



UDK: 631 (059)

*Originalni naučni rad
Original scientific paper*

VIŠEGODIŠNJI UTICAJ RAZLIČITIH SISTEMA OBRADE ZEMLJIŠTA NA ENERGETSKU EFIKASNOST I PRINOS KUKURUZA

Nebojša Momirović^{1*}, Željko Dolijanović¹, Mičo V. Oljača², Živorad Videnović³

¹Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za ratarstvo, Beograd-Zemun

²Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku

³Institut za kukuruz -Zemun Polje, Beograd-Zemun

Sažetak: Efikasno unapređenje različitih sistema obrade zemljišta u pravcu održive poljoprivredne proizvodnje, danas ima poseban socijalni, ekonomski i ekološki značaj. Osnova održivosti proizvodnje, jeste produktivnost sistema gajenja određene kulture izražena kao odnos uložene energije u procesu proizvodnje i dobijene energije oličene u prinosu glavnog proizvoda. Cilj ovog rada bio je da upoređenjem ispitivanih sistema obrade zemljišta sa energetskeg i proizvodnog aspekta odgovori na pitanje održivosti proizvodnje kukuruza. Odgovarajuća merenja u poljskim uslovima, su obavljena u višegodišnjem periodu 1998-2010. godine, na zemljištu tipa karbonatni černozem. Kukuruz je gajen u balkanskom dvopoljnom plodoredu, naizmeničnim smenjivanjem sa ozimom pšenicom. Prinos suvog zrna i energetska efikasnost praćeni su na različitim sistemima obrade zemljišta: konvencionalna obrada (CTS-letnja obrada strništa + duboko jesenje oranje + predsetvena obrada zemljišta); redukovane obrade (RTS - obrada teškom tanjiračom), i direktne setve (NTS-usejavanjem u strnište pokriveno kompletnom masom žetvenih ostataka sejalicom za direktnu setvu, John Deer Max Emerge 2). Rezultati istraživanja ukazuju na visoku energetska efikasnost sistema direktne setve (NTS), što bez obzira na statistički niže prinose ostvarene u odnosu na klasičnu obradu zemljišta aktuelizuje potrebu nastavka razvojnih istraživanja na implementaciji novih tehnologija gajenja kukuruza.

Ključne reči: konvencionalna obrada, redukovana obrada, direktna setva, prinos kukuruza, energetska efikasnost

* Kontakt autor: Nebojša Momirović, Nemanjina 6, 11080 Beograd-Zemun, Srbija.
E-mail: emomirov@agrif.bg.ac.rs

Prikazana istraživanja u ovom radu su deo Projekata TR31037, „Integralni sistemi gajenja ratarskih useva: očuvanje biodiverziteta i plodnosti zemljišta“, koji finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, za period 2011-2014.

UVOD

Koncept održive poljoprivrede podrazumeva racionalno gazdovanje poljoprivrednim resursima, [4], [5], kako u cilju zadovoljenja izmenjenih potreba stanovništva u hrani i sirovim vlaknima, tako i u cilju očuvanja prirodnih resursa i zaštite i unapređenja životne sredine. Prilagođavanje i unapređenje različitih sistema zemljoradnje u pravcu održivosti poljoprivredne proizvodnje ima ogroman socijalni, ekonomski i ekološki značaj [1], [3], [4], [5]. Osnova održivosti jeste produktivnost sistema izražena kao odnos inputa i autputa, najčešće u energetskom pogledu. Budući da je obrada zemljišta u većini sistema zemljoradnje najvažnija stavka u ukupnim potrebama za dopunskom energijom, ona ima ogroman ekonomski značaj [2], [5], [6]. Cilj ovog rada je bio poređenje konvencionalnog sistema obrade zemljišta sa ispitivanim konzervacijskim sistemom I sistemom redukovane obrade i sa energetskog i proizvodnog aspekta [7], [8], [10], [9], [11].

MATERIJAL I METODE RADA

Ogledna ispitivanja navedene problematike izvedena su na parcelama Instituta za kukuruz u Zemun Polju (44°52'N, 20°20'E), u periodu 1998 do 2010. godine na poljskom ogledu [12], započetom davne 1978. godine. Zemljište na kome je ogled postavljen [12], je tipični slabokarbonatni černozelem sa 32,5% gline u ornličnom sloju od 0 do 30 cm, pH vrednosti zemljišnog rastvora 7,8, sa sadržajem karbonata 9,7% sadržajem humusa 3,3%, organskog ugljenika-C 1,8%, ukupnog azota 0,21%, sadržajem razmenljivog fosfora 14 mg/100g i razmenljivog kalijuma 31 mg/100g zemljišta.

Ogled je izveden u prirodno vodnom režimu u split plot dizajnu, sa 4 ponavljanja. Veličina elementarne parcele iznosila je 19,6 m² (2,8 x 7 m). Setva hibrida ZP SC 704, na međuredno rastojanje 0,7 m i gustini 64.935 biljaka ha⁻¹ obavljena je u periodu 20. do 25. aprila u zavisnosti od meteoroloških uslova u datoj godini. Mineralna ishrana kukuruza je podrazumevala unošenje 150 kg ha⁻¹ N, 46 kg ha⁻¹ P₂O₅ i 62 kg ha⁻¹ K₂O. Mere nege nisu podrazumevale međurednu kultivaciju ni na jednom od ispitivanih sistema obrade zemljišta, dok je suzbijanje korova podrazumevalo selektivnu primenu herbicida u zavisnosti od stepena zakorovljenosti površine zemljišta neposredno pred setvu, odnosno u toku vegetacije useva kukuruza. Na varijanti sa direktnom setvom, neposredno pred setvu korišćen je totalni herbicid Roundup (glyphosate 480 g a.i.) u količini 5 l ha⁻¹. Na čitavoj oglednoj površini primenjivan je posle setve a pre nicanja Atrazine 500 u količini 1,00 l ha⁻¹ (atrazine 500 g a.i.) i herbicid Harness 2,00 l ha⁻¹ (acetochlor 900 g a.i.) do 2007. godine, kada je atrazin zamenjen ternutilazinom.

Ispitivanja su obuhvatila 3 različita sistema obrade zemljišta:

1. CTS - konvencionalni sistem obrade zemljišta (Conventional Tillage System): obrada strništa + duboko jesenje oranje + dopunska/predsetvena priprema zemljišta
2. RTS - sistem redukovane obrade (Reduced Tillage System): obrada teškom tanjiračom
3. NTS - sistem direktne setve (No Tillage System): setva John Deer sejalicom Max Emerge 2

Odgovarajućim merenjima, u toku rada mašina-agregata u poljskim uslovima, određeni su, standardnim metodama, parametri:

- Brzina kretanja (V_r), merena na dužini puta od 100 m,
- Vučni otpor (R_v), meren hidrauličnim dinamometrom,
- Potrošnja goriva (Q/ha), zapreminska metoda sa baždarenom posudom,
- Trenutni sadržaj vlage u zemljištu (%), gravimetrijska metoda.

Analičkim metodama, za svaki sistem obrade i agregat, određeni su:

- Potrebna snaga traktora (P_v),
- Proizvodni učinak (W_h),
- Potrošnja energije (E),
- Specifični otpor (k), po ulagaču/radnom zahvatu,
- Energetski output (EO), množenje ukupnog prinosa suvog zrna sa faktorom 17,65 MJ t⁻¹,
- Koeficijent energetske efikasnosti (Coefficient of Energy Efficiency – CEE), kao količnik utroška energije sistema obrade zemljišta, zaključno sa setvom i energetskog outputa sadržanog u energiji suvog zrna kukuruza sa 14 % vlage).

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Rezultati eksperimentalnih ispitivanja poljsko-laboratorijskih ogleda i rada traktorsko-mašinskih agregata, po predviđenim varijantama i metodama ogleda, prikazani su tabelarno.

Tabela 1. Ispitivani energetski parametri različitih sistema obrade zemljišta

Table 1. Energy parameters of examined soil tillage systems

Sistem obrade <i>Tillage system</i>	Traktorski agregat <i>Tractor aggregate</i>	Brzina (km/h) <i>Velocity (km/h)</i>	Vuč. otpor (kN) <i>Resist. (kN)</i>	Spec. otpor (kN/m) <i>Spec. resistan. (kN/m)</i>	Snaga (kW) <i>Power (kW)</i>	Učinak (ha·h ⁻¹) <i>Produc. (ha·h⁻¹)</i>	Potroš. goriva (l/ha) <i>Fuel cons. (l/ha)</i>	E MJ/ha
CTS*	J.Deer-8230 + plug (<i>plow</i>) 8x	5.15	61.50	30.60	87.98	1.10	35.68	287.93
	J.Deer-4755 + drljača (<i>harrow</i>) 700 cm	8.10	22.00	6.25	49.00	3.00	11.50	59.40
	J.Deere4755 + M.Emerge 2	10.00	10.79	3.55	29.97	1.04	9.30	103.75
	Ukupno – Total							56.48
RTS**	J.Deere-4755 + tanjrača (<i>disc harrow</i>) 450cm	8.50	26.50	7.25	62.57	2,97	10.50	75.84
	J.Deere-4755+M.Emerge 2	8.00	10.30	3.39	22.89	1.04	8.48	79.23
	Ukupno – Total							19.48
NTS***	J.Deere-4755+M.Emerge 2	8.00	12.50	4.11	27.77	1.05	8.48	95.24
	Ukupno – Total							8.48

* CTS - konvencionalni sistem obrade zemljišta - *Conventional Tillage System*

** RTS - sistem redukovane obrade - *Reduced Tillage System*

*** NTS - sistem direktne setve - *No Tillage System*

Vrednosti analiziranih energetske parametara varirale su kod različitih sistema obrade zemljišta. Setva na klasičnom sistemu obrade zemljišta (CTS) izvedena je pri specifičnom otporu do 3.55 kN/m, uz angažovanu snagu traktora JD-4755 do 29.95 kW i sa učinkom 1.30 ha h-1. Kod varijante RTS - zaštitna obrada zemljišta, ukupni specifični otpor raste sa povećanjem brzine agregata do vrednosti od 7.25 kN/m, dok je angažovana snaga JD-4755 iznosila 62.57 kW. Kod varijante NTS konstatovan je najveći specifični otpor od 4.11 kN, dok je angažovana snaga JD-4755 bila do 27.77 kW. Ukupan utrošak energije u obradi i setvi značajno je veći u sistemu klasične obrade zemljišta (451.08 MJ/ha), u odnosu na sistem redukovane obrade (155.07 MJ/ha), a naročito u odnosu na sistem direktne setve, gde je utrošak energije najmanji (95.24 MJ/ha).

Tabela 2. Suma mesečnih padavina (mm) i srednje mesečne temperature (°C) za 1999-2010. (Beograd)
Table 2. Monthly precipitation sum (mm) and mean monthly temperature (°C) for 1999-2010. (Belgrade)

Godina Year	Temperatura (°C) Temperature (°C) Padavine (mm) Rainfall (mm)	Meseci Months							Prosek/Average Suma/Sum
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
1999	(°C)	13,2	17,3	20,0	21,1	21,1	18,4	12,2	17.61
	(mm)	68,9	68,8	135,5	275,9	7	55,4	54,9	666.40
2000	(°C)	16,2	19,6	23,0	23,5	25,7	17,9	14,6	20.07
	(mm)	41,9	34,5	19,1	29,3	7,8	70,7	16,6	219.90
2001	(°C)	12,0	18,3	19,0	23,0	24,0	16,1	14,8	18.17
	(mm)	157,9	47	186	19,7	56,7	183,7	16,7	667.70
2002	(°C)	12,7	20,2	22,4	24,6	22,8	17,9	14,0	19.23
	(mm)	55	21	80	62	107	50	80	455.00
2003	(°C)	12,2	21,6	25,0	23,4	25,8	18,4	11,5	19.70
	(mm)	22	40	33	116	5	57	124	397.00
2004	(°C)	13,5	16,2	20,7	23,0	22,3	17,7	15,9	18.47
	(mm)	69	62,8	107,1	93,7	88,1	45,8	30,6	497.10
2005	(°C)	13,1	17,7	20,2	22,9	21,4	18,9	13,8	18.29
	(mm)	53	48	94	90	145	56	27	513.00
2006	(°C)	14,0	17,6	20,3	24,7	21,5	19,7	16,1	19.13
	(mm)	97	40	137	22	123	26	21	466.00
2007	(°C)	14,7	19,8	24,4	26,9	25,2	15,8	12,1	19.84
	(mm)	4	79	108	18	72	35	104	420.00
2008	(°C)	14,2	19,3	23,0	23,6	24,2	17,5	15,9	19.67
	(mm)	35	61	45	64	46	68	18	337.00
2009	(°C)	16,2	19,8	21,1	24,0	24,5	21,0	14,0	20.09
	(mm)	6	34	153	79	45	4	101	422.00
2010	(°C)	13,9	18,3	21,4	24,4	24,3	18,4	10,5	18.74
	(mm)	41	85	180	41	54	51	49	501.0

Tokom dvanaestogodišnjeg perioda koji obuhvata ova istraživanja (1999-2010), preovlađivali su različiti meteorološki uslovi u vegetacionom periodu kukuruza. Imajući u vidu kretanje srednjih dnevnih temperatura tokom kritičnih faza porasta i razvića useva kukuruza, zaključujemo da prinos u najvećoj meri zavisi od količine i rasporeda padavina. S obzirom na podatke o količini i rasporedu padavina od aprila do oktobra

(Tab. 2.), četiri godine izdvajamo kao izuzetno povoljne za proizvodnju kukuruza, sa preko 500 mm padavina u vegetacionom periodu (1999, 2001, 2004 i 2005). Četiri ispitivane godine označene su kao izuzetno sušne: 2000 (219.9 mm padavina), 2003 (397.0 mm), 2007 (420.0 mm) i 2008 (337.0 mm). Ostale godine se mogu oceniti kao umereno povoljne za proizvodnju kukuruza u agroekološkim uslovima Zemun Polja.

Tabela 3. Uticaj sistema obrade zemljišta na prinos zrna kukuruza (t-ha-1)

Table 3. The influence of soil tillage on grain yield of maize (t ha-1)

Godina Year	Sistem obrade zemljišta Soil Tillage System			Prosek Average (A)
	CTS	RTS	NTS	
1999	11.395	11.202	7.272	9.956
2000	8.675	4.925	3.010	5.537
2001	9.507	8.657	6.650	8.271
2002	10.257	8.797	8.617	9.224
2003	8.980	7.757	5.950	7.562
2004	14.247	13.900	12.305	13.484
2005	13.797	12.352	6.932	11.027
2006	13.510	10.845	7.757	10.704
2007	9.195	8.565	7.217	8.326
2008	10.272	8.370	4.540	7.727
2009	11.115	9.067	10.580	10.254
2010	11.095	9.375	8.642	9.704
Prosek Average (B)	10.582	9.056	7.294	8.977
df	Year A 11	Tillage B 2	AB 22	
F	43,8894***	134,0748***	5,0341**	
Lsd 0,05	0,913	0,456	1,581	
Lsd 0,01	1,252	0,626	2,169	

Podaci o prinosu kukuruza dati su u Tab. 3. Prosečan prinos kukuruza za period ispitivanja iznosio je 8.977 t/ha, što je saglasno prosečnim višegodišnjim prinosima [12], ostvarenim na istom ili obližnjim lokalitetima (8.82 t/ha). Statističkom analizom je utvrđeno veoma značajno variranje prinosa u zavisnosti od sistema obrade, od godine ispitivanja, kao i od njihove interakcije. Najveći prinosi zrna kukuruza su ostvareni u 2004, 2005 i 2006. godini, posebno zahvaljujući visokim prinosima u konvencionalnom sistemu obrade zemljišta (CTS) i sistemu redukovane obrade (RTS). U sušnim godinama kao što je 2000, 2003 i 2008. godina ostvareni su najniži prinosi, prvenstveno zbog veće zakorovljenosti adaptabilnim vrstama korova kukuruza u sistemu direktne setve, gde su prinosi najniži tokom čitavog perioda trajanja ispitivanja.

Kada analiziramo prinose zrna u različitim sistemima obrade zemljišta, očekivano najveći prinos i svim ispitivanim godinama je ostvaren u sistemu konvencionalne (10.582 t/ha), a najniži u sistemu direktne setve (7.294 t/ha). Sve razlike u prinosu između ispitivanih sistema obrade su statistički značajne, što ukazuje na velike prednosti koje klasična obrada zemljišta ima u odnosu na manji, ili veći stepen redukcije u pogledu operacija obrade zemljišta.

Tabela 4. Energetski efikasnost ispitivanih sistema obrade zemljišta
 Table 4. Energy efficiency of examined soil tillage systems

Energetski parametri <i>Energy Parameters</i>	Utrošak energije (MJ·ha ⁻¹) <i>Energy consumption (MJ·ha⁻¹)</i>		
	Sistem obrade zemljišta <i>Soil Tillage System</i>		
	CTS	RTS	NTS
Energetski input - <i>Energy Input</i> *Potrošnja energije za obradu zemljišta i setvu <i>*Energy Consumption for Soil Tillage and Sowing</i>	451.08	155.07	95.24
Energetski output - <i>Energy Output</i> *Energija sadržana u prinosu zrna kukuruza <i>*Energy Enclosed Grain Yield</i>	186.77	160.02	128.88
Koeficijent energetske efikasnosti <i>Coefficient of Energy Efficiency</i>	0.41	1.03	1.35

Sa stanovišta energetske efikasnosti izražene odnosom energetski output/input, proizilazi da je bez obzira na niži prinos zrna u sistemu direktne setve održivost sistema vrlo visoka, posebno u svetlu korišćenja kukuruza kao bioenergetskog useva.

ZAKLJUČAK

Održivost proizvodnje kukuruza u velikom stepenu zavisi od energetske efikasnosti tehnologije gajenja, u kojoj značajnu stavku utroška energije predstavlja sistem obrade zemljišta zaključno sa setvom. Direktna setva predstavlja sa energetskeg aspekta najpovoljnije rešenje u smislu energetske uštede, bez obzira na nešto niže prinose ostvarene posebno u godinama sa deficitom u količini padavina i njihovim neravnomernim rasporedom tokom vegetacionog perioda kukuruza.

Rezultati poljsko-laboratorijskih i eksploatacionih ispitivanja različitih tehnološko-tehničkih sistema obrade zemljišta i setve kukuruza, ukazuju na opravdanost diferencijalnog pristupa, shodno konkretnim zemljišnim i klimatskim uslovima, stanju zakorovljenosti i drugim agrotehničkim aspektima.

LITERATURA

- [1] Kovačević, D., Snežana, O., et.al., 1997. *Savremeni sistemi zemljoradnje: korišćenje i mogućnosti za očuvanje zemljišta u konceptu održive poljoprivrede*. Zbornik radova - IX kongres JDPZ. Uređenje, korišćenje i očuvanje zemljišta, str.101-113, Novi Sad.
- [2] Oljača, M., Oljača, S., Kovačević, D., Radivojević, D., Gligorević, K., Pajić, M., Ralević, M., Mitrović, B., Radosavljević, U., 2009. *Uređenje, korišćenje i mere zaštite poljoprivrednog zemljišta Opštine Kosjerić*. Poljoprivredna tehnika, Godina XXXIV, Broj 4, Str. 83-94. Beograd.
- [3] Momirović, N., 1992. *Effect of different tillage methods on the dynamics of some soil physical properties and silage corn yield in a double-cropping system*. R. of Research work at the Fac. of Agric. Vol. 37, No. 2, pp. 47-60. Belgrade.

- [4] Momirovic, N., Misovic, M., Brocic, Z., 1997. *Effect of organic mulch application on the yield of potato seed crop*. A. Horticulturae No.462, Vol.1:291-296. ISHS. Belgium.
- [5] Momirovic, N., Kovacevic, D., Brocic, Z., Radošević, Z., 1998. *Effect of conservation tillage practice on soil physical environment and yield of maize as a second crop*. Proc. of Int. Conf. on Soil cond. and crop production, 2-5 Sept. Godelle, Hungarian ISTRO branch: 184-187, Hungary.
- [6] Momirović, N., Oljača S., Vasić, G., Kovačević, D., Radošević, Ž., 1998. *Effects of intercropping pumpkins (Cucurbita maxima Duch.) and maize (Zea mays L.) under different farming systems*. Proc. of 2nd Balkan Symp. on Field Crops, 16–20 June: 251-254, Novi Sad.
- [7] Mileusnić, Z., Đević, M., Petrović, D., Miodragović, R., Božić, S., 2007. *Optimizacija traktorsko mašinskih agregata za različite tehnologije obrade zemljišta*. Poljoprivredna tehnika, Godina XXXII, Broj 1, Str. 19 – 28, Beograd.
- [8] Veljić, M., Marković, D., 2006. *Uticaj radnih elemenata i koncepcija mašina na racionalnu obradu zemljišta*. Poljoprivredna tehnika, Godina XXXI, Broj 2, Str. 73 – 78, Beograd.
- [9] Kresović, B., Tolimir, M., 2009. *Uticaj sistema obrade na prinos kukuruza i poroznost oraničnog sloja navodnjavanog černozeza*. Poljoprivredna tehnika, Godina XXXIV, Broj 2, Str. 43 – 51, Beograd.
- [10] Isakov, S., Marinković, L., Mišković, Đ., Protulipac, T., Doroški, P., Sindjić, M., 2009. *Efekat prelaska sa konvencionalne na konzervacijsku obradu i setvu pšenice, soje, stočnog graška i pasulja*. Poljoprivredna tehnika, Godina XXXIV, Broj 2, Str. 115 – 124, Beograd.
- [11] Mileusnić, Z., Đević, M., Miodragović, R., Petrović D., 2008. *Struktura direktnih energetskih inputa u proizvodnji merkantilnog kukuruza*. Poljoprivredna tehnika, Godina XXXIII, Broj 3, Str. 57 – 64, Beograd.
- [12] Videnovic, Ž., Simić, M., Srdić, J., Dumanović, Z., 2011. *Long term effects of different soil tillage systems on maize (Zea mays L.) yields*. Plant Soil and Environment, Vol. 57 (4); 186-192.

LONG TERM EFFECTS OF DIFFERENT TILLAGE SYSTEMS INFLUENCING YIELD AND ENERGY EFFICIENCY IN MAIZE (ZEA MAYS L.)

Nebojša Momirović¹, Željko Dolijanović¹, Mićo V. Oljača², Živorad Videnović³

¹University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of crop science, Belgrade-Zemun

²University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Institute of agricultural engineering, Belgrade-Zemun

³Maize Research Institute, Zemun Polje, Belgrade-Zemun

Abstract: Adoption and improvement of different tillage systems toward agricultural sustainability has a great social, economical and environmental impact. The base of sustainability is a system productivity as ratio of output to input in a given system, measured in the same units, commonly as energy requirements. The objective of this study was to evaluate the aspect of energy requirements in the different soil tillage systems regarding total energy consumption under conventional tillage. The appropriate measuring at the field conditions, conducted during the period of investigation 1998-

2010 on the soil type of slightly calcareous Chernozem. Maize crop was grown under typical Balkan two-crop rotation with winter wheat. Grain yield of maize and energy efficiency were followed on the different tillage systems: conventional tillage (CTS - summer tillage of stubble + deep autumn plowing + pre-sowing preparation); reduced tillage (RTS – heavy disc harrowing); and no-tillage (NT - direct sowing into wheat stubble covered with all amounts of straw residues using no-till planter John Deer Max emerge 2 with the double disc openers). Results of examination have indicated high energy efficiency of No tillage Systems (NTS). Besides statistically lower yields being recorded comparing to a conventional tillage, good results with No-till system have actualizing necessity to continue research on new growing technology and to improve its implementation.

Key words: *Conventional Tillage, Reduced Tillage, No-tillage, Yield of Maize, Energy Efficiency*

Datum prijema rukopisa: 07.11.2011.

Datum prijema rukopisa sa ispravkama:

Datum prihvatanja rada: 12.11.2011.