoga dizelskoga goriva. (Weidmann, K., 1995.) Dakle dvostruko ili više ekološki prihvatljivije. U literaturi se nalaze podaci prema kojima se emisija ugljikovog dioksida nastalog izgaranjem biodizelskoga goriva kreće u rasponu od 20 % do 25 % emisije ugljikovog dioksida nastalog izgaranjem mineralnoga dizelskoga goriva, a neki autori čak navode da se sav ugljikov dioksid nastao proizvodnjom i izgaranjem biodizelskoga goriva ponovno apsorbira iz atmosfere od strane biljaka, što je moguće samo pri uporabi sirovoga repičinog ulja kao goriva, što nije slučaj s biodizelskim gorivom. Ukupna bilanca stakleničkih plinova pokazuje da se izgaranjem i proizvodnjom 1 kg mineralnoga dizela emitira 4,01 kg CO_2ekv, dok se proizvodnjom i korištenjem biodizelskoga goriva i njegovih nusproizvoda emitira (TUV Bayern,1998):

- 0,916 kg CO_2ekv/kg biodizela,
- 0,314 kg CO_2ekv/kg ostatka repice (stočna hrana),
- 0,420 kg CO_2ekv/kg glicerola.

Jedno od najvažnijih svojstava dizelskoga goriva je njegova sposobnost samozapaljenja, svojstvo koje definira cetanski broj, i što je on veći to se gorivo brže zapali. Istraživanja su pokazala da je prosječan cetanski broj biodizelskoga goriva 48 u usporedbi s cetanskim brojem mineralnog dizela koji iznosi 50. Mazivost je još jedno važno svojstvo dizelskoga goriva. Biodizelsko gorivo ima bolju mazivost od mineralnog dizelskoga goriva s niskom koncentracijom sumpora od 500 ppm. Od ukupne mase B100 (100 % biodizelsko gorivo), 11% te mase jest kisik. Prisustvo kisika u biodizelskom gorivu poboljšava njegovo izgaranje, čime se smanjuje količina ugljikovog dioksida, ugljikovog monoksida i emisija krutih čestica. Međutim, oksigenirana goriva mogu povećati emisiju dušikovih oksida. Testovi na motorima potvrdili su ta očekivana povećanja, ali i smanjenja ispušnih plinova i krutih tvari iz motora. Biodizelsko gorivo ima i određenih nedostatka. Svojstva biodizelskoga goriva u hladnim uvjetima lošija su od svojstava dizelskoga goriva. Pri niskim temperaturama, biodizelsko

gorivo formira kristale voska, koji mogu dovesti do začepljenja u sustavu motora. Pri još nižim temperaturama, biodizelsko gorivo dobiva svojstva gela što znači da se isto ne može crpsti iz spremnika. U vozilima koja se pogone mješavinom biodizelskoga goriva i mineralnoga dizelskoga goriva nastaju problemi s opskrbom motora gorivom pri manje negativnim temperaturama nego kod onih vozila koja se pogone dizelskim gorivom. Zbog toga je potrebno biodizelsko gorivo dodatno aditirati, čime bi njegova uporaba bila moguća i pri niskim temperaturama. Biodizelsko gorivo kod automobila starijih godišta djeluje poput otapala i može uzrokovati otapanje boje. Biodizelsko gorivo također kod automobile starijih godišta agresivno djeluje na brtvila u motorima. To znači da je brtvila potrebno zamijeniti ako se u takvim automobilima želi koristiti kao pogonsko gorivo biodizelsko gorivo. Uporaba B20 (mješavina 20 % biodizelskoga goriva i 80 % mineralnog dizela) i B100 u bilo kojem vozilu zahtijeva određeni oprez. Zbog loše kakvoće dizelskoga goriva izgaranjem u motoru stvaraju se naslage. One uporabom biodizelskoga goriva mogu promijeniti konzistenciju, te zbog toga može doći do njihove migracije i začepljivanja filtera čija je zadaća proćišćavanje pogonskog goriva. Zato je potrebno nakon izvjesnog vremena po prelasku na biodizelsko gorivo obaviti servis. Biodizelsko gorivo ima nešto veću potrošnju u odnosu na potrošnju mineralnoga dizelskoga goriva pri istom broju prijeđenih kilometara. Ako se promatra energetska iskoristivost motora, a to je postotak toplinske energije goriva koju oslobađa motor, biodizelsko gorivo nije pokazalo signifikantan učinak na energetsku iskoristivost niti jednog istraživanog motora. Za razliku od energetske, volumetrijska iskoristivost koja se uglavnom izražava kao kilometri po litri goriva pokazala je da udio energije po litri biodizelskoga goriva iznosi otprilike 11% manje nego kod dizelskoga goriva. Nadalje, očekuje se da će vozila koja koriste B20 postizati 2,2% manje kilometara po litri goriva. Međutim, taj nedostatak kompenzira se udjelom kisika u biodizelskom gorivu (De Vitta, A., i sur., 2001.).

6. Ekologija

U proteklim se godinama zakonskim regulativama u većini država nastoji smanjiti udio sumpora i aromata u mineralnim dizelskim gorivima radi poboljšavanja kakvoće zraka. Na žalost, u procesu odstranjivanja sumpora i aromata te ostalih komponenata izdvajaju se i komponente koje imaju zadaću podmazivanja u motoru. To rezultira smanjenom sposobnošću podmazivanja niskosumpornih mineralnih goriva, koja se na neki način mora nadomjestiti. Rješenje se našlo u dobrim mazivim svojstvima biodizelskoga goriva. Samo 0,4 % biodizelskoga goriva u mineralnom dizelu omogućava minimalne potrebne mazivosti koju zahtijeva standard za mineralno dizelsko gorivo. Maksimalna mazivost postiže se mješavinama približno 10 % biodizelskoga u mineralno dizelsko gorivo (TUV Bayern,1998). Biorazgradivost biodizelskoga goriva može se uvidjeti kroz podatke o COD (kemijska potrošnja kisika), BOD5 (biokemijska potrošnja kisika), biorazgradivost u vodenim otopinama i biorazgradivost u tlu. Općenito, metilni i etilni esteri imaju visoke COD i BOD5 vrijednosti, što je poželjno kada se radi o biorazgradnji, jer to znači da se materijal vrlo brzo razgrađuje. Sva biodizelska goriva su dobro razgradiva u vodi i tlu. Istraživanja su pokazala da se u razdoblju od 28 dana biodizelsko gorivo u vodi razgradilo 84 %, a u tlu 88 %, što su gotovo dvostruko veće vrijednosti u odnosu na dizelsko gorivo. Rezultati također upućuju da je povećanje koncentracije REE u mješavinama uzrokovalo linearno povećanje vrijednosti ukupne biorazgradnje. Nakon 4 do 6 tjedana od ulaska biodizelskoga goriva u tlo biljke su normalno klijale i rasle. Testovi toksičnosti pokazali su da je biodizelsko gorivo značajno manje toksično od dizelskoga goriva, ali su potrebne određene mjere opreza kod rukovanja njime. Iako su zabilježeni neki negativni učinci na testovima sa zečevima i štakorima nijedna životinja nije uginula zbog kontakta s biodizelskim ili dizelskim gorivom. Životinje koje su bile u dodiru s dizelskim gorivom imale su lošiju kliničku sliku. Oralna LD50 vrijednost svake istraživane tvari (REE, RME, 2-D) veća je od 5000 mg/kg, što je granična doza. Doza od 2000 mg/kg pokazala se kao NOAEL (No Observed Adverse Effect Level), dakle kao doza kod koje nisu zamijećene promjene. Praćenjem akutne oralne toksičnosti, 100 % RME se pokazao najmanje opasnim, dok je kod akutne dermalne toksičnosti najmanje opasan bio 100% REE. Istraživanje toksičnosti na vodenom organizmu Daphnia Magna koji je osjetljiv na naftne

mrlje te referentan za navedena istraživanja pokazalo je da je dizelsko gorivo 2,6 puta toksičnije od NaCl, dok je biodizelsko bilo manje toksično od NaCl (Peterson, C.L. i sur., 1994.).

6.1. Utjecaj izgaranja biodizelskoga goriva na okoliš

Jedno od najvažnijih svojstava biodizelskoga goriva kao pogonskog goriva je smanjena emisija štetnih ispušnih plinova za više od 50 % u odnosu na dizelsko gorivo te činjenica da ono gotovo nema sumpora, fosfora i olova, pri čemu je količina čađi u ispušnim plinovima smanjena za oko 50 % u odnosu na dizelsko gorivo. Dakle, biodizelsko gorivo u odnosu na dizelsko ima značajno niži stupanj onećišćenja okoliša pri eksploataciji, što je od velike važnosti najviše za gradove i
velegradove u kojima se gradski prijevoz odvija njegovom uporabom. Korisnici goriva su zapazili da ispušni plinovi koji nastaju prilikom izgaranja biodizelskoga goriva nemaju neugodan miris, za razliku od ispušnih plinova koji nastaju izgaranjem mineralnoga dizelskoga goriva. Američki Nacionalni laboratorij za obnovljivu energiju (National Renewable Energy Laboratory, NREL) radi na istraživanjima emisije dušikovih oksida iz biodizelskoga goriva. Istraživanja koja provodi ovaj laboratorij idu u smjeru pronalaženja određenog omjera biodizelskoga goriva i drugih spojeva kojim se neće povećavati emisija dušikovih oksida. Emisiju dušikovih oksida iz biodizelskoga goriva moguće je smanjiti miješanjem s kerozinom. Procjenjuje se da bi mješavina kerozina i biodizelskoga goriva u omjeru 60:40 (60 % kerozina i 40 % biodizelskoga goriva) imala emisiju dušikovih oksida na razini dizelskoga goriva. Ugljikov monoksid (CO) također je prekursor ozona, ali od manjeg značenja. Iz tog razloga potrebno je napraviti scenarij o kakvoći zraka, odnosno da li će doći do povećanja ili smanjenja razine ozona ako se koristi biodizelsko gorivo bez aditiva. Uporaba biodizelskoga goriva u konvencionalnim dizelskim motorima rezultira značajnim smanjenjem nesagorjelih ugljikovodika, ugljik monoksida i krutih čestica. Emisija dušikovih dioksida je ili blago smanjena ili blago povećana, ovisno o metodi istraživanja. Uporabom biodizelskoga goriva u konvencionalnim dizelskim motorima, smanjuje se količina čestica ugljika (budući da kisik u gorivu omogućuje sagorijevanje do CO2), eliminira se frakcija sumpora (budući da u gorivu nema sumpora), a topiva frakcija vodika ostaje ista ili je malo povećana. Biodizelsko

gorivo je prvo i jedino biogorivo za koje postoje rezultati istraživanja emisije čestica u zrak te potencijalni učinci na zdravlje ljudi, a koje je predočila Američka agencija za zaštitu okoliša (EPA) nakon primjene najstrožih pravila. Kako je već spomenuto, uporabom biodizelskoga goriva količina smoga smanjuje se za oko 50 % u odnosu na dizelsko gorivo. Emisija inhalirajućih čestica, koje predstavljaju rizik za ljudsko zdravlje smanjena je za oko 40 % u odnosu na emisiju istih tih čestica iz mineralnoga dizela, a emisija ukupnih ugljikovodika je niža za oko 68 %. Kod uporabe čistog (100 %) biodizelskoga goriva, emisija NOx je povećana za oko 6 %, no budući da biodizelsko gorivo gotovo i nema sumpora moguća je primjena kontrolnih metoda i postupaka, pri čemu se emisija NOx iz biodizelskoga goriva u određenim uvjetima može učinkovito nadgledati i smanjiti tijekom korištenja (ECOTEC, 1999.).

Tablica 5: Prosječna emisija štetnih tvari izgaranjem biodizela u usporedbi sa fosilnim dizelom

(Izvor: hrcak.srce.hr)

Tip emisije	**B100 (100% biodizel)**	**B20 (20% biodizel)**
Ukupni neizgoreni ugljikovodici	-67%	-20%
Ugljik monoksid	-48%	-12%
Krute čestice	-47%	-12%
NOx	+10%	+2%
Sulfati	-100%	-20%
Policiklički aromatski ugljikovodici	-80%	-13%
Nitrirani policiklički aromatski ugljikovodici	-90%	-50%
Mogućnost formiranja smoga	-50%	-10%

7. Usporedba munga i kameline s uljanom repicom i suncokretom

Iako su sve tri kulture uljarice njihove međusobne razlike najizraženije su s obzirom na zahtjeve za tlom, ishranom i zaštitom, odnosno bolestima kojima podliježu. Mungo je svojom morfologijom i botaničkom podjelom najsličniji suncokretu. Potpuno je sterilan na svoj polen a oplodnja se obavlja po načelu probirljivosti. Prašnici jednog cvijeta ne mogu oploditi tučak istog cvijeta pa čak niti druge cvjetove na istoj glavici. No za razliku od suncokreta ima manje glavice i sjeme što je usko povezano sa manjim prinosima. U ekstremno sušnim uvjetima ima stabilnije prinose te manje je podložan promjenama prinosa na tlima slabije kvalitete, lošije strukture i veće koncentracije teških metala. Upravo to daje prednost mungu spram suncokreta i uljane repice. Osim toga, njegov uzgoj kao i uzgoj kameline za biodizel ne bi negativno utjecao na prehrambene navike ovdašnjeg stanovništva jer se te dvije kulture u ovim krajevima niti ne koriste za ishranu. Štoviše, dale bi prednost uljanoj repici i suncokretu da se uzgajaju više kao kulture za ljudsku i stočnu hranu. Kamelina baš kao i uljana repica spada u porodicu Brassicaceae. Količina ulja iz sjemena kameline je 40% od ukupne mase sjemena što je jednako količini ulja iz sjemena uljane repice. Dokazano je da uz svega 5 postotnu otopinu UREA-e kamelina daje prinose iznad jedne tone (Tablica 3.) što je vrlo visok prinos s obzirom da nije primjenjivana druga ishrana niti zaštita. Prinosi uljane repice dosežu 3,5 tona po hektaru ali se pri tome treba obratiti pozornost na količinu mineralnog gnojiva za postizanje tako visokog prinosa. Naime, za tu količinu treba osigurati 500 kg NPK gnojiva formulacije 6:18:36, 100 kg UREA-e te čak 300 kg KAN gnojiva. Već je sada vidljiva ekonomičnost proizvodnje kameline u svrhu dobivanja biodizela.

8. Iskoristivost žetvenih ostataka za toplinsku energiju

Na poljima gdje se uzgajaju različite kulture, a u cilju proizvodnje hrane za ljude, sjemena za stoku ili industrijsku preradu, ostaju značajne količine žetvenih ostataka. Najveće količine ovih žetvenih ostataka, kao produkti foto-sinteze, su celulozni materijali koji se sastoje od: celuloze, hemiceluloze, lignina sa određenim sadržajem mineralnih čestica. Žetveni ostaci su ranije korišteni kao energetsko gorivo u seoskim domaćinstvima, ili su se koristili kao neka vrsta hrane i stelje u objektima za uzgoj domaćih životinja. U tim vremenima, valorizacija žetvenih ostataka je bila značajna, uz niz pozitivnih efekta na životnu sredinu. Proizvodnja toplinske energije iz žetvenih ostataka, predstavljala je jedan vid obnovljive energije, a sagorijevanjem žetvenih ostataka nisu se javljali problemi emisije štetnih plinova. Korištenjem stajnjaka u poljoprivredi, vraćao se organski materijal zemljištu, bez korištenja mineralnih đubriva i negativnih efekta mineralizacije. Sve ovo navodi na to da su se u ranijim vremenima, daleko bolje koristili prirodni potencijali uz značajne pozitivne ekološke efekte. Razvojem suvremene poljoprivrede, izgradnjom suvremenih objekta za uzgoj stoke, žetveni ostatci su postali značajan problem za poljoprivrednu proizvodnju. Veliki suficit u žetvenim ostacima, rješavan je na najneprihvatljiviji i ekološki problematičan način, spaljivanjem na oraničnim površinama. Ovaj postupak doveo je do velike i spontane emisije CO2 i pepela u atmosferi, te uništavanje mikroflore u površinskim slojevima zemljišta. Konceptom industrijske prerade žetvenih ostataka, pokušava se ovaj problem u značajnoj mjeri smanjiti, a istovremeno prilagoditi suvremenim načinima življenja čovjeka i suvremenim tehnološko – tehničkim riješenjima omogućava tri vrste finalnih proizvoda i to: Energetske brikete i pelete od žetvenih ostataka kao izvora obnovljivog ekološkog goriva koje se može koristiti u suvremenim sistemima proizvodnje toplinske energije ali čak i u velikim industrijskim sistemima**.** Goriva vrijednost žetvenih ostataka to jest slame kreće se od 13,500 do 15,700 KJ po kilogramu (Prof. dr Miladin Brkić, web), što bi značilo da se iz jednog hektra munga može osigurati, osim ulja za dobivanje biodizela, 40500 do 81640 MJ toplinske energije. Po istom principu od žetvenih ostataka kameline dobiva se 49950 do 104468 MJ toplinske energije. Pošto se mungo i kamelina ne uzgajaju za ishranu stoke i ljudi, te dvije kulture bi u našim podnebljima mogle biti uzgajane za dobivanje biodizela iz sjemena i toplinske energije od žetvenih ostataka (Microma, 2014).

9. Potencijal za budućnost

Kamelina i mungo imaju veliki potencijal za budućnost s obzirom na proizvodnju biljaka za dobivanje bioenergije. Njihovo uvođenje u plodored u našim krajevima osiguralo bi veću količinu biljnih proizvoda za ljudsku i životinjsku prehranu od strane ostalih biljnih vrsta koje se danas koriste za dobivanje biodizela. Tim strateškim potezom biljne vrste poput uljane repice, suncokreta i soje svoju bi važnost proizvodnje usmjerile na kvalitetniju i ekonomičniju proizvodnju te preradu do finalnog proizvoda za rješavanje problematike gladi u svijetu. Velika prednost uvođenja munga i kameline u plodored a u svrhu dobivanja bioenergije jeste ta što se sam sistem dosadašnje industrije za proizvodnju biodizela iz ulja uljane repice i suncokreta ne bih mijenjao jer je proces proizvodnje identičan. To bi značilo da proizvodnja biodizela iz munga i kameline ne bi trebala dodatno poskupljivati sam proces proizvodnje uvođenjem novijih sistema prerade jer za takvima nema potrebe. U istraživanju (Tablica 1,2,3,4) su obje biljke pokazale da u našim uvjetima mogu dati visoke prinose bez ikakvih poteškoća čak i sa minimalnom ili gotovo nikakvom ishranom, zaštitom i agrotehnikom. To uvelike pridonosi i očuvanju okoliša što i jeste jedan od glavnih ciljeva proizvodnje biodizela.

10. Zaključak

Urod zrna munga od 650 kilograma po hektaru ne može kao takav direktno konkurirati proizvodnji uljane repice za biodizel ali može se uvesti kao nova biljka za proizvodnju biodizela koja uspijeva na tlima lošije kvalitete te koja ne zahtjeva veće količine hraniva. Tako se iskoristivost površina nepovoljnih za poljoprivrednu proizvodnju može uvelike smanjiti ovom biljkom. Kamelina je pri tretmanu Em aktiv folijarnim sredstvom dala iznenađujuće dobre rezultate kako u prinosu sjemena tako i u prinosu biljne mase. Biljna masa od 6566 kilograma po hektaru u osušenom obliku te prinos sjemena od 1178 kilograma po hektaru pri vlazi od 12% svrstava kamelinu među ozbiljne konkurentne biljke za dobivanje bioenergije. Pretpostavlja se da kamelina može podignuti prinos po jedinici površine za više od 200% korištenjem mineralne ishrane kakva se koristi u proizvodnji trenutačno vodećeg bilja za dobivanje biodizela. Ukoliko kamelina kao takva zaživi u našim krajevima, jasno je koliko će pridonijeti smanjenju cijena bioenergije te samim time u nadomještavanju proizvodnje dosadašnjih biljaka za bioenergiju, također i smanjenju cijena određenih prehrambenih proizvoda.

11. Literatura

- Budin, J.T., W.M. Breene, and D.H. Putnam. 1995. Some compositional properties of camelina (*Camelina sativa* L. Crantz) seeds and oils. J. Am. Oil Chem. Soc. 72:309-315.
- C.S.I.R. (Council of Scientific and Industrial Research). 1948–1976. The wealth of India. 11 vols. New Delhi.
- DE VITTA, A., ALAGGRO, M., Effects of Biodiesel on Performance, Emission, Injection and Combustion Characteristics of a Diesel Engine, 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry, Sevilla, Spain, 2001
- ECOTEC, Financial and Environmental Impact of Biodiesel as a Alternative to Fossil Diesel in the UK, Birmingham, UK, 1999
- EPA - Environmental protection agency: A Comprehensive Analysis of Biodiesel Impacts on Exhaust Emissions, Draft technical report, 2002
- Gui, MM.; Lee. KT.; Bhatia, S. Ener. 2008, 33(11), 1646.
- KRAHL, J., Rapsolmethylester in Dieselmotorischer Verbrennung Σ Emissionen, Umwelteffekte, Optimierungspotenziale, Landbauforschung Volkenrode, Sonderheft 233, 2002
- KRAHL, J., MUNACK,A., SCHRODER, O., STEIN, H., BUNGER,J., Comparison of Biodiesel with Different Diesel Fuels Regarding Exhaust Gas Emissions and Health Effects, In: BARTZ W. J., Fuels, Lexika − Verlag, Ostfi ldern, 2003
- Lange, R., W. Schumann, M. Petrzika, H. Busch, and R. Marquard. 1995. Glucosinolates in linseed dodder. Fat Sci. Technol. 97:146-152.
- Luehs, W. and W. Friedt. 1993. Non-food uses of vegetable oils and fatty acids. p. 73-130. In: D.J. Murphy (ed.), Designer oil crops, breeding, processing and biotechnology. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, Germany.
- Marquard, R. and H. Kuhlmann. 1986. Investigations of productive capacity and seed quality of linseed dodder (*Camelina sativa* Crtz.). Fette-Seifen-Anstrichmittel 88:245-249.

- Peter, SKF.; Ganswindt, R.; Neuener, HP.; Weidner, E. Eur. J. Lip. Sci. Technol. 2002, 104, 324.
- PETERSON, C.L., REECE, D., Toxicology, Biodegradability and Environmental Benefi ts of Biodiesel, University of Idaho, Moscow, 1994
- Schneider, RC.; Baldissrelli, VZ.; Trombetta, F.; Mrtinelli, M.; Caramao, EB. Anl. Chim. Act. 2004, 505, 223.
- Seehuber, R. 1984. Genotypic variation for yield- and quality-traits in poppy and false flax. Fette-Seifen-Anstrichmittel 86:177-180.
- TUV Bayern, Biodiesel for Vehicles Future Aplication of Technology, Munchen, Deutschland,1998
- WEIDMANN, K., Anwendung von Rapsol in Fahrzeug Σ Diesel motoren, ATZ Automobiltechnische Zeitschrift 97, Deutschland, 1995
- Weiss, E.A. 2000. Oilseed crops (2nd ed.). Blackwell Science, Inc. Malden, MA. p. 259–273.

- http://www.deepdyve.com/lp/de-gruyter/production-of-biodiesel-from-guizotia-abyssinica-seed-oil-using-aUTyoH7xjG
- http://danube-cooperation.com/danubius/2012/11/23/valorizacija-zetvenih-ostataka-sa-znacajnim-pozitivnim-efektima-na-zivotnu-sredinu/
- Microma (2014): Biomasa, gorivo budućnosti. http://www.microma.co.rs/Biomasa.html
- http://www.microma.co.rs/Biomasa.html (Prof. dr Miladin Brkić)
- http://www.pfos.hr/~dkralik/Predavanja_PDF/Biomasa.pdf (Prof.dr.sc. Davor Kralik)

11.1. Popis slika

Slika 1: *Guizotia abyssinica* stabljika s lišćem i cvjetovima ……..…….5
httpbangalore.citizenmatters.inuploadspictureimage6421Guizotia_Abyssinica.JPG
Slika 2. Camelina sativa stabljika, korijen, list, cvijet i sjeme……..5
http://luirig.altervista.org/cpm/albums/flora-batava3/flo-bat18-1506-camelina-sativa.jpg
Slika 3: Polje kameline zasijano u redove na 50 cm razmaka…….8
http://www.genitronsviluppo.com/energie_rinnovabili/immagini/camelina_biodiesel_camelina_biocarburante_camelina_pianta_bioenergetica_semi_camelina_oli_mangime_camelina_biodiesel_3.jpg
Slika 4: Žetva kameline žitnim kombajnom……8
http://i.ytimg.com/vi/kxYKihpBdGU/0.jpg
Slika 5: Sjeme i tobolac kameline……..13
http://www.oilseedcrops.org/wp-content/uploads/2012/04/CamelinaSeedandFlower.jpg
Slika 6: Sjeme i cvat munga …….14
http://www.gardenworldimages.com/ImageThumbs/SCH2613/3/SCH2613_GUIZOTIA_ABYSSINICA_MUNGO_SEEDS_AND_FLOWER.jpg
Slika 7: Redoslijed procesa proizvodnje biodizela od ulja uljarica……...16
http://hgk.biznet.hr/hgk/fileovi/11061.pdf
Slika 8: Shematski prikaz dobivanja biodizelskog goriva od uljane repice……..……17
http://hgk.biznet.hr/hgk/fileovi/11061.pdf
Slika 9: Nastajanje glicerina kao nusproizvoda postupkom esterifikacije……...…….19
http://hgk.biznet.hr/hgk/fileovi/11061.pdf)
Slika 10: Biodizelsko postrojenje u Vukovaru „Biodizel Vukovar d.o.o.“……..……20
https://www.google.hr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CDIQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.sumari.hr%2Fbiomasa%2Fpetidanibiomase%2FPostrojenjazaproizvodnjubiogoriva.ppt&ei=iS0dU7aqK4LQtAb1zYCQCA&usg=AFQjCNFK-scimdYcPxnNz2TF82AOAPbUYg&bvm=bv.62578216,d.Yms

Slika 11: Biodizelsko postrojenje u Ozlju pokraj Karlovca „Biotron d.o.o.“……20
https://www.google.hr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CDIQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.sumari.hr%2Fbiomasa%2Fpetidanibiomase%2FPostrojenjazaproizvodnjubiogoriva.ppt&ei=iS0dU7aqK4LQtAb1zYCQCA&usg=AFQjCNFK-scimdYcPxnNz2TF82AOAPbUYg&bvm=bv.62578216,d.Yms
Slika 12: Biodizelsko postrojenje u Virovitici „Vitrex d.o.o.“…….21
https://www.google.hr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CDIQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.sumari.hr%2Fbiomasa%2Fpetidanibiomase%2FPostrojenjazaproizvodnjubiogoriva.ppt&ei=iS0dU7aqK4LQtAb1zYCQCA&usg=AFQjCNFK-scimdYcPxnNz2TF82AOAPbUYg&bvm=bv.62578216,d.Yms

11.2. Popis tablica

Tablica 1: Urod zrna munga (kg/ha)……..10
(Izvor: Prof.dr.sc. Stipešević B.)
Tablica 2: Urod biljne mase munga (kg/ha)……...……10
(Izvor: Prof.dr.sc. Stipešević B.)
Tablica 3: Urod zrna kameline u (kg/ha)……11
(Izvor: Prof.dr.sc. Stipešević B.)
Tablica 4: Urod biljne mase kameline (kg/ha)……12
(Izvor: Prof.dr.sc. Stipešević B.)
Tablica 5: Prosječna emisija štetnih tvari izgaranjem biodizela u usporedbi
sa fosilnim dizelom…….…..….26
https://www.google.hr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CC8QFjAB&url=http%3A%2F%2Fhrcak.srce.hr%2Ffile%2F11934&ei=xjAdU9SKJMXetAbB-oHYAg&usg=AFQjCNEWxOn01bUrJI65H4a3Cmnit8meKw&bvm=bv.62578216,d.Yms

11.3. Popis grafikona

Grafikon 1: Zastupljenost proizvodnje biodizela po državama u svijetu……..16
http://hgk.biznet.hr/hgk/fileovi/11061.pdf

12. Sažetak

Mungo i kamelina su se pokazale kao biljke visokog potencijala za proizvodnju bioenergije u RH. Prinosi zrna munga s obzirom na količinu i tip ishrane, tip obrade i zaštitu kretali su se od 384 do 656 kg ha^{-1} dok je kamelina dala daleko bolje rezultate sa prinosom zrna od 686 do 1178 kg ha^{-1}. Prinosi biomase kod munga kretali su se od 2968 do 5209 kilograma suhe mase po hektaru te 3657 do 6566 kilograma kod kameline. Urod zrna i biomase bio je najviši pri upotrebi EM aktiva za kamelinu, te folijarno primjenjene uree za mungo.

Ključne riječi: mungo, kamelina, obrada tla, folijarna prihrana, biogorivo

13. Summary

Mungo and camelina proved to be crops with high bio-fuel potential for Croatia. Mungo grain yields, with regards of ammount and type of side-dressing, soil tillage and crop protection, were in the range of 384-656 kg ha^{-1}, whereas camelina gave better yields of 686-1178 kg ha^{-1}. Biomass yield of mungo were in the range of 2968-5209 kg of dry matter per hectare, and of camelina 3657-6566 kg of dry matter per hectare. Grain yield and biomass was the highest for camelina with Em aktiv and for mungo with foliar urea application.

Keywords: mungo, camelina, soil tillage, foliar side-dressing, bio-fuel

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku **Diplomski rad**

Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Sveučilišni diplomski studij, smijer Biljna proizvodnja

Uzgoj munga (*Guizotia abyssinica*) i kameline (*Camelina sativa*) za bioenergiju

Drago Ćorluka

Sažetak:

Mungo i kamelina su se pokazale kao biljke visokog potencijala za proizvodnju bioenergije u RH. Prinosi zrna munga s obzirom na količinu i tip ishrane, tip obrade i zaštitu kretali su se od 384 do 656 kg ha^{-1} dok je kamelina dala daleko bolje rezultate sa prinosom zrna od 686 do 1178 kg ha^{-1}. Prinosi biomase kod munga kretali su se od 2968 do 5209 kilograma suhe mase po hektaru te 3657 do 6566 kilograma kod kameline. Urod zrna i biomase bio je najviši pri upotrebi EM aktiva za kamelinu, te folijarno primjenjene uree za mungo.

Rad je izrađen pri: Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Mentor: Prof.dr.sc. Davor Kralik

Broj stranica: 38
Broj grafikona i slika: 13
Broj tablica: 5
Broj literaturnih navoda: 23
Broj priloga: 0
Jezik izvornika: Hrvatski

Ključne riječi: mungo, kamelina, obrada tla, folijarna prihrana, biogorivo

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. Prof.dr.sc. Danijel Jug, predsjednik
2. Prof.dr.sc. Davor Kralik, mentor
3. Prof.dr.sc. Bojan Stipešević, član

Rad je pohranjen u: Knjižnica poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, Sveučilište u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josipa Jurja Strossmayera Univerzity of Osijek **Graduate thesis**

Faculti of Agriculture

Univerzity Graduate Studies, Plant production, course Plant production

Cultivation of mungo (*Guizotia abyssinica*) and camelina (*Camelina sativa*) for bio-energy

Drago Ćorluka

Abstract:

Mungo and camelina proved to be crops with high bio-fuel potential for Croatia. Mungo grain yields, with regards of ammount and type of side-dressing, soil tillage and crop protection, were in the range of 384-656 kg ha^{-1}, whereas camelina gave better yields of 686-1178 kg ha^{-1}. Biomass yield of mungo were in the range of 2968-5209 kg of dry matter per hectare, and of camelina 3657-6566 kg of dry matter per hectare. Grain yield and biomass was the highest for camelina with Em aktiv and for mungo with foliar urea application.

Thesis performed at: Faculty of Agriculture in Osijek

Mentor: Prof.dr.sc. Davor Kralik

Number of pages: 38
Number of figures: 13
Number of tables: 5
Number of references: 23
Number of appendices: 0
Original in: Croatian

Key words: mungo, camelina, soil tillage, foliar side-dressing, bio-fuel

Thesis defended on date:

Reviewers:

1. Prof.dr.sc. Danijel Jug, president

2. Prof.dr.sc. Davor Kralik, mentor

3. Prof.dr.sc. Bojan Stipešević, member

Thesis depozited at: Library, Faculty of Agriculture in Osijek, Josip Juraj Storssmayer Univerzity of Osijek, Kralja Petra Svačića 1d.