

EKONOMIČNOST PROIZVODNJE SOJE I JEČMA NEKONVENCIONALNIM SUSTAVIMA OBRADE TLA

IGOR KOVAČEV, KREŠIMIR ČOPEC, GORAN FABIJANIĆ, SILVIO KOŠUTIĆ

Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za mehanizaciju poljoprivrede
Svetošimunska 25, HR-10000 Zagreb, ikovacev@agr.hr

SAŽETAK

Istraživanje nekonvencionalnih sustava obrade tla provedeno je na pokusnom polju u blizini Starog Petrovog Sela (45° 10' N, 17° 30' E) u uvjetima semihumidne klime na tlu teksturne oznake praškasta ilovača. Pokus s pet različitih varijanti obrade tla postavljen je na površini 15,5 ha, a sustavi obrade tla i primijenjena oruđa bili su: CT – plug, tanjurača, sjetvospremač, sijačica; RT 1 – rovilo, tanjurača, sjetvospremač, sijačica; RT 2 – rovilo, integrirani agregat zvrk drljača + sijačica; RT 3 – plug, integrirani agregat zvrk drljača + sijačica; RT 4 – rovilo, plug, integrirani agregat zvrk drljača + sijačica. Na proizvodnju soje i jarog ječma značajan su utjecaj imala klimatska obilježja, te su pojave sušnih razdoblja tokom vegetacijskih sezona mogle utjecati na redukciju prinosa. U uzgoju soje najveći prosječni urod od 3,78 t ha⁻¹ ostvaren je na varijanti pokusa s reduciranom obradom RT 1, dok je najviši prosječni urod ječma od 3,20 t ha⁻¹ zabilježen je na varijanti RT 2. Najveće uštede energije i radnog vremena u obradi tla, uz najniže ukupne troškove proizvodnje, ostvarene su na varijanti pokusa s reduciranom obradom RT 2, no zbog značajno nižih uroda ovaj sustav nije se pokazao primjerenim u proizvodnji soje. Najvišu ekonomičnost proizvodnje soje pokazala je varijanta s reduciranim sustavom obrade RT 1 (koeficijent 2,16), dok je u proizvodnji ječma najekonomičniji bio sustav RT 2 (koeficijent 1,81). Kod izbora sustava obrade tla, uz pretpostavku ujednačenih razina prinosa, prednost bi trebalo dati sustavu s nižom razinom agrotehnike, ne samo radi snižavanja troškova, već i zbog mogućnosti jednostavnije organizacije proizvodnje obzirom na manji utrošak radnog vremena ljudi i strojeva.

Ključne riječi: obrada tla, utrošak energije, troškovi proizvodnje, dobit

UVOD

U ratarskoj proizvodnji obrada tla dominira kao najveći potrošač energije. Od izravno utrošene energije za radove u polju više od polovice otpada na obradu tla ukoliko se primjenjuje konvencionalni sustav obrade. Baziran na oranju lemešnim plugom u osnovnoj obradi, te dopunskoj obradi tanjuračama i raznim kombiniranim oruđima konvencionalni sustav obrade tla je skup i spor stoga što iziskuje veliki utrošak energije i radnog vremena. Dugogodišnja primjena konvencionalne obrade u ratarstvu iskazala je značajne ekonomske i ekološke nedostatke. S ekonomskog stajališta nedostaci konvencionalnog sustava obrade tla su: izrazito veliki utrošak energije i ljudsko-strojnog rada, veliki investicijski troškovi i troškovi održavanja mehanizacije, te u konačnici veći troškovi proizvodnje ratarskih usjeva (*Košutić i sur. 2006*). Prema europskim istraživanjima (*Tebrügge i Düring, 1999*) konvencionalni sustav obrade tla iziskuje 434 kWh ha⁻¹ energije i 4,1 h ha⁻¹ ljudsko-strojnog rada. Nasuprot tome, reduciranim sustavima obrade moguće je realizirati uštedu oko 30%-50% energije i ljudskog-strojnog rada, a izravnom sjetvom čak i do 70%, u usporedbi s konvencionalnim sustavom obrade tla. S ekološkog stajališta nedostaci konvencionalnog sustava obrade su: povećanje zbijenosti tla izazvano prekomjernim gaženjem oranice strojevima, sustavno smanjenje sadržaja organske tvari u tlu (humusa) kao posljedica intenzivnog i učestalog djelovanja oruđa na tlo, veća podložnost konvencionalno obrađenih tala eroziji (*Birkás 2008*). Također ekološki problem predstavlja i značajna emisija CO₂ kao posljedica izgaranja velikih količina goriva utrošenih u intenzivnoj obradi tla (*Filipović et al. 2006*).

U supstituciji konvencionalnog sustava obrade tla različitim varijantama reducirane obrade i izravnom sjetvom u svijetu prednjače SAD i Kanada na sjevernoameričkom kontinentu te Brazil, Argentina, Urugvaj, Paragvaj na južnoameričkom gdje se konzervirajuća obrada i no-tilll sustav primjenjuju na više od polovine ukupnih ratarskih površina (*Derpsch i Friedrich, 2009*). Udio površina u Europi pod nekim od sustava reducirane obrade nije se do danas bitno povećao, te se procjenjuje da još uvijek iznosi manje od 20 % (*ECAF, 2010*). Unatoč spoznajama o mogućnostima uštede energije i ljudskog rada nekonvencionalnim načinima obrade, u Hrvatskoj je dominantan konvencionalni sustav obrade tla. U glavnim ratarskim regijama u Hrvatskoj, Slavoniji i Baranji, još uvijek se na većini (93,7%) oranica primjenjuje konvencionalni sustav obrade tla (*Zimmer et al. 2002*).

Soja (*Glycine max L.*) i ječam (*Hordeum vulgare L.*) važni su ratarski usjevi uvelike zastupljeni u plodoredu na proizvodnim površinama u Hrvatskoj. Dosadašnja istraživanja ukazuju da je reducirana obrada tla povoljnija za usjeve gustog sklopa poput ozime pšenice, jarog ječma i uljane repice, dok je znatno lošija opcija za jare okopavine kao što su kukuruz i soja (*Vratarić i Sudarić 2000, Pospišil i sur. 2002, Špoljar i sur. 2009, Kisić i sur. 2010*). Iako su neki autori (*Chatskikh i Olesen, 2007*) utvrdili smanjenje prinosa jarog ječma sa stupnjem redukcije obrade tla (14 % niži urod pri reduciranoj obradi i 27 % niži kod izravne sjetve), drugi navode kako nema značajnih razlika u ostvarenim urodima između različitih sustava obrade (*Moret i Arrue, 2007*). Redukcija troškova proizvodnje primjenom sustava reducirane obrade tla, u uvjetima kada zbog smanjenja razine agrotehnike nisu značajno smanjeni urodi, omogućava snižavanje praga rentabilnosti i osigurava veću razliku prinosa i prihoda za dohodak u proizvodnji (*Stipešević i sur. 2007, Košutić i sur. 2008, Jug i sur. 2010*).

MATERIJAL I METODE

Istraživanje nekonvencionalnih sustava obrade tla provedeno je na pokusnom polju u sastavu proizvodnih površina poljoprivredne tvrtke „PK Nova Gradiška“ u blizini Starog Petrovog Sela (45° 10' N, 17° 30' E). Tlo na toj lokaciji je vertično hipoglejno (*Škorić, 1986*), a tekstura u oraničnom sloju je praškasto-glinasta ilovača (tablica 1). Klima na tom području je semihumidna s prosječnim godišnjim padalinama od 775 mm i prosječnom godišnjom temperaturom 10,8 °C (izvor: Državni hidrometeorološki zavod).

Tablica 1. Veličina i distribucija čestica tla
Table 1. Soil particle size distribution

Dubina Depth (cm)	Veličina čestica / Particle size				Teksturna oznaka Texture ¹
	0.2-2 µm (%)	0.05-0.2 µm (%)	0.002-0.05 µm (%)	<0.002 µm (%)	
0-30	16.0	28.0	22.0	34.0	SCL ²
30-60	13.0	32.0	26.0	29.0	SCL-SL
60-90	13.0	31.0	28.0	28.0	SCL

¹) Prema „Soil Survey Staff of the United States Department of Agriculture“

²) SCL = Praškasto glinasta ilovača (Silty clay loam), SL = Praškasta ilovača (Silty loam)

Pokus s pet različitih varijanti obrade tla postavljen je na površini 15,5 ha, a polje je podijeljeno na 15 parcela dimenzija 54x185 m postavljenih u slučajni blok raspored s tri ponavljanja za svaki sustav obrade. Sustavi obrade tla i oruđa primijenjena kod pojedinog sustava bili su:

1. Konvencionalna obrada – plug, tanjurača, sjetvospremač, sijačica (CT);
2. Reducirana obrada 1 – rovilo, tanjurača, sjetvospremač, sijačica (RT 1);
3. Reducirana obrada 2 – rovilo, integrirani agregat zvrk drljača + sijačica (RT 2);
4. Reducirana obrada 3 – plug, integrirani agregat zvrk drljača + sijačica (RT 3);
5. Kombinirana obrada – rovilo, plug, integrirani agregat zvrk drljača + sijačica (RT 4).

Prilikom obrade tla, sjetve, kao i svih drugih radnih operacija, učinak pojedinog agregata određen je kronografitanjem. Utrošak energije određen je mjerenjem utroška goriva volumetrijskom metodom za svako oruđe u svakom od uspoređivanih sustava obrade, te potom izračunat na osnovi energetske ekvivalenta diesel goriva od 38,7 MJ l⁻¹ (*Cervinka, 1980*). U svim radnim operacijama pri obradi tla korišten je traktor s pogonom na sve kotače i snage motora 136 kW. Radni zahvati pojedinih oruđa odabrani su na osnovi raspoložive vučne snage traktora.

Gnojidba i zaštita usjeva bila je jednaka u svim sustavima obrade tla, određena potrebama istraživanog usjeva. Ukupni urod pojedinog usjeva sa svake obračunske parcele izmjeren vaganjem elektronskim vagama izravno na polju. Vlažnost zrna u vrijeme žetve određivana je naknadno u laboratoriju, te je osnovom toga urod preračunat na površinu od jednog hektara i skladišnu vlagu promatranog usjeva. Raspored radova u polju kao i primijenjene doze gnojiva i zaštitnih sredstava prikazani su u tablici 2.

Tablica 2. Raspored radova i primijenjene doze
Table 2. Date of field operations and application rates

Opis / Description	Soja / Soybean	Jari ječam / Spring barley
Obrada tla i sjetva / Tillage & Sowing		
Osnovna obrada / Primary tillage	26. kolovoz 2010. August 26 th 2010	14. studeni 2011. November 14 th 2011
Vlažnost tla (%) na 5; 15; 30 cm Soil moisture (%) at 5; 15; 30 cm	16,2; 44,2; 44,4	31,8; 39,8; 37,4
Dopunska obrada / Secondary till.	21. travanj 2011. April 21 st 2011	8. ožujak 2012. March 8 th 2012
Vlažnost tla (%) na 5; 15; 30 cm Soil moisture (%) at 5; 15; 30 cm	23,9; 45,9; 43,7	25,5; 46,8; 48,6
Datum sjetve / Sowing date	21. travanj 2011. April 21 st 2011	8. ožujak 2012. March 8 th 2012
Kultivar (kg ha ⁻¹) Cultivar (kg ha ⁻¹)	Podravka (120)	Scarlet C1 (220)
Gnojidba / Fertilizing		
Vrijeme primjene / Appl. date	29. ožujak 2011. March 29 th 2011	10. studeni 2011. November 10 th 2011
Gnojivo, doza (kg ha ⁻¹) Fertilizer, rate (kg ha ⁻¹)	NPK 0:20:30 (400)	NPK 8:26:26 (350)
Vrijeme primjene / Appl. date	20. travanj 2011. April 20 th 2011	15. travanj 2012. April 15 th 2012
Gnojivo, doza (kg ha ⁻¹) Fertilizer, rate (kg ha ⁻¹)	Urea 46% (100)	KAN / CAN 27% (130)
Vrijeme primjene / Appl. date	7. lipanj 2011. June 7 th 2011	20. svibanj 2012. May 20 th 2012
Gnojivo, doza (kg ha ⁻¹) Fertilizer, rate (kg ha ⁻¹)	KAN / CAN 27% (100)	KAN / CAN 27% (90)
Zaštita / Crop protection		
Vrijeme primjene / Appl. date	22. travanj 2011. April 22 nd 2011	8. travanj 2012. April 8 th 2012
Sredstvo, doza (l ha ⁻¹) Chemical, rate (l ha ⁻¹)	metribuzin (0,70) dimetenamid (1,30)	izoproturon + diflufenikan (1,70)
Vrijeme primjene / Appl. date	10. svibanj 2011. May 10 th 2011	7. svibanj 2012. May 7 th 2012
Sredstvo, doza (l ha ⁻¹) Chemical, rate (l ha ⁻¹)	fomesafen (0,75) tifensulfuron-metil (0,008)	metaconazole + azoxystrobin (0.80)
Vrijeme primjene / Appl. date	4. lipanj 2011/June 4 th 2011	15. svi. 2012. / May 15 th 2012
Sredstvo, doza (l ha ⁻¹) Chemical, rate (l ha ⁻¹)	propakizafop (1,00) bentazon (2,5)	aminopiralid + florasulam (0.033 kg ha ⁻¹)
Žetva / Harvest		
Datum žetve / Harvesting date	16. rujan 2011. September 16 th 2011	13. srpanj 2012. 13 th July 2012

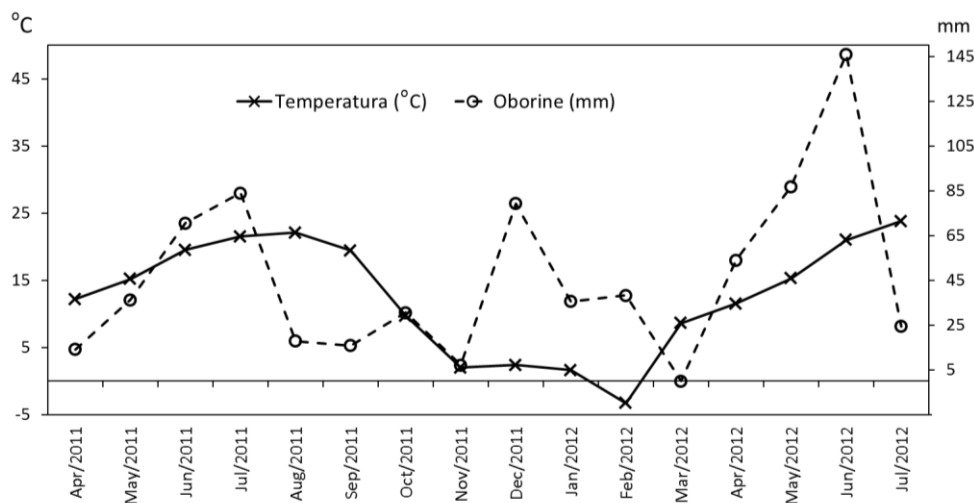
Na temelju naturalnih pokazatelja proizvodnje soje i ječma (utrošci rada, materijala, prinosi), te cijena inputa i outputa proizvodnje napravljene su obračunske kalkulacije ispitivanih sustava obrade tla u proizvodnji, te prema razlikama troškova i cijene koštanja utvrđena razlika ekonomske efikasnosti pojedinih sustava.

Statistička obrada podataka za sve pokazatelje istraživanja učinjena je računalnim programom SAS (SAS Institute, 1990) metodom analize varijance (ANOVA). Značajnost razlika između promatranih pokazatelja utvrđena je F-testom na razini vjerojatnosti $p=0.05$.

REZULTATI I RASPRAVA

Klimatski uvjeti

Na proizvodnju soje i ječma značajan su utjecaj imala klimatska obilježja. Tokom vegetacijske sezone uzgoja soje srednja mjesečna temperatura zraka bila je za $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ viša, dok je oborina bilo za 46% manje od višegodišnjeg prosjeka. Sušna razdoblja uočljiva na klimadijagramu prema Walteru (slika 1) obilježila su vrijeme sjetve i nicanja soje (travanj i svibanj 2011.), te period dozrijevanja usjeva (kolovoz i rujan 2011.). Tokom vegetacijske sezone uzgoja ječma srednja mjesečna temperatura zraka bila je za $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ viša od prosjeka, a oborina je bilo za 10% manje. Iako su na klimadijagramu sušni periodi uočljivi samo u vrijeme sjetve i neposredno prije žetve ječma (ožujak i srpanj 2012.), glavninu oborina činili su obilni pljuskovi praćeni velikim vrućinama zbog čega je došlo do isušivanja površinskog sloja tla u kojem se nalazi glavnina relativno plitkog korjenovog sustava ječma. Navedene klimatske prilike mogle su utjecati na redukciju prinosa soje i jarog ječma u promatranim sezonama uzgoja.



Slika 1. Klimadijagram prema Walteru za razdoblje uzgoja soje i ječma
Figure 1. Walter climate diagram for soybean and barley cropping period

Urod

U uzgoju soje najveći prosječni urod od 3,78 t ha⁻¹ ostvaren je na varijanti pokusa s reduciranom obradom RT 1 što je za 15 % više od uroda zabilježenog na konvencionalnom sustavu obrade tla (3,28 t ha⁻¹). Najniži prosječni urod soje od 2,76 t ha⁻¹, odnosno 19 % manje od konvencionalnog sustava zabilježen je na varijanti pokusa s reduciranom obradom RT 2. Analizom varijance utvrđene su statistički značajne razlike prosječnih uroda među navedenim varijantama pokusa na razini vjerojatnosti p<0,05. Na varijantama pokusa RT 3 i RT 4 urodi su bili nešto niži nego na varijanti s konvencionalnom obradom tla (do 2 %) i te razlike nisu bile statistički značajne.

U uzgoju jarog ječma konvencionalna obrada tla pokazala se kao najlošiji izbor i u toj je varijanti ostvaren prosječni urod od 2,34 t ha⁻¹, što je ujedno bio i najniži urod na svim varijantama pokusa. Najviši prosječni urod ječma od 3,20 t ha⁻¹ zabilježen je na varijanti s reduciranom obradom RT 2 što je bilo za 36 % više u odnosu na konvencionalni sustav. Razlike uroda među pojedinim varijantama pokusa bile su statistički značajne na razini vjerojatnosti p<0,05. Tako je značajno viši urod u odnosu na konvencionalni sustav zabilježen i na varijanti pokusa s reduciranom obradom tla RT 1 (28 % više), te na RT 4 za 23 % više. Prosječni urod od 2,64 t ha⁻¹ ostvaren na varijanti pokusa RT 3 nije se pokazao statistički značajno većim u odnosu na konvencionalni sustav.

Energija i učinak

Konvencionalni sustav obrade tla očekivano se pokazao zahtjevnim s gledišta utroška energije i radnog vremena. Ukupno je u obradi tla i sjetvi soje konvencionalnim sustavom utrošeno 48,23 l ha⁻¹ diesel goriva pri čemu se oranje lemešnim plugom ističe kao najznačajniji potrošač s oko 64 % ukupno utrošene energije. Najviše goriva/energije (62,56 l ha⁻¹) u obradi tla je međutim utrošeno u varijanti pokusa RT 4 gdje je zabilježen i najviši specifični utrošak energije od 754,9 MJ t⁻¹ po toni prinosa odnosno 32 % više u odnosu na varijantu s konvencionalnim sustavom obrade (568,7 MJ t⁻¹). U varijantama pokusa s reduciranom obradom tla RT 1 i RT 2 utrošeno je za trećinu manje goriva/energije pri čemu se sustav RT 1 zbog značajno višeg uroda ističe s 42,2 % manjim specifičnim utroškom energije (328,7 MJ t⁻¹) u odnosu na konvencionalni sustav. Osim po utrošku energije kombinirani sustav obrade tla RT 4 pokazao se najzahtjevniji i obzirom na utrošak radnog vremena pa je tako za obradu i sjetvu jednog hektara utrošeno 2,51 sat rada strojeva odnosno gledano obzirom na ostvareni prinos zrna soje 0,78 sati po toni prinosa. U varijanti pokusa s konvencionalnim sustavom obrade tla utrošeno je 2,42 h ha⁻¹ odnosno 0,74 h t⁻¹. U varijantama pokusa s reduciranom obradom tla ostvarene su znatne uštede radnog vremena: u sustavu RT 1 učinak po jedinici površine bio je za trećinu veći, a u RT 2 čak dvostruko veći u odnosu na konvencionalni sustav, pri čemu su i učinci po jedinici prinosa soje bili za 40 % veći. U varijanti pokusa RT 3 je unatoč neznatno nižem utrošku goriva/energije u odnosu na konvencionalni sustav, učinak bio za 20 % viši.

U proizvodnji jarog ječma najviše je goriva/energije utrošeno u sustavu obrade tla RT 4 (62,69 l ha⁻¹) uz specifični utrošak od 842,1 MJ t⁻¹, dok je za konvencionalnu obradu utrošeno 46,84 l ha⁻¹ odnosno 776,3 MJ t⁻¹ pri čemu je za oranje utrošeno 63 % ukupnog iznosa (tablica 3).

Tablica 3. Utrošak energije, učinak i produktivnost različitih načina obrade tla
Table 3. Energy and labour requirement of different soil tillage systems

Obrada Tillage system	Soja / Soybean				Jari ječam / Spring barley			
	Gorivo Fuel l ha ⁻¹	Energija Energy MJ t ⁻¹	Produktivnost Productivity h ha ⁻¹ h t ⁻¹		Gorivo Fuel l ha ⁻¹	Energija Energy MJ t ⁻¹	Produktivnost Productivity h ha ⁻¹ h t ⁻¹	
CT	Urod / Average yield = 3,28 t ha ⁻¹ b ⁽¹⁾				Urod / Average yield = 2,34 t ha ⁻¹ c			
Plug / Plough	31,12	367,0	1,35	0,41	29,39	487,1	1,30	0,56
Tanjurača Disc harrow	9,67	114,0	0,34	0,10	10,25	169,9	0,31	0,13
Sjetvospremač Seed-bed impl.	4,31	50,8	0,17	0,05	4,26	70,6	0,43	0,18
Sijačica / Drill	3,13	36,9	0,56	0,17	2,94	48,7	0,45	0,19
Ukupno / Total	48,23	568,7	2,42	0,74	46,84	776,3	2,49	1,06
RT 1	Urod / Average yield = 3,78 t ha ⁻¹ a				Urod / Average yield = 3,01 t ha ⁻¹ a			
Rovilo / Chisel	15,00	153,6	0,57	0,15	20,84	267,9	0,83	0,28
Tanjurača Disc harrow	9,67	99,0	0,34	0,09	10,25	131,8	0,31	0,10
Sjetvospremač Seed-bed impl.	4,31	44,1	0,17	0,04	4,26	54,8	0,43	0,14
Sijačica / Drill	3,13	32,0	0,56	0,15	2,94	37,8	0,45	0,15
Ukupno / Total	32,11	328,7	1,64	0,43	38,29	492,3	2,02	0,67
RT 2	Urod / Average yield = 2,76 t ha ⁻¹ c				Urod / Average yield = 3,20 t ha ⁻¹ a			
Rovilo / Chisel	15,00	209,2	0,57	0,20	20,84	252,0	0,83	0,26
Integra / Rotary harrow + drill	17,04	237,6	0,61	0,22	12,46	150,7	0,61	0,19
Ukupno / Total	32,04	446,8	1,18	0,42	33,30	402,7	1,44	0,45
RT 3	Urod / Average yield = 3,27 t ha ⁻¹ b				Urod / Average yield = 2,64 t ha ⁻¹ bc			
Plug / Plough	31,12	368,6	1,35	0,41	29,39	430,5	1,30	0,49
Integra / Rotary harrow + drill	16,44	194,7	0,59	0,18	12,46	182,5	0,61	0,23
Ukupno / Total	47,56	563,4	1,94	0,59	41,85	613,0	1,91	0,72
RT 4	Urod / Average yield = 3,21 t ha ⁻¹ b				Urod / Average yield = 2,88 t ha ⁻¹ ab			
Rovilo / Chisel	15,00	181,0	0,57	0,18	20,84	279,9	0,83	0,29
Plug / Plough	31,12	375,5	1,35	0,42	29,39	394,8	1,30	0,45
Integra / Rotary harrow + drill	16,44	198,4	0,59	0,18	12,46	167,4	0,61	0,21
Ukupno / Total	62,56	754,9	2,51	0,78	62,69	842,1	2,74	0,95

⁽¹⁾ Različita slova ukazuju na statistički značajne razlike na razini vjerojatnosti p ≤ 0.05
Different letters indicate significant (p ≤ 0.05) differences

Primjenom reduciranih sustava obrade tla ponovo su ostvarene znatne uštede energije, od 21 % u varijanti pokusa RT 3 do 48 % u RT 2 u odnosu na konvencionalni sustav. Također je i utrošak radnog vremena u obradi tla na varijantama pokusa s reduciranom obradom tla bio znatno manji u odnosu na konvencionalnu obradu, a najveća ušteda od 57,8 % ostvarena je u sustavu RT 2 gdje je u obradi ukupno utrošeno 0,45 h t⁻¹. Potrebno je istaknuti da je sustav obrade RT 4 unatoč većem utrošku radnog vremena (2,74 h ha⁻¹ naspram 2,49 h ha⁻¹ kod konvencionalnog sustava) u konačnici imao veću produktivnost rada (0,95 h t⁻¹) u odnosu na konvencionalni sustav (1,07 h t⁻¹) zahvaljujući značajno većem prosječnom prinosu zrna ječma.

Uspoređujući dobivene rezultate s navodima drugih autora (Pelizzi i sur. 1988; *Hernanz i Ortiz-Cañavate 1999*; *Kovačev i sur. 2011*) mogu se očekivati veća odstupanja obzirom na tipove tala, trenutne uvjete u polju, dubinu obrade i korištena oruđa, no uočljivo je povećanje produktivnosti rada sa stupnjem redukcije obrade tla.

Ekonomičnost proizvodnje

Ukupni prihodi u proizvodnji soje i ječma izračunati su prema prosječnom prinosu zrna sa svake varijante pokusa i prosječnoj otkupnoj cijeni u vrijeme žetve, te državnim poticajima. Ukupni troškovi uključuju sve troškove mehanizacije od obrade tla do žetve (uključivo transport u polju), repromaterijal (sjeme, gnojiva, zaštitna sredstva), i ljudski rad. Skladištenje uroda i režijski troškovi poljoprivredne tvrtke ovdje nisu uračunati.

U proizvodnji soje najveći prihod ostvaren je na varijanti pokusa s reduciranom obradom tla RT 1, te se upravo taj sustav pokazao najekonomičnijim s najvišim omjerom prihoda i troškova (2,16) među istraživanim sustavima obrade. Iako su na varijanti pokusa RT 2 zabilježeni najniži troškovi, zbog značajno nižeg uroda soje u odnosu na sve ostale varijante, taj se sustav obrade na kraju pokazao najlošijim izborom s najnižim omjerom prihoda i troškova 1,74. Najveće troškove proizvodnje generirao je konvencionalni sustav obrade tla, ponajviše zbog velikog broja operacija i utroška radnog vremena.

Tablica 4. Ekonomski pokazatelji proizvodnje soje i ječma
Table 4. Economic efficiency indicators of soybean and barley production

Obrada	Soja / Soybean			Jari ječam / Spring Barley		
	Ukupni prihod Gross inc. € ha ⁻¹	Ukupni troškovi Total costs € ha ⁻¹	Omjer prihodi/troškovi Income/Costs ratio	Ukupni prihod Gross inc. € ha ⁻¹	Ukupni troškovi Total costs € ha ⁻¹	Omjer prihodi/troškovi Income/Costs ratio
CT	1.394,00	790,00	1,76	744,00	585,00	1,27
RT 1	1.560,00	721,00	2,16	894,00	558,00	1,60
RT 2	1.225,00	703,00	1,74	936,00	518,00	1,81
RT 3	1.389,00	731,00	1,90	812,00	545,00	1,49
RT 4	1.369,00	767,00	1,79	865,00	578,00	1,50

U proizvodnji jarog ječma najviši prihod ostvaren je na varijanti pokusa s reduciranom obradom tla RT 2, a obzirom da su u tom sustavi zabilježeni i najniži troškovi upravo se taj sustav s najvišim omjerom prihoda i troškova 1,81 pokazao kao najekonomičniji. Najveći troškove proizvodnje ponovo su zabilježeni u konvencionalnom sustavu obrade tla u kojem je zbog značajno nižeg uroda u odnosu na ostale varijante pokusa ostvaren i najniži prihod. U konačnici je tako konvencionalni sustav obrade pokazao najnižu ekonomičnost u proizvodnji jarog ječma s omjerom prihoda i troškova od samo 1,27.

ZAKLJUČCI

Temeljem provedenih istraživanja utjecaja nekonvencionalnih sustava obrade tla na ekonomičnost proizvodnje soje i jarog ječma, te prikazanih rezultata, mogu se donijeti sljedeći zaključci:

1. Proizvodnja soje i jarog ječma bila je ekonomična na svim ispitivanim sustavima obrade tla. Najvišu ekonomičnost proizvodnje soje pokazala je varijanta s reduciranim sustavom obrade RT 1 (koeficijent 2,16), dok je u proizvodnji ječma najekonomičniji bio sustav RT 2 (koeficijent 1,81).
2. Redukcija obrade tla ima pozitivan utjecaj na ekonomičnost proizvodnje jedino ako se time prinosi ne smanjuju u značajnoj mjeri kao što je to bio slučaj pri uzgoju soje u sustavu RT 2 koji je unatoč najnižim troškovima imao i najnižu ekonomičnost zbog izrazito niskih uroda.
3. Redukcijom obrade tla moguće je ostvariti znatne uštede energije i radnog vremena ljudi i strojeva. Stoga bi kod izbora sustava obrade tla, uz pretpostavku ujednačenih razina prinosa, prednost trebalo dati sustavu s nižom razinom agrotehnike, ne samo radi snižavanja troškova, već i zbog mogućnosti jednostavnije organizacije proizvodnje.

LITERATURA

1. Birkás M. (2008). Environmentally-sound adaptable tillage. Akademiai Kiado, Budapest, Hungary.
2. Cervinka, V. (1980). Fuel and energy efficiency, in Handbook of Energy Utilization in Agriculture, Pimentel, D., Ed., CRC Press., Boca Raton, FL, USA, 15-21.
3. Chatskikh, D., Olesen J. E. (2007). Soil tillage enhanced CO₂ and N₂O emissions from loamy sand soil under spring barley. Soil & Tillage Research, 97(1), 5-18.
4. Derpsch R., Friedrich T. (2009). Development and current status of no-till adoption in the world. Proceedings on CD „18th Triennial Conference of the International Soil Tillage Research Organization“, Izmir, Turkey.
5. ECAF (2010). European Conservation Agriculture Federation, Web, 24.07.2011. <http://www.ecaf.org/index.php?option=com_content&task=view&id=53&Itemid=52>
6. Filipović, D., Košutić, S., Gospodarić, Z., Zimmer, R., Banaj, Đ. (2006). The possibilities of fuel savings and the reduction of CO₂ emission in the soil tillage in Croatia. Agriculture, Ecosystems and Environment 115 (2006) 290-294.

7. Hernanz, J. L., Ortiz-Cañavate, J. (1999). Energy saving in crop production. In O. Kitani (Ed), CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Vol. 5. Energy and Biomass Engineering, St Joseph, MI, USA: ASAE, 24-39.
8. Jug D., Sabo M., Jug I., Stipešević B., Stošić M. (2010): Effect of different tillage systems on the yield and yield components of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. *Acta Agronomica Hungarica*, 58/1: 65-72.
9. Kisić I., Bašić F., Birkas M., Jurišić A. (2010): Crop yield and plant density under different tillage systems. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 75/1: 1-7.
10. Košutić S., Filipović D., Gospodarić Z., Husnjak S., Zimmer R., Kovačev I. (2006): Usporedba različitih sustava obrade tla u proizvodnji soje i ozime pšenice u Slavoniji. *Agronomski glasnik*, 68/5: 381-392.
11. Košutić S., Kovačev I., Filipović D., Pospišil M., Gosodarić Z. (2008): Short term experiment with different soil tillage systems in production of winter barley and maize in Posavina, Croatia. *Agricultural and biosystems engineering for a sustainable world. International Conference on Agricultural Engineering*, Hersonissos, Crete, Greece, 070.
12. Kovačev, I., Košutić, S., Filipović, D., Pospišil, M., Čopeć, K. (2011): Economic efficiency of non-conventional soil tillage systems in oil seed rape and winter barley production. *Proceedings of the 39th Int'l Sym. Actual Tasks on Agricultural Engineering*. Opatija, Croatia, 271-279.
13. Moret, D., Arrue, J. L. (2007). Winter barley performance under different cropping and tillage systems in semiarid Aragon (NE Spain). *European Journal of Agronomy*, 26(1), 54-63.
14. Pellizzi G., Guidobono Cavalchini, A., Lazzari, M. (1988). *Energy savings in agricultural machinery and mechanization*. Elsevier Applied Science, London-New York.
15. Pospišil Ana, Varga B., Grgić Z., Svečnjak Z. (2002). Utjecaj razine agrotehnike na prinos i ekonomičnost proizvodnje soje. *Agronomski glasnik*, Vol. 67, No. 3, 149-159.
16. SAS (1990): *SAS / STAT user's guide*. Ver. 6., SAS Institute, Cary, NC, USA.
17. Stipešević B., Jug D., Stošić M., Žugec I., Jug, I. (2007): Economic analysis of winter barley production for different soil tillage and nitrogen fertilization systems. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca, Horticulture*, 64: 1/2, 538-542.
18. Škorić A. (1986). *Postanak, razvoj i sistematika tla*. Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb.
19. Špoljar A., Kisić I., Birkas M., Kvaternjak I., Marenčić D., Orehovački V. (2009). Influence of tillage upon soil properties, yield and protein content in maize and soybean grain. *Journal of Environment Protection and Ecology*, Vol. 10/4, 1013-1031.
20. Tebrügge, F., Düring, R.A. (1999). Reducing tillage intensity – a review of results from a long-term study in Germany. *Soil & Tillage Research*, 53, 15-28.
21. Vratarić, M., Sudarić, A. (2000). *Soja*, Poljoprivredni institut Osijek, Osijek.
22. Zimmer, R., Milaković, Z., Miloš, B., Kržek, Ž., Bračun, M., Zuzjak, S., Ipša, J., Šeput, M. (2002): Načini obrade tla i sjetva ratarskih kultura u Slavoniji i Baranji. *Zbornik radova 30. međunarodnog simpozija "Aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede"*, Opatija, 197-210.

ECONOMIC EFFICIENCY OF NON-CONVENTIONAL SOIL TILLAGE SYSTEMS IN SOYBEAN AND BARLEY PRODUCTION

SUMMARY

Short-term study of non-conventional soil tillage systems was conducted at the experimental field near Staro Petrovo Selo (45° 10' N, 17° 30' E) on hypogley-vertic type of soil and semi humid climate conditions. The tillage systems and implements used were: CT – mouldboard plough, disc harrow, seed-bed implement, drill, RT 1 - chisel plough, disc harrow, seed-bed implement, drill, RT 2 - chisel plough, rotary harrow integrated with seed drill, RT 3 - mouldboard plough, rotary harrow integrated with seed drill, RT 4 - chisel plough, mouldboard plough, rotary harrow integrated with seed drill. The weather conditions had great influence on production of soybean and spring barley, and the occurrence of drought periods during the vegetation season could have affect the yields. The highest average yields were obtained by RT 1 system in soybean (3.78 t ha⁻¹) and RT 2 in barley production (3.20 t ha⁻¹). The greatest energy and labour savings in soil tillage, among the lowest total cost of production, were achieved by RT 2 system, but due to the significantly lower yields this system has not proved adequate for soybean production. The highest economic efficiency of soybean production has shown RT 1 system (coefficient of 2.16), while in barley production the most profitable system was RT 2 (coefficient of 1.81). Regarding the choice of tillage systems, assuming uniform level of yields, the advantage should be given to systems with lower level of tillage intensity, not only to reduce costs but also because of the possibility of simpler production organization due to less machine and labour requirement.

Key words: soil tillage, energy consumption, production costs, income