

## IZRAČUNAVANJE I PRAĆENJE DINAMIKE ORGANSKE MATERIJE U ZEMLJIŠTU POMOĆU MODELA

*Srđan Šeremešić<sup>1</sup>, Dragiša Milošev<sup>1</sup>, Ivica Đalović<sup>2</sup>, Vladimir Ćirić<sup>1</sup>, Goran Jaćimović<sup>1</sup>*

**Izvod:** Smanjenje sadržaja organske materije (OM) zemljišta uslovljeno je promenom u načinu korišćenja zemljišta kao i agroekološkim uslovima. Za dugoročno praćenje dinamike organske materije koriste se kompjuterski modeli koji nakon validacije mogu da projektuju dinamiku OM na različitim nivoima. U radu su korišćeni podaci sa višegodišnjeg oglada na Rimskim Šančevima kako bi izvršili evaluaciju 3 modela koji prate dinamiku OM: RothC, DNDC i ICBM i to za agroekološke uslove Vojvodine. Svi modeli su pokazali negativan trend - gubitak OM na ispitivanim parcelama tropolja i dvopolja.

**Ključne reči:** organska materija, zemljište, RothC, DNDC, ICBM

### Uvod

Hronološki posmatrano, definisanje uloge i značaja organske materije (OM) u zemljištu imalo je dug razvojni put. Zbog toga se u današnje vreme OM istovremeno definiše kao kvalitativna ekološka komponenta, ali i složena hemijska supstanca. Sinteza i razgradnja OM u zemljištu je dinamičan i složen proces uslovljen velikim brojem parametara. Shodno tome analizom sadržaja OM tokom jedne godine nije moguće utvrditi efekat primenjene tehnologije i agroekoloških uslova na promenu nivoa OM. Smatra se da najmanji vremenski period koje je potreban da bi se detektovale promene u rezervoaru uskladištenog C u zemljištu tipa černozem iznosi 4 godine (Ellert et al., 2001). Dinamika C u zemljištu može se pratiti i indirektno korišćenjem kompjuterskih modela nakon utvrđivanja početnog sadržaja OM, inkubacionih eksperimenata u istraživanim klimatskim uslovima i najčešće se opisuje kinetičkom jednačinom prvog stepena. Različiti modeli dinamike OM polaze od tzv. inertnog rezervoara i asimilacionog C u zemljištu, a njihov empirijski pristup je do sada uspešno testiran na većem broju višegodišnjih oglada u svetu (Smith et al., 1997). Poznavanje dinamike OM je važno za predviđanje potencijalnih promena organskog C u zavisnosti od načina korišćenja zemljišta i klimatskih karakteristika. Modeliranjem se naglašava složena dinamika OM u funkciji vremena i kompleksnost interakcije OM sa drugima svojstvima zemljišta. RothC model (Coleman i Jankinson, 1996) jeste jedan od najviše korišćenih modela a razvijen je na bazi podataka dobijenih iz višegodišnjih oglada u Rothamsted-u (Velika Britanija). Procenjuje se da danas ima preko 90 modela koji modeliraju bio-geohemijska svojstva zemljišta, a među najpoznatijima su DAISY,

<sup>1</sup> Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, Trg D. Obradovića 8, Srbija (srdjan@polj.uns.ac.rs)

<sup>2</sup> Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Srbija (maizescience@yahoo.com)

DNDC, NCSOIL, CENTURY, CANDY, SOMM, CQESTR, ICBM, YASSO07 dr. Cilj ovog rada je evaluacija tri modela koji prate dinamiku organskog uljenika (C) korišćenjem podataka sa višegodišnjeg stacioniranog ogleda.

### Materijal i metode rada

Istraživanja su izvedena u agroekološkim uslovima Vojvodine na višegodišnjem stacioniranom ogledu Plodoredi. Ispitivani varijante su: dvopoljni (kukuruz–pšenica) i tropoljni plodored (kukuruz-soja-pšenica) zasnovani 1969/70. godine. Kukuruz se đubri sa 120 kg ha<sup>-1</sup> N (50 kg ha<sup>-1</sup> jesen + 70 kg ha<sup>-1</sup> u proleće), pšenica sa 100 kg ha<sup>-1</sup> N (50 kg ha<sup>-1</sup> u jesen + 50 kg ha<sup>-1</sup> u proleće) a soja inokulira sa Nitraginom.

Izračunavanje vrednosti zaliha organskog C u zemljištu korišćenjem RothC modela predhodi unošenje sledećih parametara: mesečna količina padavina (mm), mesečna evaporacija, srednja mesečna temperatura, sadržaj gline u zemljištu (%), odnos između razgradive i teško razgradive OM (DPM/RPM), prisustvo vegetacije (useva), mesečni unosi biljnih ostataka (t C ha<sup>-1</sup>), đubrenje na mesečnom nivou i dubina oraničnog sloja (cm). Struktura RothC 26.3 modela podrazumeva da se zemljišni C raspoređuje u 4 komponente: razgradivi biljni materijal (DPM), teško razgradivi biljni materijal (RPM), mikrobiološka biomasa (BIO), humificirana OM (HUM) (Coleman and Jankinson, 2005). Za većinu poljoprivrednih površina uzima se da je odnos DPM i RPM 1.44. Lako razgradiv kao i teže razgradiv biljni materijal se razlažu do CO<sub>2</sub>, BIO i HUM. Originalna podešavanja ovog modela podrazumevaju korišćenje konstanti razgradnje pojedinih komponenti OM u zemljištu prema Rothmasted-u (DPM: 10.0 , RPM: 0.3, BIO: 0.66 i HUM: 0.02).

Introductory Carbon Balance Model (ICBN) model zahteva unos manjeg broja parametara i to: inputi organskog C koji se zaoravaju u zemljište, koficijent razgradnje sveže i stabilizirane OM, humifikacioni koficijent, faktor uticaja spoljašne sredine (Andren i Kätterer, 1997). Ovaj model je razvijen kao model relativno mimimalističkog pristupa a pretpostavka od koje kreće model (Šema 1) je da je zemljišni organski C podeljen u dva rezervoara - sveža OM koja je skoro dodata i stabiliziranu OM. Osnovni parametri po kojima je kalibrisan ICBN model su:  $k_y=0.8$ ;  $k_o=0.006$ ;  $h=0.125$ ;  $r_e = 1$ ;  $i$  (i - se izračunava na osnovu prinosa, sadržaja C u nadzemnim i podzemnim delovima biljaka, i količini unetih biljnih ostataka)

$$\text{Input C} = Y_{\text{org}} \frac{1}{k_y} \rightarrow k_y Y_{\text{org}} \rightarrow O_{\text{org}} = h \frac{1}{k_o}$$

$i$  = unos organskog C,  $Y$  = sveža OM;  $O$  = stabilizirana OM;  $k_y$  = frakcija „sveže“ OM;  $k_o$  = frakcija stabilizirane OM;  $h$  = humifikacioni koficijent;  $r_e$  = koficijent spoljašnjih uticaja (klimatskih, edafskih).

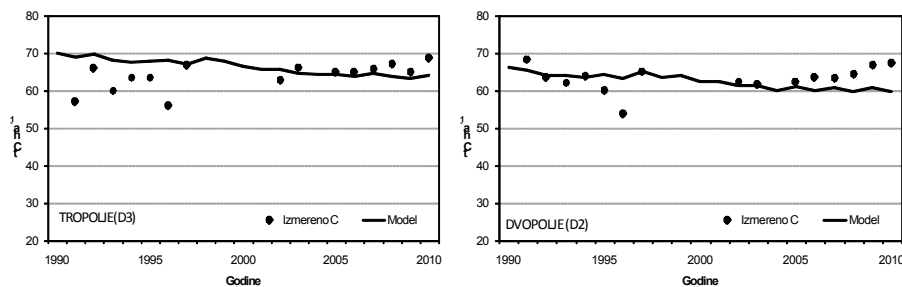
DNDC (denitrifikacija – dekompozicija) je kompjuterski model koji simulise bio-geochemiju C i N u agro-ekosistemima (Li, 1996). Model se može koristiti za predviđanje dinamike porasta useva, temperature zemljišta i vodnog režima, dinamike zemljišnog C, ispiranja N i emisije gasova u tragovima (N<sub>2</sub>O, NO, N<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub> i CO<sub>2</sub>). U našem radu je korišćen DNDC Model verzija 9.5 (<http://www.dndc.sr.unh.edu>). Program DNDC se sastoji od šest submodela za simulaciju klime, zemljišta, rasta biljaka, dekompozicije i nitrifikacije, denitrifikacije. Da bi simulirao promene C u poljoprivrednom zemljištu DNDC zahteva veći broj ulaznih parametara uključujući

dnevne meteorološke podatke (temperature vazduha, padavine, brzina vetra, vlažnost vazduha...), svojstva zemljišta (zapreminska masa zemljišta, tekstura i početni sadržaj C), i podatke o vođenju proizvodnje (plodored, primena đubriva). U ovoj studiji, DNDC kalibracija je učinjena za SOC, dok podaci o gasovima staklene bašte nisu bili na raspolaganju. Prinosi su mereni tokom oglada u polju i korišćeni za kalibraciju simulacije DNDC modela. Tokom kalibracije, parametri vezani za fiziološke i fenološke osobine useva su modifikovani kako bi odgovarali agroekološkim uslovima proizvodnje za ogledno polje Rimski Šančevi.

## Rezultati istraživanja i diskusija

### Dinamika organskog C korišćenjem Roth C modela

Trend opadanja sadržaja organskog C je konstatovan na pod različitim usevima i tipovima zemljišta u Vojvodini (Sekulić et al., 2010; Belić et al., 2013). Na graf. 1 su prikazane vrednosti promene deponovanog organskog C oraničnog sloja zemljišta dobijene putem modela RothC i uzimanjem uzorka za 1990-2010. Zalihe deponovanog C na dvopolju su smanjene sa 66,2 na 59,7 t C ha<sup>-1</sup> (približno -10 %), dok su na trolpolju smanjenje sa 70,0 na 64,1 t C ha<sup>-1</sup> (oko 9 %). U poređenju sa ravnotežom pri zasnivanju oglada (1970. godine) pomoću programa RothC, parcele dvopolja i trolpolja su izubile 18 % od C koji je bio deponovan u zemljištu u obiliku OM Šeremešić i Mološev, 2012), što je u skladu sa sličnim istraživanjima (Coleman et al., 1997).



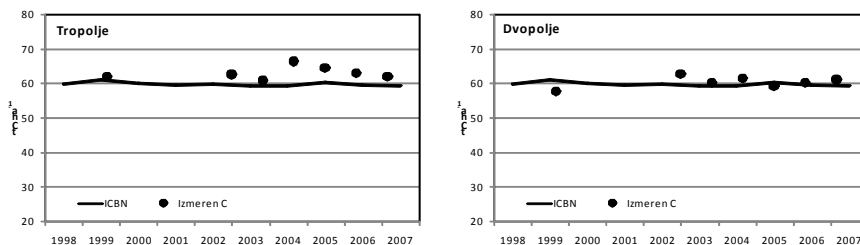
Grafikon 1. Promena sadržaja organskog C na trolpolju i dvopolju modelom RothC  
 Graph 1. Change of the organic C on 3 and 2-year rotation using RothC model

Primenom ovog modela može se očekivati nastavak negativnog trenda (gubitak OM) koji može da dovede do samanjena rezervi organskog C u 2030. godini na oko 50 t C ha<sup>-1</sup> (Šeremešić, 2012). Kontinuiran gubitak OM ukazuju da je čak i sa đubrenjem i unošenjem biljnih ostataka teško sačuvati početni sadržaj OM (Barančikova et al., 2010).

### Dinamika organskog C korišćenjem DNDC modela

Na grafikonu 2 prikazane su dobijene vrednosti zaliha C primenom DNDC modela kao i izmerene vrednosti deponovanog C tokom 1998-2007. Vrednosti deponovanog C u zemljištu kod trolpolja pokazuju blagi opadajući trend i na kraju posmatranog perioda iznose oko 59,2 t C ha<sup>-1</sup>, što je za 0,8 t C ha<sup>-1</sup> manje nego 1998. godine. Vrednosti deponovanog C u zemljištu kod dvopolja pokazuju takođe blagi opadajući trend i na kraju posmatranog perioda iznose oko 59,6 t C ha<sup>-1</sup>, što je za 2,1 t C ha<sup>-1</sup> manje nego na

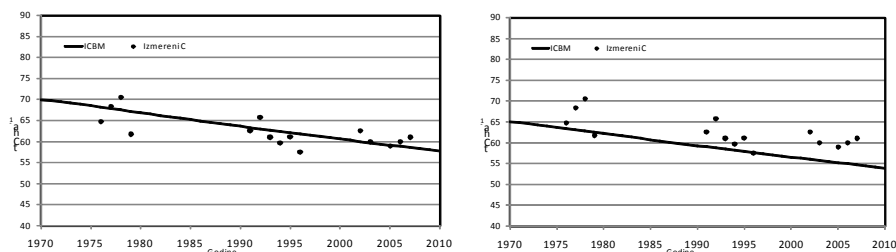
početku. Izmerene vrednosti u uzorcima deponovanog C su približne modeliranim vrednostima na osnovu čega možemo zaključiti da DNDC model može da se primeni za tumačenje promena sadržaja organskog C na dvopoljnom plodoredu. Do sličnih rezultata su došli Li et al. (1997) i Liang et al. (2004). Analizu DNDC modela je urađena za vremenski period od 10 godina jer podrazumeva dnevni unos klimatskih pokazatelja. Iako je uzet kraći vremenski period nego kod RothC modela utvrđen je gubitak OM koji u dužem vremenskom period može uticati na kvalitet zemljišta. Poređenjem sa RothC i ICBM modelom opadanje nivoa OM kod DNDC je sporije.



Grafikon 2. Dinamika sadržaja C na tropolju i dvopolju sa DNDC modelom  
Graph 2. Change of the organic C on 3 and 2-year rotation using DNDC model

### Dinamika organskog C korišćenjem ICBM modela

Na osnovu podataka sa višegodišnjeg oglada “Plodoredi” za period od 1970. do 2010. godine utvrđene su početne vrednost zaliha C od 70 t C ha<sup>-1</sup> za tropolje i 65 t C ha<sup>-1</sup> za dvopolje. Na grafikonu 3. prikazane su dobijene vrednosti zaliha C primenom ICBM modela kao i izmerene vrednosti organskog C tokom posmatranog perioda. Tropolje pokazuje trend opadanja sadržaja organskog C koji je koji ima vrednosti od 58 t C ha<sup>-1</sup> 2010.godine.



Grafikon 3. Dinamika sadržaja organskog C na tropolju i dvopolju sa ICBM modelom  
Graph 3. Change of the organic C on 3 and 2-year rotation using ICBM model

Dvopolje u periodu 1970.-2007. godine pokazuje opadajući trend OM u oraničnom sloju zemljišta koje 2010.godine iznose oko 54 t C ha<sup>-1</sup>. Dobijeni rezultati su u skladu sa višegodišnjom analizom sadržaja OM na poljoprivrednom zemljištu (Kätterer et al., 2004).

## Zaključak

Primena C modela ima značajan doprinos u projektovanju nivoa OM u poljoprivredi. U našim istraživanjima je utvrđeno da se nakon parametarizacije ispitivani modeli mogu koristiti za predviđanje dinamike OM u zemljištu. Na obe ispitivane varijante konstatovan je trend gubitka OM sa približno  $70 \text{ t C ha}^{-1}$  1970. godine na  $55\text{--}60 \text{ t C ha}^{-1}$  tokom 2010. godine. Ulazni parametri su uslovlili razlike između tropolja i dvopolja. Izmerene vrednosti deponovanog C za tropolje su bile bolje objašnjene modelom RothC i ICBM, dok su DNDC model i izmerena masa C na dvopolju bili bolje usaglašeni. Pri uslovima izmenjene klime, varijabilnim prinosima, uskim rotacijama bez leguminoza i izostanku primene đubriva nivo OM će biti teško sačuvati na trenutnom nivou.

## Napomena

Ovaj rad je deo projekta TR31072 koji se finansira od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## Literatura

- Andrén O., Kätterer T., (1997). ICBM-the Introductory Carbon Balance Model for exploration of soil carbon balances. *Ecol. Appl.* 7 (4), 1226–1236.
- Barančíková G., Halás J., Guteková M., Makovnikova M., Nováková M., Skalsky R., Tarasovičová Z. (2010). Application of RothC Model to Predict Soil Organic Carbon Stock on Agricultural Soils of Slovakia. *Soil and Water Research*, 5(1), 1–9
- Belić M., Manojlović M., Nešić Lj., Ćirić V., Vasin J., Benka P., Šeremešić S. (2013). Pedoecological Significance of Soil Organic Carbon Stock in South-eastern Pannonian Basin. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 8, 171-178.
- Coleman K., Jenkinson D.S. (2005). ROTHC-26.3 A model for the turnover of carbon in soil. [http://www.rothamsted.bbsrc.ac.uk/aen/carbon/mod26\\_3\\_win.pdf](http://www.rothamsted.bbsrc.ac.uk/aen/carbon/mod26_3_win.pdf)
- Coleman K., Jenkinson D.S., Crocker G.J., Grace P.R., Klir J., Korschens M., Poulton P.R., Richter D.D. (1997). Simulating trends in soil organic carbon in long-term experiments using RothC-26.3. *Geoderma*, 81, 29–44.
- Coleman K., Jenkinson D.S. (1996): RothC-26.3: a model for the turnover of carbon in soil. In: Evaluation of soil organic matter models using existing long-term datasets (eds D.S.Powlson, P.Smith & P.J.U.Smith), NATO ASI Series I, Vol. 38, pp. 237–246. Springer-Verlag, Heidelberg.
- Ellert B.H., Janzen H.H., McConkey B.G. (2001). Measuring and comparing soil carbon storage. U „Assessment methods for soil carbon” Lal, R., Kimble, J.M., Follet, R.F., Stewart, B.A. (Ed), Lewis Publishers, 131-147.
- Kätterer T., Andrén O., Persson J. (2004). The impact of altered management on long-term agricultural soil carbon stocks. pp. 179-188.
- Li C. (1996). The DNDC model. In Evaluation of soil organic matter models, Springer Berlin Heidelberg, pp. 263-267.

- Li C., Frolking S., Crocker G. J., Grace P.R., Klir J., Körchens M., Poulton P.R. (1997). Simulating trends in soil organic carbon in long-term experiments using the DNDC model. *Geoderma*, 81(1), 45-60.
- Ligang W., Jianjun Q., Yongliang M., Yingchun W. (2004). Apply DNDC model to analysis long-term effect of soil organic carbon content under different fertilization and plough mode. *Journal of China Agricultural University*, 6, 005.
- Sekulić P., Ninkov J., Hristov N., Vasin J., Šeremešić S., Zeremski-Škorić T. (2010). Sadržaj organske materije u zemljištima AP Vojvodine i mogućnost korišćenja žetvenih ostataka kao obnovljivog izvora energije. *Ratarstvo i povrtarstvo*, 47, 591-598.
- Seremesic S., Milošev D. (2012). Assessing soil organic matter dynamic in long-term experiment using ROTH C 26.3 MODEL. 3 International Scientific Symposium "Agrosym Jahorina 2012", 111-116.
- Smith P. et al. (1997). A comparison of the performance of nine soil organic matter models using datasets from seven long-term experiments. *Geoderma*, 81, 153-225.
- Šeremesic S. (2012). Uticaj sistema ratarenja na svojstva organske materije černoze. Doktorska disertacija. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, 1-144.

## COMPUTATION AND MONITORING OF THE ORGANIC MATTER DYNAMICS IN SOIL USING CARBON MODELS

*Srđan Šeremešić, Dragiša Milošev, Ivica Đalović, Vladimir Ćirić,  
Goran Jaćimović*

### Abstract

The changes in soil organic carbon stock can occur following land use or land management change or with climatic change. Carbon models were used for the prediction of changes in C stock on agricultural soils. The efficiency of RothC, DNDC and ICBM model was tested against C content of soil samples from experimental field “Plodoredi” within 3-year and 2-years rotation. The measured value of the deposited C for 3-year rotation were better explained by the model RothC and ICBM, while the DNDC model and measured C deposited in 2-year rotation matched better. In the changed climate conditions, variable yields, narrow rotations without legumes and lack of fertilizer application level OM will be difficult to preserve at the current level.

**Key words:** Soil organic matter, soil, RothC, DNDC, ICBM