



## Uticaj humusa, gline i kalcijum karbonata na stabilnost strukturnih agregata karbonatne i beskarbonatne smonice

Dragan Radovanović<sup>a</sup>, Vladimir Ćirić<sup>a</sup>, Dragana Marinković<sup>a</sup>,  
Jovica Vasin<sup>b</sup>, Bojan Vojnov<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, Srbija

<sup>b</sup>Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, Srbija

\*Autor za kontakt: [dragan.radovanovic@polj.uns.ac.rs](mailto:dragan.radovanovic@polj.uns.ac.rs)

### SAŽETAK

Na lokalitetima na teritoriji grada Smedereva otvoreno je ukupno 6 pedoloških profila, od kojih tri pripadaju podtipu karbonatna smonica, a tri podtipu beskarbonatna smonica. Cilj istraživanja je bio da se utvrdi uticaj sadržaja gline, humusa i CaCO<sub>3</sub> na stabilnost strukturnih agregata. Uzorci su uzeti iz genetičkih horizonata A, AC i C sa tri dubine u polunarušenom stanju, za analizu stabilnosti strukturnih agregata. Uzorci u narušenom stanju korišćeni su za određivanje sadržaja gline, humusa i CaCO<sub>3</sub>. Rezultati mokrog prosejavanja zemljišta pokazuju da je agronomski najznačajnijih agregata (8000-2000 μm) najviše u površinskom horizontu, dok je sa porastom dubine njihov udeo sve manji. Dobijeni rezultati MWD indeksa ukazuju da je stabilnost strukturnih agregata, veća u površinskom horizontu kod karbonatne smonice (2,31), u odnosu da beskarbonatnu smonicu (1,28), dok u dubljim horizontima nije bilo razlike. Na vrednosti MWD najviše je uticao sadržaj CaCO<sub>3</sub>, što je dokazano veoma visokim koficijentom korelacije (r=0,82) između sadržaja CaCO<sub>3</sub> i MWD indeksa, dok sadržaj gline i humusa nije pokazao korelaciju sa MWD indeksom. Iako nizak sadržaj CaCO<sub>3</sub> kod karbonatne smonice značajno je uticao na MWD indeks, što je pored korelacije dokazano i razlikom MWD indeksa u A horizontu smonica u korist karbonatne smonice.

**KLJUČNE REČI:** struktura, smonica, glina, humus, CaCO<sub>3</sub>

### Uvod

Smonica predstavlja tip zemljišta koja globalno gledano čini oko 2,5% ukupne površine zemljišta (Murthy et al., 1982). U republici Srbiji je kartirano 700 000 ha Smonica (Vertisola). Najveće površine se nalaze u Šumadiji, Pomoravlju, istočnoj i južnoj Srbiji. Ovo zemljište je jedno od naših rasprostranjenijih i važnijih zemljišta. Smonica se obrazuje na supstratima koji imaju više od 30% gline pretežno tipa montmorilonita. To su duboka zemljišta, građe profila A-AC-C, čija apsolutna dubina može biti veća od 150 cm. Horizont A je dublji od 50 cm, a u pojedinim slučajevima može biti i do 100 cm. Sadržaj humusa se kreće od 3–5%, a pod prirodnom vegetacijom može biti 7–8% (Đorđević i Radmanović, 2016). Organska materija povoljno utiče na biološku i fizičku plodnost zemljišta. Organska materija utiče na rast i prinos useva, direktno snabdevanjem hranljivim materijama ili indirektno promenom fizičkih svojstava zemljišta kao što su stabilnost strukturnih agregata i poroznost, koja može poboljšati životne uslove i stimulisati rast biljaka (Darwish et al., 1995). Takođe, organska materija poboljšava vodopropustljivost zemljišta, vazdušni i vodni kapacitet, smanjuje sabijenost i deluje kao izvor hranljivih materija pa je stoga od velikog značaja za poljoprivredu (Belić et al., 2013). Organska materija, odnosno humus u zemljištu, ne samo da pozitivno utiče na fizička, hemijska i biološka svojstva zemljišta (Loveland and Webb, 2003), već ima i značajnu ulogu u smanjenju koncentracije ugljen dioksida (CO<sub>2</sub>) u vazduhu (Lal, 1999; Dersch and Böhm, 2001).

Na agregaciju najveći uticaj ima organski ugljenik (SOC), biotom, glina i karbonati. SOC deluje kao vezivno sredstvo i kao nukleus u formiranju agregata. Biom i njihovi organski proizvodi doprinose razvoju strukture zemljišta, što zauzvrat vrši značajnu kontrolu nad dinamikom SOC (Bronick and Lal 2005). Agregati fizički štite SOC. Povećan intenzitet obrade izaziva gubitak makroagregata u korist mikroagregata, što rezultira ukupnim gubitku organskog ugljenika. (Six et al., 2000). Organski ugljenik je stabilniji u mikroagregatima nego u makroagregatima (Puget et al., 2000). Minerali gline grade sa organskom materijom organomineralne komplekse i na taj način usporavaju njenu mineralizaciju pod uticajem

mikroorganizama. Zemljišta sa visokim sadržajem minerala gline imaju vise organskog ugljenika u odnosu na peskovita zemljišta.

Ne postoji jasno razumevanje uloge strukture zemljišta u ciklusu ugljenika, osim istovremenog gubitka većih agregata i organske materije u kultivisanim zemljištima (Waters and Oades 1991). Struktura zemljišta je jedno od najvažnijih njegovih svojstava koje utiče na fizičke, hemijske i biološke procese u zemljištu, jer određuje pristupačnost vazduha, vode i hranljivih materija, dreniranje zemljišta i njegovu otpornost na eroziju, brzinu klijanja i prodiranje korenovog sistema u zemljište (Gerhardt, 1997). Glavna svojstva zemljišta koja su u najvećoj meri u korelaciji sa stabilnošću strukturnih agregata su sadržaj gline, kalcijum karbonata i organske materije (Canasveras et al., 2010). Povoljnu strukturu zemljišta je potrebno održavati, a nepovoljnu popravljati. Zemljište sa povoljnom strukturom pruža manji otpor pri obradi, uslovljava manje gubitke vode isparavanjem, stvara slabiju i tanju pokoricu sastavljenu uglavnom od nerazorenih makroagregata (Belić et al., 2004). Zemljišta koja imaju stabilne strukturne agregate imaju i dobru otpornost prema eroziji vodom i vetrom i ispiranju hranljivih materija, što predstavlja dobru osnovu za sprečavanje njihove degradacije. Stabilnost strukturnih agregata zemljišta zavisi od prisustva/odsustva cementnih materija u zemljištu i stepena njihove hidrofobnosti. Najčešće se izražava pomoću strukturnog indeksa koji se naziva srednji težinski dijametar (MWD) (Ćirić et al., 2013). Cilj istraživanja je bio da se odredi stabilnost strukturnih agregata smonice, da se utvrdi da li postoji razlika u stabilnosti strukturnih agregata karbonatnih i beskarbonatnih smonica. Takođe jedan od ciljeva bio je i da se utvrdi korelacija između pojedinačnih strukturnih agregata zemljišta i sadržaja organske materije u zemljištu.

## Materijal i metod

Istraživanja su sprovedena u južnom delu teritorije grada Smedereva. Na istraživanoj lokaciji, u katastarskim opštinama Suvodol, Malo Orašje i Drugovac, otvoreno je ukupno 6 pedoloških profila, od kojih su 3 u istočnom delu ispitivanog područja bila karbonatna, dok su 3 profila u zapadnom delu bila beskarbonatna. Na ispitivanom zemljištu primenjuje se konvencionalna poljoprivredna proizvodnja. Pedološki profili su otvoreni do dubine od 2 m. Iz genetičkih horizonata, uzorci su uzeti u narušenom i polunarušenom stanju. Uzorci u narušenom stanju su korišćeni za određivanje ukupnog humusa, kalcijum karbonata i gline, dok su uzorci u polunarušenom stanju korišćeni za analizu stabilnosti strukturnih agregata zemljišta (mokra prosejavanje). Analize su rađene u laboratorijama Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu.

- (1) Sadržaj  $\text{CaCO}_3$  odredjen je volumetrijski, pomoću Scheiblerov-og kalcimetra;
- (2) Sadržaj humusa odredjen je metodom Tjurin-a;
- (3) Mehanički sastav – određen je pipet metodom, a priprema uzoraka za analizu sa Na pirofosfatom po Thun-u;

Stabilnost strukturnih agregata je određena modifikovanom metodom po Elliot-u (Elliott, 1986). Odmereni uzorak od 100 g vazdušno suvog zemljišta se proseje kroz sito otvora 8000  $\mu\text{m}$ . Prosejani uzorak se zatim postavi na sito sa otvorima od 2000  $\mu\text{m}$ . Ovakav uzorak zemljišta sa sitom se potopi 2 minuta u deionizovanu vodu, pri sobnoj temperaturi. Frakcija strukturnih agregata 8000-2000  $\mu\text{m}$  je dobijena pomeranjem sita kroz vodu, hodom od 3 cm gore-dole sa 30 ponavljanja u toku 2 minuta. Agregati se prikupе i prenesu mlazom vode u aluminijumske posude. Agregati manjih dimenzija od 2000  $\mu\text{m}$  se prenose na naredno sito sa manjim promerom sita. Prosejavanje se ponavlja sa smanjenim brojem vertikalnih pokreta (20 ponavljanja) za sito promera 250  $\mu\text{m}$  i 10 ponavljanja za sito promera 53  $\mu\text{m}$ . Dobijeni stabilni strukturni agregati se suše na 50°C, a nakon sušenja se izmeri njihova masa. Ovim postupkom su izdvojene četiri frakcije stabilnih strukturnih agregata različitih dimenzija: (8000-2000, 2000-250, 250-53 i <53  $\mu\text{m}$ ).

Srednje maseni dijametlar (MWD) je izračunat na osnovu formule Hullel-a (Hillel, 2003):

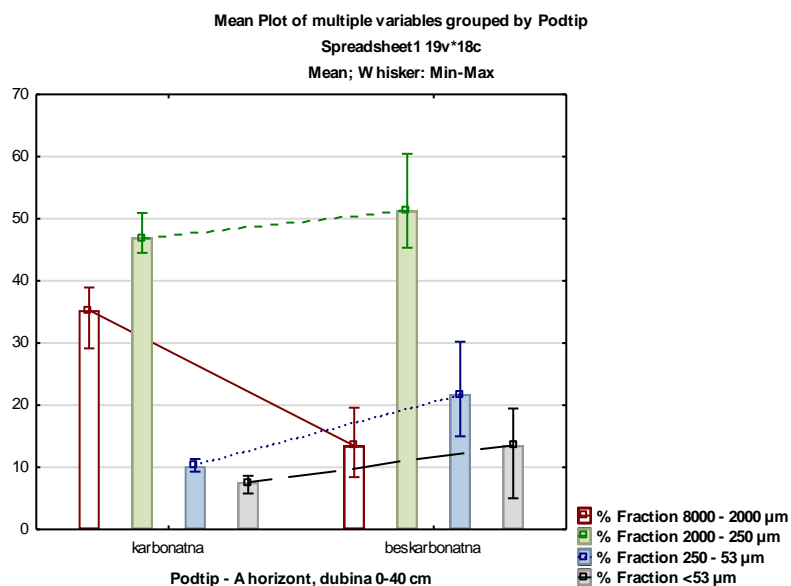
$$\text{MWD} = \sum_{i=1}^n x_i w_i \quad (1)$$

gde je  $x_i$  srednji prečnik klase stabilnih agregata ( $\mu\text{m}$ ), a  $w_i$  maseni procenat klase stabilnih agregata u odnosu na masu ukupnog uzorka.

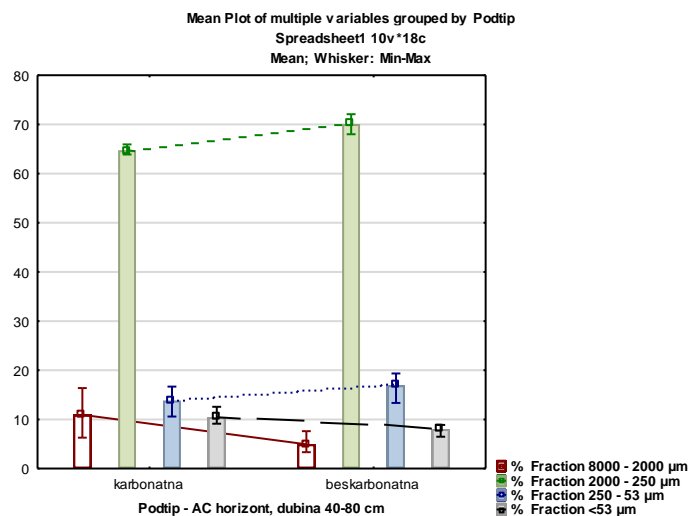
Statistička obrada podataka je vršena u programu Statistica 13.5.0.17 StatSoft, Inc.

## Rezultati i diskusija

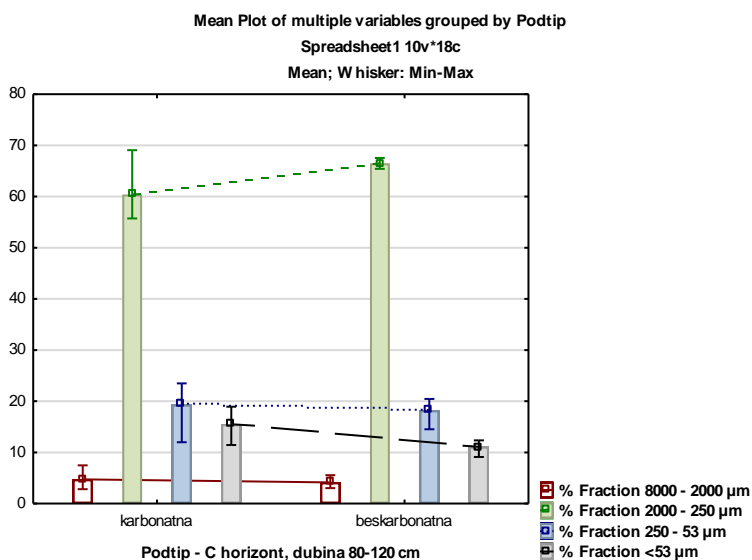
Dobijeni rezultati mokrog prosejavanja zemljišta pokazuju da je agronomski najpogodnijih agregata 8000-2000  $\mu\text{m}$  bilo najviše u površinskom horizontu, dok je sa porastom dubine njihov udeo bio sve manji. Frakcija 2000-250  $\mu\text{m}$  imala je najveći udeo u drugom horizontu. Dok su frakcije 250-53  $\mu\text{m}$  i <53  $\mu\text{m}$  imale najveće vrednosti u trećem horizontu. Obradom se homogenizuje zemljište sa organskom materijom u oraničnom sloju, intenzivira se njena transformacija i povećava sadržaj organomineralnih koloida koji povećavaju prvenstveno stabilnost strukturnim agregatima manjih dimenzija (Belić M. et al., 2014.) Kod agregata 8000-2000  $\mu\text{m}$  razlike su utvrđene u A horizontima karbonatne smonice (prosečno 35,30%), kod beskarbonatne (prosečno 13,44%), dok sa povećanjem dubine profila nije bilo razlika. Frakcija 2000-250  $\mu\text{m}$  se razlikuje u AC horizontima i iznosi za karbonatnu (prosečno 65,76%) dok je kod beskarbonatne smonice (prosečno 70,08%). Razlike nisu utvrđene kod frakcije 250-53  $\mu\text{m}$  i <53  $\mu\text{m}$  (grafikon 1.).



**Grafikon 1.** Stabilne frakcije agregata karbonatne i beskarbonatne smonice na dubini od 0 do 40 cm.  
**Figure 1.** Stable aggregate fractions of carbonate and non-carbonate vertisol at a depth of 0 to 40 cm.

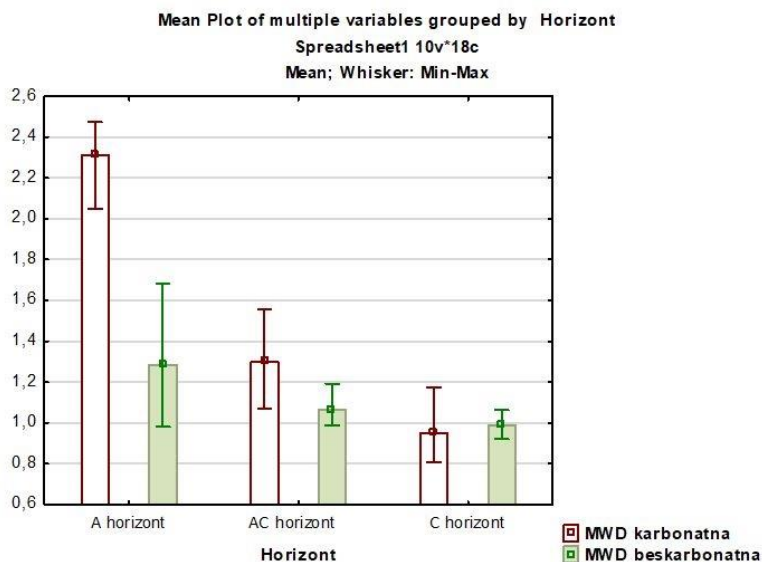


**Grafikon 2.** Stabilne frakcije agregata karbonatne i beskarbonatne smonice na dubini od 40 do 80 cm.  
**Figure 2.** Stable aggregate fractions of carbonate and non-carbonate vertisol at a depth of 40 to 80 cm.



**Grafikon 3.** Stabilne frakcije agregata karbonatne i beskarbonatne smonice na dubini od 80 do 120 cm.  
**Figure 3.** Stable aggregate fractions of carbonate and non-carbonate vertisol at a depth of 80 to 120 cm.

Dobijeni rezultati MWD ukazuju da je stabilnost strukturnih agregata veća u površinskom A horizontu 0-40 cm kod karbonatne smonice (2,31 μm), u odnosu na beskarbonatnu smonicu (1,28 μm), dok u dubljim horizontima AC i C nije bilo razlika (Grafikon 4). Šeremešić (2011) je ustanovio nešto manju stabilnosti strukturnih agregata - MWD (0,54-1,18 μm) kod černozeza pri različitim sistemima konvencionalne obrade. U poređenu sa černozezom možemo reći da smonica i karbonatna i beskarbonatna imaju stabilniju strukturu.



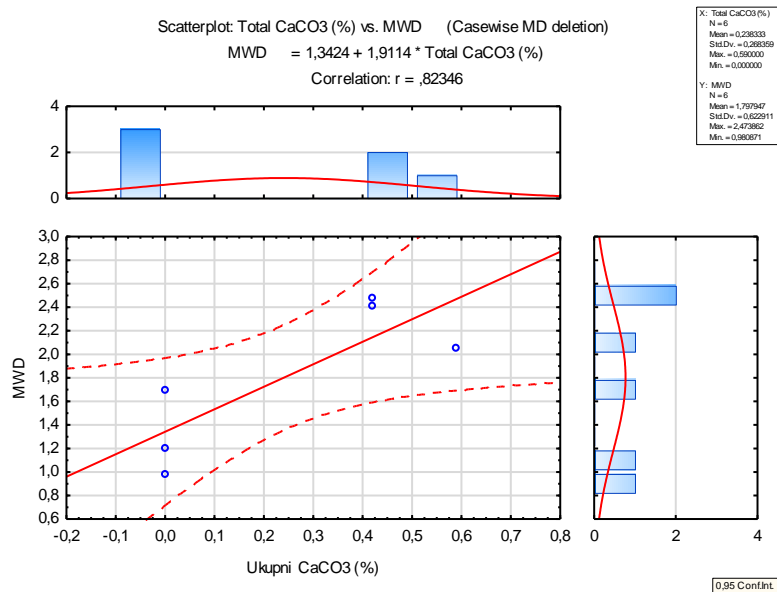
**Grafikon 4.** MWD indeks karbonatne i beskarbonatne smonice.  
**Figure 4.** MWD index of carbonate and non-carbonate

Pošto su razlike utvrđene u MWD indeksu u A horizontu testirane su razlike u sadržaju gline,  $\text{CaCO}_3$  i humusa u uzorcima zemljišta. Nisu utvrđene statistički značajne razlike u sadržaju gline i humusa između karbonatne i beskarbonatne smonice

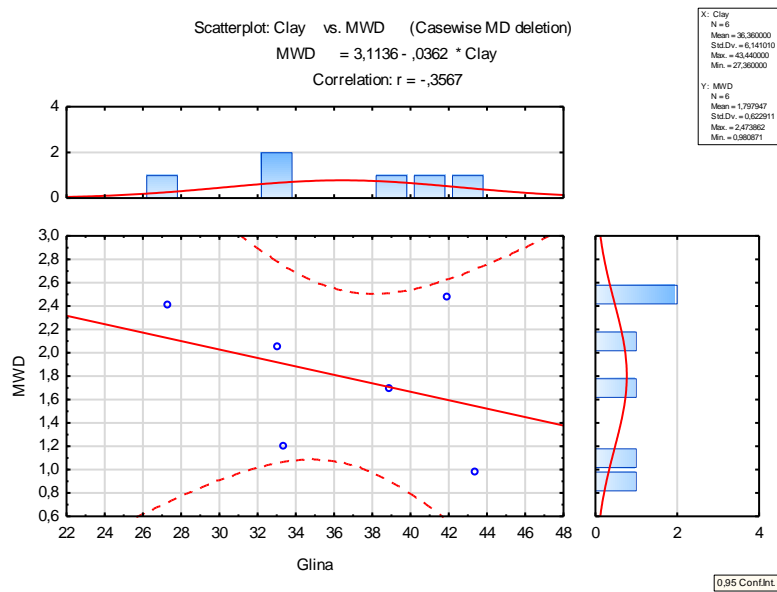
**Tabela 1.** Sadržaj gline,  $\text{CaCO}_3$  i humusa na ispitivanom zemljištu u 1. horizontu dubine od 0-40 cm.  
**Table 1.** The content of clay,  $\text{CaCO}_3$  and humus on the examined soil in 1. horizon of the depth of 0-40 cm.

| Podtip smonice | Glina   | $\text{CaCO}_3$ | Humus  |
|----------------|---------|-----------------|--------|
| Karbonatna     | 38,59 a | 0,48 a          | 1,85 a |
| Beskarbonatna  | 34,13 a | 0,00 b          | 1,77 a |

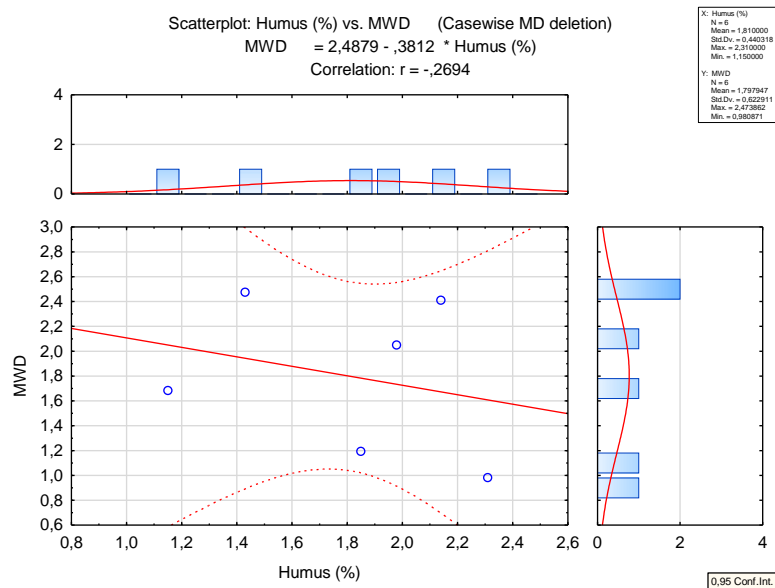
Koeficijent korelacije ukazuje na veoma jaku vezu  $r = 0,82$  između MWD i sadržaja  $\text{CaCO}_3$ , (Grafikon 5.) dok glina i humus nisu u značajnoj korelaciji sa MWD (Grafikon 6 i 7). Može se zaključiti da u oraničnom sloju kod smonica veći uticaj na strukturu ima sadržaj  $\text{CaCO}_3$ . Dobijeni rezultati nisu saglasni sa rezultatima Tisdall and Oades (1982) koji ističu značaj organske komponente u formiranju agregate zemljišta, također sa rezultatima Čirić et al. (2012) koji navode da su vrednosti MWD indeksa povezane sa sadržajem gline.



**Grafikon 5.** Korelacija između MWD i sadržaja CaCO<sub>3</sub>  
**Figure 5.** Correlation between MWD and CaCO<sub>3</sub> content



**Grafikon 6.** Korelacija između MWD i sadržaja Gline  
**Figure 6.** Correlation between MWD and clay content



**Grafikon 6.** Korelacija između MWD i sadržaja Humusa  
**Figure 6.** Correlation between MWD and Humus content

## Zaključak

Na osnovu istraživanja uticaja humusa, gline i kalcijum karbonata na stabilnost structure agregata karbonatne i beskarbonatne smonice može se zaključiti da karbonatna smonica u oraničnom sloju ima bolju strukturu, odnosno veću otpornost strukturnih agregata prema rasplinjavanju u vodi.

Sa dubinom zemljišta smanjivao se sadržaj makro agregata, a rastao je sadržaj mikro agregata, odnosno smanjivala se razlika između ispitivanih podtipova smonice.

Na otpornost strukturnih agregata najveći uticaj ima sadržaj  $CaCO_3$ , dok uticaj gline i humusa na otpornost agregata nije dokazan. Na vrednosti MWD najviše je uticao sadržaj  $CaCO_3$  ( $r=0,82$ ). Iako mali, sadržaj  $CaCO_3$  kod karbonatne smonice značajno je uticao na MWD indeks, sto je pored korelacije dokazano i razlikom MWD u A horizontu smonica u korist karbonatne smonice.

## Literatura

- Belić, M., Pejić, B., Hadžić, V., Bošnjak, Đ., Nešić, Lj., Maksimović, L., Šeremešić, S. 2004. Uticaj navodnjavanja na strukturno stanje černozema. "Zbornik radova", Naučnog Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, vol. 40: 129-141.
- Belić, M., Manojlović, M., Nešić, Lj., Ćirić, V., Vasin, J., Benka, P., Šeremešić, S. 2013. Pedological Significance of Soil Carbon Stock in Southe-Eastern Panonian Basin. *Carpatian Journal of Earth and Enviromental Sciences*, 8(1) 171-178.
- Belić, M., Malinović, M., Nešić, Lj., Ćirić, V., Meši, M., Kostić, M., Pudar, Đ. 2014. Uticaj konvencionalne obrade i direktne setve na strukturu zemljišta. *Savremena poljoprivredna tehnika*. Vol 40 No1, str. 9-18.
- Bronick, C.J., Lal, R. 2005. Soil structure and management: a review, *Geodema*, Vol 124: 3-22.
- Ćirić, V., Manojlović, M., Nešić, Lj., Belić M. 2012. Soil dry aggregate size distribution: effects of soil type and land use. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 2012, 12 (4): 711-725
- Ćirić, V., Belić, M., Nešić, Lj., Savin, L., Simikić, M., Gligorić, R., Šeremešić, S. 2013. Structural Stability Of Chernozem Under Different Production Systems, *Savremena poljoprivredna tehnika, Cont. Agr. Engng*. Vol. 39, No. 3, 177-186.
- Darwish, O. H., Persaud, N., Martens, D. C. 1995. Effect of long-term application of animal manure on physical properties of three soils, *Plant Soil*, 176, 289-295.
- Dersch, G., Böhm, K. 2001. Effects of agronomic practices on the soil carbon storage potential in arable farming in Austria. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 60 (1-3), 49-55.
- Đorđević, A., Radmanović, S. 2016. *Pedologija*, Univerzitet u Beogradu – Poljoprivredni fakultet, Beograd – Zemun, 285-286.

- Elliott, E. T. 1986. Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils. *Soil Science Society of America Journal*, 50: 627–633.
- Gerhardt, R. A. 1997. A comparative analysis of the effects of organic and conventional farming systems on soil structure. *Biological Agriculture and Horticulture* 14: 139–157.
- Hillel, D. 2004. *Introduction to Environmental Soil Physics*. Elsevier, Amsterdam, Netherlands.
- J.C.Cañasveras, V.Barrón, M.C.del Campillo, J.Torrent, J.A.Gómez, 2010. Estimation of aggregate stability indices in Mediterranean soils by diffuse reflectance spectroscopy, *Geodema*, Volume 158, Issues 1–2, Pages 78-84
- JDPZ, 1966. Priručnik za ispitivanje zemljišta, knjiga I, Hemijske metode ispitivanja zemljišta, Beograd
- Lal, R. 1999. Soil management and restoration for C sequestration to mitigate the accelerated greenhouse effect. *Prog. Environ. Sci.* 1, 307-326.
- Loveland, P., Webb, J. 2003. Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review. *Soil & Tillage Research* 70, 1-18.
- Murthy, R. S., Bhattacharjee, J. C., Landey, R. J., Pofali, R. M. 1982. Distribution, characteristics and classification of Vertisols. In: *Vertisols and Rice Soils of the Tropics*, Symposia Paper II, Transactions of the 12th International Congress of Soil Science, New Delhi, India, 8–16 February, 1982, 3-22.
- Puget, P., Chenu, C., Balesdent, J. 2000. Dynamics of soil organic matter associated with particle-size fractions of water-stable aggregates. *Eur. J. Soil Sci.*, 51: 595-605.
- Šeremešić, S. 2011. Uticaj sistema ratarenja na svojstva organske materije černozema. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Simakov, V. N. 1957. The use of phenylanthranilic acid in the determination of humus by Tyurin's method. *Pochvovedenie*, 8:72–73.
- Six, J., Paustian, K., Elliott, E. T., Combrink, C. 2000. Soil structure and organic matter: I. Distribution of aggregate-size classes and aggregate-associated carbon. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64: 681-689.
- Tisdall, J.M., Oades, J.M. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.* 33, 141–163
- Tjurin, I.V. 1931. Novoe vidoizmenenie objomnovo metoda opredelenija gumusa s pomošču kromovoj kisloti. *Pochvovedenie*, Moskva.
- Waters, A. G. and Oades, J. M. 1991. Organic matter in water-stable aggregates. In 'Advances in Soil Organic Matter Research. The Impact on Agriculture and the Environment'. (Ed. W. S. Wilson.)Royal Society of Chemistry: Cambridge. 163-74



## The influence of humus, clay and calcium carbonate on the stability of structural aggregates of carbonate and carbonate-free vertisol

Dragan Radovanović<sup>a</sup>, Vladimir Ćirić<sup>a</sup>, Dragana Marinković<sup>a</sup>,  
Jovica Vasin<sup>b</sup>, Bojan Vojnov<sup>a</sup>

<sup>a</sup>University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Novi Sad, Serbia

<sup>b</sup>Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad, Serbia

\*Corresponding author: [dragan.radovanovic@polj.uns.ac.rs](mailto:dragan.radovanovic@polj.uns.ac.rs)

### Abstract

A total of 6 pedological profiles were opened on the territory of the city of Smederevo, three of which belong to the carbonate vertisols, and three to the carbonate-free vertisol. The research aimed to determine the influence of clay content, humus, and CaCO<sub>3</sub> on aggregate stability. For analysis of the aggregates' stability, the semi-disturbed samples were taken from the genetic horizons A, AC, and C from three depths. The disturbed samples were used to determine clay content, humus, and CaCO<sub>3</sub>. The results of wet sieving showed that the agronomically significant aggregates (8000-2000 μm) are mostly found in the surface horizon, while their share decreases with increasing depth. The obtained results of the MWD index indicate that aggregate stability is higher in the surface horizon of the carbonate vertisol (2.31) than in the carbonate-free vertisol (1.28), while there was no difference in the deeper horizons. The MWD value was most influenced by the content of CaCO<sub>3</sub>, which was proven by a very high correlation coefficient ( $r=0.82$ ) between the content of CaCO<sub>3</sub> and the MWD index, while the content of clay and humus showed no correlation with the MWD index. Although low, the content of CaCO<sub>3</sub> in the carbonate vertisol had a significant impact on the MWD index, which, in addition to the correlation, was also proven by the difference in the MWD index in the A horizon in favor of the carbonate vertisol.

**KLJUČNE REČI:** soil structure, vertisol, clay, organic matter, CaCO<sub>3</sub>