



UDK: 631.331

STRUKTURA ZEMLJIŠTA NAKON DOPUNSKE OBRADE

**Dragan Petrović, Zoran Mileusnić, Rajko Miodragović,
Aleksandra Dimitrijević**

Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku - Zemun

Sadržaj: Mehanizovana obrada izlaže zemljište uticaju različitih mehanizama mehaničke dekompozicije, suštinski menjajući njegovu strukturu. Mogući pristup analizi kvaliteta svake pojedinačne operacije i procesa obrade u celini podrazumeva uspostavljanje funkcionalnih veza između radnih parametara primenjene mehanizacije i rezultujuće masene raspodele frakcija obrađenog zemljišta. Na osnovu eksperimentalnih podataka iz tri nezavisna eksperimenata, formulisane su odgovarajuće nelinearne veze funkcije masene gustine verovatnoće različitih frakcija obrađene oranice i pripadajućih prečnika čestica tih frakcija. Proračun je zasnovan na metodi najmanjih kvadrata. Dobijeni izrazi mogu olakšati modeliranje i procenu veličina frakcija zemljišta, kao i kontrolu kvaliteta mehanizovane obrade oranice.

Ključne reči: *struktura zemljišta, mehanizovana obrada, funkcija gustine verovatnoće, metoda najmanjih kvadrata.*

UVOD

Uspešno poslovanje u savremenoj biljnoj proizvodnji zahteva precizno planiranje i izvođenje tehničko-tehnoloških procesa na kojima se zasniva. To je, uglavnom krajem prošlog veka, rezultiralo intenziviranjem primene matematičkih i statističkih metoda i u oblast poljoprivredne proizvodnje.

U radu je prikazan jedan od mogućih pristupa matematičkog modeliranja rezultata mehanizovane obrade oranice, koja se u značajnoj meri svodi na mehaničko usitnjavanje čestica zemlje u procesima rezanja i drobljenja sloja zemlje zahvaćenog odgovarajućim radnim organima primenjene mašine. Izvršena su tri eksperimenta, analizirane rezultujuće raspodele veličina čestica obrađenog zemljišta i formulisane odgovarajuće masene funkcije gustine verovatnoće.

MATERIJAL I METOD RADA

U radu su analizirani su rezultati konvencionalne tehnološke obrade zemljišta, u okviru koje je prvo izvršena osnovna obrada plugom, a zatim i dopunska obrada tehničkim sredstvima prikazanim u tabelama 1, 2 i 3 (Đević i sar. 2001).

U toku tanjiranja zemljišta, radni otpori su varirali u granicama od 12kN do 16 kN, uz ostvarenu radnu brzinu od 8-9 km/h, nivo klizanja pogonskih točkova traktora bio je 10 %, uz broj obrtaja motora 2000 °/min.

Pri tome, temperatura atmosferskog vazduha bila je stabilna, održavajući se na nivou $29\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, a higroskopska vlažnost zemljišta na dubini oraničnog sloja je iznosila 18-23%.

Tab. 1. Tehničke karakteristike primenjenih traktora

Tehničke karakteristike traktora	John Deere 4440	Same Titan 190	MTZ-592
Snaga motora (kW)	114	139	45
Broj obrtaja pri max. snazi (min^{-1})	2200	2209	1800
$M_{\text{max}}/n_{M_{\text{max}}}$ $\text{Nm}/\text{min}^{-1}$	-	649/1406	267/1000
q (g/kWh)	265	247	263
Energetska snabdevenost u odnosu na konstr. masu (kW/t)	20,55	21,35	16,85
Specifična masa bez balasta (kg/kW)	48,64	46,83	59,33
Specifična masa sa balastom (kg/kW)	59,82	79,13	84,44
Masa sa balastom bez balasta (kg)	5545 6820	6510 11000	2670 3800
Hodni sistem	Točak	točak	točak
Napred	16,9R30	480/70-30	11,2 R20
Nazad	20,8R42	580/70-38	15,5 R38
Kontaktna površina hodnog sistema (m^2)			
Napred	2x0,194	2x0,194	2x0,081
Nazad	2x0,256	2x0,241	2x0,212
Prosečan pritisak na zemljište (daN/cm^2)	0,60-0,74	0,73-1,24	0,45-0,64

Tab. 2. Karakteristike primenjene tehnike

Tehničke karakteristike mašina	Plug Panter	Tanjirača OLT Drava	Plug Kverneland Pakomat S	Rotositnilica IMT 612.730
Broj radnih organa	3	36	3/4	25
Širina zahvata plužne daske (cm)	35	-	35-46	-
Širina radnog zahvata (cm)	105	450	142-183	125
Dubina obrade (cm)	40	10-15	40	20
Klirens (cm)	81	-	75	-
Način agregatiranja (-)	Nošeni	Vučeni	Nošeni	Nošeni
Masa (kg)	900	3200		295
Rastojanje između radnih organa (cm)	90	25	78	-

Radni otpori agregata su izmereni dinamografom *Alfred-Amsler & Co Schaffhausen* (Schweiz No 239, Presstopf 288/278), a zapreminska masa zemljišta cilindrima *Kopeckog*. Strukturna analiza zemljišta izvršena je metodom *Savinova* (v. *Korunović i Stojanović 1989*), a vlažnost zemljišta na dubini oraničnog sloja određena je primenom metode *Kačinskog* (v. *Kačinski 1958*). Eksperiment je izvršen na oglednoj parceli Instituta za kukuruz u Zemun Polju i proizvodnim parcelama PKB korporacije, Beograd.

Tab. 3. *Primenjene tehnološke varijante u obradi*

	Ekperiment br. 1	Ekperiment br. 2	Ekperiment br. 3
Traktor	John Deere 4440	MTZ-592	Same Titan 190
mašine	Plug "Panter" + Tanjirača "OLT Drava"	"RAU" setvospremač + rotositnilica "IMT" 612-730	Plug Kverneland "Pakomat S"
zemljište	Černozem	Černozem	Ritska crnica
Zapreminska masa (g/cm ³)	1,15	1,15	1,29
Vlažnost (%)	18	23,5	18,5



a)



b)

Sl.1. *Uzimanje uzorka zemljišta i obrada.[1]*

Na osnovu eksperimentalnih podataka, odnosno masenih raspodela frakcija zemljišta izmerenih posle prosejavanja pomoću standardnih sita (slika 1), formirane su odgovarajuće funkcije masene gustine verovatnoće frakcija (engl. *probability density function – pdf*). Sita čini set od šest segmenata sa veličinama otvora po segmentu od 5, 9,5, 16, 19, 25 i 50 (mm). Uzorak se prosejava kroz čitav set sita, s tim da je pri tome neophodno voditi računa o amplitudi i frekvenciji oscilovanja da ne bi došlo do samoosipanja frakcije zbog prevelikog međusobnog trenja.

Analitička aproksimacija ovih empirijskih masenih funkcija gustine verovatnoće je izvedena metodom najmanjih kvadrata (*Seber and Wild 2003, Press et al 2002*).

REZULTATI I DISKUSIJA

Tabela 4 prikazuje rezultate prosejavanja tri probe, dve varijeteta černozeza gustine 1,15 [g/cm³] i jedne probe na ritskoj crnici gustine 1,29 [g/cm³] obrađenog tanjiračem "OLT Drava", Plugom Kverneland i rotositnilicom IMT 612-730.

Ukupna srednja izmerena masa *i*-te frakcije prosejanog zemljišta M_i , data u kolonama (3), (4) i (5) tabele 4.

Tab. 4. Pregled veličina i broja čestica po frakcijama uzorkovanog zemljišta

R.B.	Frakcija	Ukupna masa frakcije		
<i>i</i> [-]	Vel. okca L_i [mm]	Uzorak 1 M_{1i} [g]	Uzorak 2 M_{2i} [g]	Uzorak 3 M_{3i} [g]
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	50-100	650	0	1500
2	25-50	1450	805	1450
3	19-25	675	225	675
4	16-19	350	155	450
5	9,5-16	850	230	1350
6	5-9,5	3100	455	2350
7	0-5	1950	2340	1800
	Σ	9025	4210	9575

U varijanti obrade sa tanjiračem »OLT Drava« primenjena je model funkcija:

$$y = \frac{1}{a + b \cdot x + c \cdot x^2} \quad (1)$$

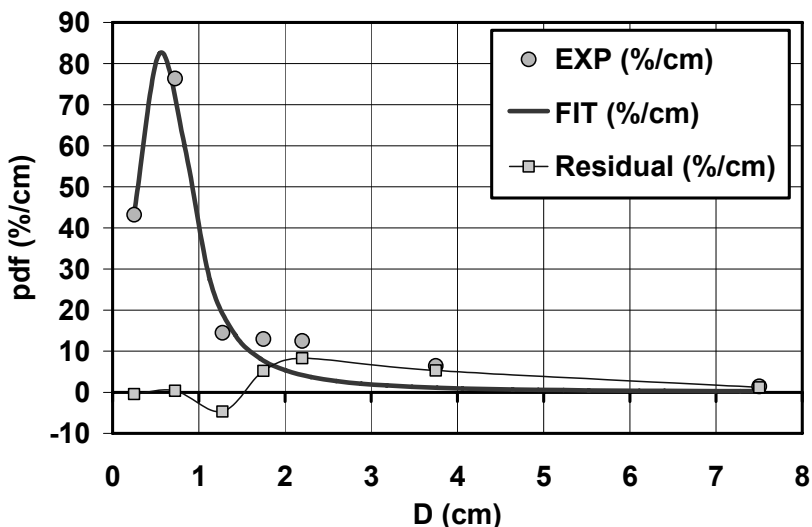
Parametri najbolje prilagođene model funkcije su imali sledeće vrednosti: $a = 0.0442221607360082$; $b = -0.107556220038314$; $c = 0.0892630532346967$ (slika 1). Pri tome, koeficijent determinacije je dostigao vrednost $R^2 = 0.96546$, a standardna greška je iznosila 6.07336.

Dopunska obrada zemljišta tanjiračem OLT Drava na varijetetu černozeza, daje zadovoljavajuće rezultate (eksperiment broj 1, slika 2). Nakon obrade u strukturnoj analizi zemljišta dominantan maseni udeo čine frakcije 1-9.5 (mm) prečnika, i to do 56 (%) uz istovremeno mali udeo frakcija većih od 50 (mm) (7.2 (%)). Iz priloženog se može konstatovati da dalja obrada nije potrebna, jer ova struktura zadovoljava uslove za setvu.

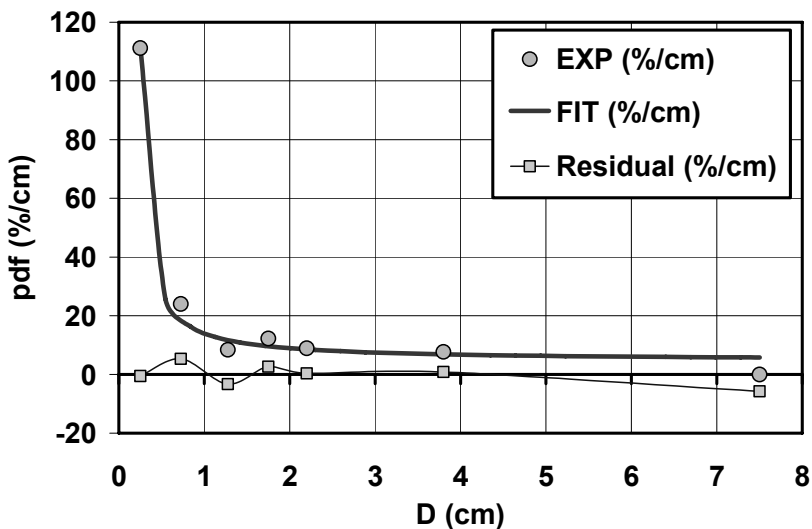
U varijanti pripreme zemljišta za setvu sa rotacionom sitnilicom, primenjena je sledeća model funkcija:

$$y = c + \frac{b}{x + a} \quad (2)$$

Parametri najbolje prilagođene model funkcije su imali sledeće vrednosti: $a = -0.178831959913616$; $b = 7.61316843653892$; $c = 4.75694346974696$ (slika 2). Pri tome, koeficijent determinacije je dostigao vrednost $R^2 = 0.99105$, a standardna greška je iznosila 4.50016.



Sl. 2. Usporedni pregled raspodela relativnih učestalosti čestica zemljišta određenih eksperimentalno i primenom model funkcije (1); Tanjirača »OLT Drava« - varijetet černozeza



Sl. 3. Usporedni pregled raspodela relativnih učestalosti čestica zemljišta određenih eksperimentalno i primenom model funkcije (2), (setvospremač RAU + rotosinilica - varijetet černozeza)

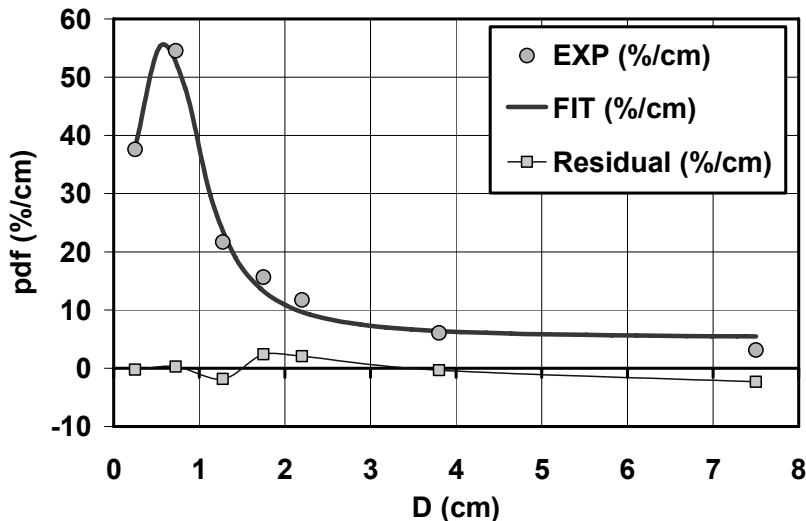
Raspodela veličine čestica u uslovima černozeza primenom drugog tehničkog sistema nešto je drugačija (eksperiment broj 2 slika 3). Ostalo je takođe dominantno učešće frakcija od 1-9.5 (mm) u prečniku, ali je iznos nešto veći i ide od 55.5-66.4 (%).

Frakcija većih od 50 (mm) nema, što je bilo i za očekivati kada je u pitanju obrada rotacionim mašinama. Frakcija prečnika od 26-50 (mm) bilo je 19.12 (%), a frakcija od 19-24(mm) 5,34 (%). Ovi rezultati pokazuju da i u ovom slučaju, dodatna obrada nije neophodna za stvaranje setvenih uslova. U ovom slučaju čak treba biti obazriv iz razloga mogućeg stvaranja pokorice u površinskom sloju, usled eventualnih obilnijih padavina nakon setve.

U varijanti pripreme zemljišta za setvu sa plugom u kombinaciji sa prstenastim valjkom korišćena je model funkcija:

$$y = y_0 + \frac{2 \cdot A}{\pi} \cdot \frac{w}{4 \cdot (x - x_c)^2 + w^2} \quad (3)$$

Parametri najbolje prilagođene model funkcije su imali sledeće vrednosti: $y_0 = 5.21455693350964$; $A = 78.6820060585676$; $w = 0.975674012501203$; $x_c = 0.619579011847091$ (slika 3). Pri tome, koeficijent determinacije je dostigao vrednost $R^2 = 0.99074$, a standardna greška je iznosila 2.51945.



Sl. 4. Raspodele čestica obrađenog zemljišta eksperimentalno i primenom model funkcije (3), (Pakomat - ritska crnica)

Primena »Pakomat S" u uslovima ritskih zemljišta-crnica (eksperiment broj 3, slika 4) dala sasvim drugačije rezultate. I u ovom eksperimentu dominantno je učešće frakcija 1-9.5 (mm) prečnika, ali je ono sada u rasponu od 18-43 (%), dok je maseni udeo frakcija 26-50 (mm) i prečnika preko 50 (mm) je 15,14 (%) odnosno 15,67 (%), respektivno. No i pored toga »Pakomat S" daje dobre rezultate na srednje teškom zemljištu, u intervalu »fizičke zrelosti zemljišta« za obradu (pri vlažnosti od oko 17 (%)). Dodatna obrada, za stvaranje setvene strukture, nije potrebna pod ovim uslovima.

ZAKLJUČAK

Ovaj rad opisuje preliminarni pokušaj matematičkog modeliranja strukture mehanizovano usitnjenog zemljišta. Kao polazna osnova za testiranje modela primenjene su dva eksperimenta na černoze mu dopunski obrađenog tanjiračem u jednom proходу i rotositnilicom i jedna proba na ritskoj crnici sa kombinovanim oruđem koga su činili plug i prstenasti valjak.

Sve varijante tehničkih sistema zadovoljavaju kriterijume kvaliteta zemljišta pripremljenog za setvu. To potvrđuje dominantan maseni udeo frakcija zemlje od 1-9,5 mm u iznosu od 44-66 % i mali udeo frakcija većih od 50 mm (od 0-7,2 %). Iz toga sledi da obrađeni uzorak zemljišta predstavlja dobru i realnu podlogu za proveru odgovarajućih matematičkih modela.

Rezultati modeliranja, ilustrovani slikama 2,3 i 4, potvrđuju da pored, već dokazane primenljivosti log-hiperboličke funkcije u opisivanju raspodela relativnih učestanosti ekvivalentnih prečnika čestica frakcija zemljišta, moguća primena i drugih jednostavnijih model funkcija. Ipak, ovo je samo prvi u nizu koraka koji slede, a trebalo bi da obuhvate numeričku obradu široke lepeze uzoraka različitih tipova zemljišta obrađenih raznim tehničkim sistemima u različitim uslovima. Na taj način bi se, u granicama prihvatljivih grešaka, mogli unapred preciznije planirati parametri radnih režima, kao i potrebni tehnički sistemi, koji za date tipove zemljišta i postojeće uslove obezbeđuju željene raspodele veličina agregata zemlje.

LITERATURA

- [1] Guidelines for constructing small-scale map legends using the World Reference Base for Soil Resources (2010): *Addendum to the World Reference Base for Soil Resources*, website: http://www.fao.org/ag/agl/agll/wrb/doc/wrb2007_corr.pdf
- [2] Качински, Н. (1958): Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения, Москва
- [3] Korunović, R., Stojanović, S. (1989): *Praktikum pedologije*, str 43-51, deseto izdanje, Naučna knjiga, Beograd
- [4] Đević, M., Miodragović, R., Ivana Ljubanović Ralević, Bajkin., A., Mileusnić, Z.: (2001) *Istraživanje optimalnih parametara racionalne obrade zemljišta, setve i nege ratarskih i povrtarskih kultura*, Izveštaj projekta 12M12.
- [5] Press W. H., Teukolsky S. A., Vetterling W. T., Flannery B. P. (2002): *Numerical Recipes in C++*, Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- [6] Seber F. A. G., Wild J. C. (2003): *Nonlinear Regression*, J. Wiley and Sons, NY.

Rezultati istraživačkog rada nastali su zahvaljujući finansiranju Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj, Republike Srbije, Projekat "Unapređenje i očuvanje poljoprivrednih resursa u funkciji racionalnog korišćenja energije i kvaliteta poljoprivredne proizvodnje", evidencionog broja TP 20076, od 1.04.2010

SOIL STRUCTURE AFTER ADDITIONAL TILAGE

Dragan Petrović, Zoran Mileusnić, Rajko Miodragović, Aleksandra Dimitrijević

Faculty of Agriculture, Belgrade-Zemun

Abstract: Tillage exposes the soil to different mechanisms of mechanical decomposition, which crucially change its structure. Possible approach in controlling the quality of each specified operation and complete tillage process assumes establishing the functional relations between the operational parameters of applied mechanization and resulting mass probability density function of soil particle sizes. Based on experimental data from three independent experiments, the appropriate nonlinear relationships between the mass probability density functions of different soil fractions and particle diameters of these fractions. Calculations are based on the least squares fitting method. These expressions can facilitate modeling and prediction of soil fractions distribution and tillage quality control.

Key words: *soil structure, mechanized tillage, probability density function, least squares fitting.*