

## UTICAJ PRIMENE BIOUGLJA U KONTROLISANIM USLOVIMA NA HEMIJSKA SVOJSTVA ZEMLJIŠTA

Milorad Živanov<sup>1</sup>, Srđan Šeremešić<sup>2</sup>, Jovica Vasin<sup>1</sup>, Stanko Milić<sup>1</sup>, Jordana Ninkov<sup>1</sup>, Snežana Jakšić<sup>1</sup>,  
Bojan Vojnov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog 30, Novi Sad, Srbija

<sup>2</sup> Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Trg Dositeja Obradovića 8, Novi Sad, Srbija  
corresponding author: [milorad.zivanov@nsseme.com](mailto:milorad.zivanov@nsseme.com)

### SAŽETAK

Jedan od najvećih svetskih problema današnjice, naročito u poslednjih nekoliko decenija je opadanje nivoa organske materije u zemljištu. Ova tema sve više dobija na značaju. Zemljište je jedan od najznačajnijih resursa za čovečanstvo, pa ga je prema tome veoma važno zaštititi od degradacije. Usled nedostatka dovoljnih količina organskog đubriva, pogotovo stajnjaka, potrebno je pronaći alternativu koja će pozitivno delovati na poboljšanje svojstava zemljišta. Pre desetak godina obnovljena je stara tehnologija iz Amazonije, za dobijanje materijala sa visokim sadržajem ugljenika. Tako je nastao oplemenjivač zemljišta, sada već dobro poznat pod nazivom biougalj. Biougalj (biochar) je jedno od dugoročnih rešenja za poboljšanje kvaliteta zemljišta. To je čvrst material, dobijen u procesu karbonizacije (pirolize) biomase, pretežno od biljnih ostataka. Cilj ovog istraživanja je da utvrdi efekte primene biouglja na hemijska svojstva zemljišta, kao što su lakopristupačan fosfor i kalijum, sadržaj humusa, ukupni i organski ugljenik (SOC). Tokom istraživanja, primenjivane su rastuće doze biouglja (0%, 0.5%, 1%, 2% i 3%), na pet različitih tipova zemljišta, samo jednom, na početku: aluvijalno zemljište (fluvisol), ritska crnica (humoglej), eutrični kambisol, černozem na aluvijalnom nanosu i černozem na lesnoj terasi. Ovih pet tipova predstavljaju najzastupljenije poljoprivredno zemljište u Autonomnoj Pokrajini Vojvodini. Ogled je izvođen u dve proizvodne godine, a kao eksperimentalne biljke korišćene su pšenica u prvoj i suncokret u drugoj godini, koje su gajene u polukontrolisanim uslovima, u posudama zapremine 5 l, sa kontrolisanim zalivanjem i azotnom ishranom. Primena biouglja je pokazala statistički značajnu razliku među tretmanima u sadržaju lakopristupačnog kalijuma, humusa, organskog i ukupnog ugljenika. U pogledu sadržaja lakopristupačnog fosfora nije utvrđena značajna razlika između tretmana.

*Ključne reči:* biougalj, organska materija zemljišta, fosfor, kalijum, zemljište, organski ugljenik

## UVOD

### Biougalj

*Istorijat i proizvodnja.* Hiljadama godina stara tehnologija primene biouglja za povećanje plodnosti zemljišta u novije vreme sve više dobija na značaju. Smatra se da su među prvima ovu tehnologiju primenjivali stanovnici doline reke Amazon u današnjem Brazilu, pa je iz tog razloga ova tehnologija poznata kao “Amazonska crnica” ili kao “Indijanska crnica” ili na izvornom portugalskom jeziku *Terra Preta de Indio*. Ona se zasniva na unošenju u zemljište nepotpuno sagorelog drveta u pećima bez prisustva kiseonika, slično našem drvenom uglju – ćumuru. Originalna *Terra Preta* tehnologija ne predstavlja spaljivanje biljnih ostataka na njivi na otvorenom plamenu koji biljni materijal pretvara u pepeo, već se koristi metod sporog i nepotpunog sagorevanja organskog materijala u pećima bez prisustva kiseonika. Ovaj proces se naziva proces pirolize – čime se zadržava 50 % ugljenika koji je bio ugrađen u biljni materijal pre sagorevanja, umesto da se on ispušta u atmosferu. Piroliza predstavlja hemijsku razgradnju organske materije pri visokoj temperaturi i visokom pritisku, bez prisustva kiseonika i vode. Odsustvo kiseonika sprečava sagorevanje, tj. pojavu plamena. Time se dobija i toplotna energija koja može da se koristi za zagrevanje. U današnje vreme biougalj (*biochar-eng.*) se može proizvoditi na jednostavan i primitivan način sa improvizovanom opremom, ali i u velikim kompleksima kao što su moderne biorafinerije. Oba načina baziraju se na jednom osnovnom procesu, pirolizi. Kao produkti pirolize izdvajaju se biougalj, biouglje i biogas. Udeo ovih proizvoda zavisi od visine temperature na kojoj se obavlja piroliza (Verheijen et. al. 2009; Karolić, 2008; Lehmann and Joseph, 2009b).

*Biougalj i zemljište.* Biougalj pruža jedinstvenu priliku da se poboljša plodnost zemljišta za duži vremenski period upotrebom materijala koje već svakako posedujemo. Da bi ostvario željene rezultate biougalj može da se primenjuje pojedinačno ili u kombinaciji sa kompostom, stajskim i/ili mineralnim đubrivom u propisanim dozama svake godine. Biougalj ima važnu ulogu ne samo da poveća nivo plodnosti zemljišta, nego i da sprečava gubitak nutrijenata ispiranjem u procedne vode, jer ima veliku apsorpcionu moć (Lehmann and Joseph, 2009a). Šeremešić i sar. (2014) navode da pored navedenih osobina, proizvodnja i primena biouglja može imati za posledicu:

- smanjenje emisije metana
- smanjenje emisije azot-suboksida (prosečno 50%)
- smanjuje potrebe za đubrenjem (prosečno 10%)
- dugoročno skladišti ugljenik

- smanjuje kiselost zemljišta: podiže pH
- smanjuje toksičnost aluminijuma
- podiže sadržaj lakopristupačnog Ca, Mg, P i K
- povećava kapacitet adsorpcije katjona (CEC)
- poboljšava sposobnost zemljišta za držanje vode
- poboljšava formiranje strukturnih agregata uz pomoć hifa gljiva
- poboljšava disanje zemljišnih mikroorganizama
- povećava broj zemljišnih mikroorganizama
- stimuliše simbioznu azotofiksaciju kod leguminoza
- povećava arbuskularnu mikorizu kod gljiva

Kao rezultat svega navedenog biouglj poboljšava rast i razvoj biljaka, podiže prinos i kvalitet proizvoda i zato se sa pravom može smatrati oplemenjivačem zemljišta ([www.biochar.pbworks.com](http://www.biochar.pbworks.com)). Sadržaj hraniva u biouglju nije visok i značajan. Međutim, postoji izuzetno visok afinitet hranljivih materija prema biouglju (zadržavaju se na njegovoj površini) i zbog manjih gubitaka potreba za đubrivima je manja (Đurđević et al, 2017).

Biouglj podiže pH vrednost zemljišta što smanjuje potrebu za kalcizacijom. Na česticama biouglja razvija se negativno naelektrisanje koje deluje kao pufer, po istom principu kao i organska materija u zemljištu. Najviše istraživanja je rađeno na kiselim zemljištima gde je primena biouglja imala značajan efekat, za razliku od alkalnih zemljišta gde je efekat bio minoran.

Pored značajnog uticaja na hemijska, biouglj takođe ima važan uticaj na fizička svojstva zemljišta. Primenom biouglja u zemljištu se menjaju fizička svojstva kao što su tekstura, struktura, poroznost, dijametar pora, specifična i zapreminska masa zemljišta, kapacitet za vodu, sposobnost zadržavanja vode i dr. Ove promene utiču na rast i razvoj biljaka, jer razvijenost korena zavisi od dostupnosti vazduha i vode u njegovoj zoni (Downie et al., 2009; Brewer et al., 2009; Karaosmanoglu et al., 2000; Devereux et al. 2012).

*Zadatak i cilj rada.* Cilj rada je da se utvrdi efekat primene biouglja na hemijska svojstva zemljišta. Planirana istraživanja doprineće utvrđivanju mogućnosti primene biouglja na različitim tipovima zemljišta, najzastupljenijim na području Panonske nizije.

## **MATERIJAL I METOD RADA**

### **Mesto eksperimentalnog istraživanja**

Ogled je postavljen u polukontrolisanim uslovima u vegetacionoj kući koja se nalazi u botaničkoj bašti Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu. Analize zemljišta su urađene u

Laboratoriji za zemljište i agroekologiju, Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad (akreditovana od strane ATS i ovlašćena od strane nadležnog Ministarstva).

Za potrebe izvođenja oglea upotrebljen je biouglaj proizveden u SZR „Maksi gril“ iz Lučana. Priprema je izvršena tako što je samleven u mlinu za zemljište, prečnika otvora sita 2 mm, razmeren u kese sa planiranom količinom za svaki sud i prilikom sipanja u sudove sjedinjen sa zemljištem.

## Metodologija rada

Glavna ideja postavljanja oglea je da se utvrdi razlika u efektu primene biougla na različitim tipovima zemljišta u različitim koncentracijama primene. Da bi se isključila mogućnost uticaja faktora spoljne sredine različitih lokaliteta, odlučeno je da se ogled izvede na jednom mestu u polukontrolisanim uslovima u u Mičerlihovim (Mitscherlich) sudovima. Korišćeno je pet tipova zemljišta sa pet lokaliteta u Vojvodini, koji su doneti u vegetacionu kuću u botaničkoj bašti Poljoprivrednog fakulteta za potrebe izvođenja oglea. Polukontrolisani uslovi vegetacione kuće odnose se na potpunu kontrolu uslova vlažnosti zemljišta, delimičnu kontrolu svetlosnih uslova, zaštitu od nepovoljnih mehaničkih uticaja i bez ikakvih mogućnosti kontrolisanja toplotnih uslova. Tipovi zemljišta koji su korišćeni su: ritska crnica – humoglej (Novi Bečej), aluvijalno zemljište – fluvisol (Šangaj, potez Vrbak), eutrični kambisol (Bukovac), černozem na lesu i lesolikim sedimentima (Čenej) i černozem na aluvijalnom nanosu (Futog). Lokaliteti su prikazani na karti (slika 1).



Slika 1. Lokaliteti zemljišta upotrebljeni za izvođenje oglea „biouglaj“

Ogled je izvođen u dve vegetacione sezone, u prvoj sezoni (2013.) se gajila jara pšenica sorte NS Venera, a u drugoj (2014.) suncokret hibrid NS Dukat.

Zemljište je doneto u vegetacionu kuću u novembru 2012. godine, nakon čega su urađene analize, kako bi se utvrdilo početno stanje. U sudove je raspoređeno 15.01.2013, u svaki sud po 5 kg, 5 varijanti, 5 tretmana sa 4 ponavljanja, kada je takođe izvršena i primena biougla u planiranim dozama (faktor II).

Tipovi zemljišta u ogledu:

- A – Ritska crnica (humoglej)
- B – Eutrični kambisol
- C – Aluvijalno zemljište (fluvisol)
- D – Černozem na aluvijalnom nanosu
- E – Černozem na lesu i lesolikim sedimentima (lesna terasa)

Tretmani ogleda u sudovima:

- ∅ – kontrola
- 0,5 – 25 g
- 1 – 50 g
- 2 – 100 g
- 3 – 150 g

### **Hemijska svojstva zemljišta**

Analizom zemljišta na kojem je postavljen ogled, utvrđene su hemijska svojstva zemljišta. Metode ispitivanja koje su korišćene su:

- određivanje sadržaja humusa - metodom Tjurina oksidacijom organske materije.
- određivanje sadržaja ukupnog i organskog ugljenika - (CNS elementalna analiza totalnog spaljivanja uzorka) automatskom metodom - CHNS analizatorom;
- određivanje amonijum laktatnog  $P_2O_5$  - određivanje lakopristupačnog fosfora spektrofotometrijski.
- određivanje amonijum laktatnog  $K_2O$  - određivanje lakopristupačnog kalijuma plamenfotometrijski.

Sve analize su urađene u Laboratoriji za zemljište i agroekologiju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, osim sadržaja vlage i pepela za šta su podaci uzeti sa deklaracije proizvoda.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Po navodima mnogobrojnih autora, od kojih se najviše ističu Lehmann i Joseph (2009a), primenom biougla ispoljavaju se veoma pozitivni efekti na svojstva zemljišta koji utiču na prinos i kvalitet poljoprivrednih proizvoda. U našim agroekološkim uslovima se još uvek niko ozbiljnije nije bavio primenom biougla, pa je upravo to razlog postavljanja ogleda na tipovima zemljišta karakterističnim za područje Vojvodine, a i šire.

Rezultati istraživanja u ovom radu predstavljani su kroz komparativnu analizu gde su ispitivana hemijska svojstva različitih tipova zemljišta na kojima su gajene ove dve kulture u dve proizvodne godine na istom lokalitetu. Istraživanjem su obuhvaćene razlike u tipu zemljišta i koncentraciji primenjenog biougla.

Fizička and hemijska svojstva biougla su prikayani u tabelama br.1 i 2.

**Tabela 1.** Fizička svojstva biougla

| Specifična masa<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | Zapremiska masa mlevenog biougla (sa<br>potresanjem)<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | Vlaga* (%) |
|---|--|------------|
| 2,18                                    | 0,402  | 4 – 10     |

\* Vrednost sa deklaracije na pakovanju proizvoda određena od strane proizvođača

**Tabela 2.** Hemijska svojstva biougla

| Pepeo*<br>(%) | pH    |                    | Uk. N<br>CHNS | Uk.<br>C (%) | Org. C<br>(%) | Uk. S<br>(%) | AL-<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> **<br>mg/100g | AL-<br>K <sub>2</sub> O**<br>mg/100g |
|---------------|-------|--------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|--|--------------------------------------|
|               | u KCl | u H <sub>2</sub> O |               |              |               |              |  |                                      |
| < 4           | 7,54  | 8,24               | 0,547         | 74,51        | 70,81         | 0,161        | 53,80  | 291,00                               |

\* Vrednost sa deklaracije na pakovanju proizvoda određena od strane proizvođača

\*\* AL – Sadržaj lakopristupačnog fosfora i kalijuma određen u rastvoru amonijum – laktata

Analiza mikoelemenata pokazuje da sadržaj opasnih i štetnih materija u biougllu ne prelazi ni jedan od kriterijuma propisanim zakonskim aktima Republike Srbije koji se odnose na njihovu količinu u poljoprivrednom i nepoljoprivrednom zemljištu (Tabele 3 i 4.). Iz toga se zaključuje da je biougla u potpunosti bezbedan i bezopasan za upotrebu kao dodatak (poboljšivač – oplemenjivač) zemljištu.

**Tabela 3.** Ukupan sadržaj mikroelemenata i teških metala u biougllu (u cc HNO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) mg/kg

|           | As<br>mg/kg | Cd<br>mg/kg | Cr<br>mg/kg | Cu<br>mg/kg | Pb<br>mg/kg | Ni<br>mg/kg | Zn<br>mg/kg | Co<br>mg/kg | Mo<br>mg/kg | Fe<br>mg/kg | Ca<br>mg/kg | K<br>mg/kg | Mg<br>mg/kg | Na<br>mg/kg | P<br>mg/kg | Mn<br>mg/kg |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| biougallj | nd          | nd          | 7,561       | 7,978       | 3,362       | 33,14       | 16,04       | 0,84        | nd          | 1389        | 16570       | 5089       | 2223        | 257         | 1081       | 739,5       |
| MDK*      | 25,00       | 3,00        | 100,00      | 100,00      | 100,00      | 50,00       | 300,00      | /           |             |             |             |            |             |             |            |             |
| **        | 29,00       | 0,80        | 100,00      | 36,00       | 85,00       | 35,00       | 140,00      | 9,00        | 3,00        |             |             |            |             |             |            |             |
| ***       | 55,00       | 12,00       | 380,00      | 190,00      | 530,00      | 210,00      | 720,00      | 240,00      | 200,00      |             |             |            |             |             |            |             |

\* MDK – Maksimalno dozvoljena količina prema Pravilniku o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u poljoprivrednom zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja (Sl. Glasnik RS 23/1994)

nd – nije detektovano

\*\* granična i \*\*\* remedijaciona vrednost prema Uredbi o programu sistematskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa (Sl. Glasnik RS 88/2010)

**Tabela 4.** Pristupačan sadržaj mikroelemenata i teških metala (u cc HNO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) mg/kg

|           | As<br>mg/kg | Cd<br>mg/kg | Cr<br>mg/kg | Cu<br>mg/kg | Pb<br>mg/kg | Ni<br>mg/kg | Zn<br>mg/kg | Co<br>mg/kg | Fe<br>mg/kg | Ca<br>mg/kg | K<br>mg/kg | Mg<br>mg/kg | Na<br>mg/kg | Mn<br>mg/kg |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| biougallj | nd          | nd          | nd          | 1,64        | nd          | 1,407       | 2,85        | nd          | 16,54       | 7700        | 1883       | 455,70      | 184,10      | 123,50      |

nd-nije detektovano

## DISKUSIJE

### Sadržaj lakopristupačnog fosfora

Fosfor ima važnu ulogu u fotosintezi i disanju biljaka. Biljke uzimaju fosfor u obliku jona ortofosforne kiseline (Ubavić i Bogdanović, 2001). Fosfor ulazi u sastav belančevina i niza fermenta i vitamina, pomaže formiranju cvetnih pupoljka i ubrzava sazrevanje plodova, čime se povećava trajnost plodova pri čuvanju i otpornost prema mrazu. Lakopristupačni fosfor je onaj deo zemljišnog fosfora koji prelazi u rastvor razblaženih kiselina, baza ili soli ili raznih puferovanih rastvora, a nalazi se u lakše rastvorljivim jedinjenjima ili u izmenljivom obliku iz kojih biljke mogu lako da ih koriste.

Na osnovu analize varijanse za sadržaj lakopristupačnog fosfora u ogledu (Tabela 5.), najveći, signifikantan uticaj na osnovu F-testa ispoljio je faktor tip zemljišta ( $p=0,0000^{**}$ ). Posmatrajući procentualno učešće pojedinih izvora varijacije u sumi kvadrata totala, može se videti da tip zemljišta ima najveći udeo u ukupnom variranju sadržaja lakopristupačnog fosfora (62,93 %) što ukazuje na veliku varijabilnost ovog svojstva, zatim slede zbirno pogreške (28,12 %), dok je interakcija tipa zemljišta i koncentracije bioglja učestvovali sa svega 6,24 %, a doza bioglja sa 1,44 % u ukupnom variranju sadržaja ovog makroelementa.

**Tabela 5.** Rezultati analize varijanse za sadržaj lakopristupačnog fosfora

| Izvor varijabilnosti | Stepeni slobode | Suma kvadrata | %      | Sredina kvadrata | F        | Verovatnoća |
|----------------------|-----------------|---------------|--------|------------------|----------|-------------|
| Tretmani A           | 4               | 10842,737     | 62,93  | 2710,6843        | 37,978** | 0,0000      |
| Greška A             | 72              | 856,2941      | 4,97   | 11,893           |          |             |
| Podtretmani B        | 4               | 248,4875      | 1,44   | 62,1219          | 0,935    | 0,5514      |
| Greška B             | 60              | 3988,0566     | 23,15  | 66,4676          |          |             |
| Interakcija A x B    | 16              | 1075,4392     | 6,24   | 67,215           | 1,011    | 0,4525      |
| Greška A+B           |                 | 4844,35       | 28,12  |                  |          |             |
| Blokovi              | 3               | 219,1375      | 1,27   | 73,8458          | 1,024    | 0,3865      |
| Ukupno               | 99              | 17230,152     | 100,00 |                  |          |             |

A – tip zemljišta, B – konc. bioglja, \*\* visoko značajan uticaj ( $r<0,01$ ) \* značajan uticaj ( $r<0,05$ ).

### Sadržaj lakopristupačnog kalijuma

Kalijum nije konstitucioni elemenat, ne ulazi u sastav biljnih organskih jedinjenja, međutim njegova fiziološka uloga je veoma bitna. Kalijum uzima učešće u disanju, fotosintezi, sintezi belančevina, vitamina i dr. Zajedno sa fosforom utiče na iskorišćavanje i metabolizam azota, pa tako smanjuje njegovo štetno dejstvo. Biljke ga usvajaju u obliku  $K^+$  jona iz zemljišnog rastvora preko korena (Ubavić i Bogdanović, 2001). Lakopristupačni kalijum je onaj deo zemljišnog kalijuma koji prelazi u rastvor razblaženih kiselina, baza ili soli ili raznih



puferovanih rastvora, a nalazi se u lakše rastvorljivim jedinjenjima ili zamenljivom obliku iz kojih biljke mogu lako da ih iskorišćavaju.

Na osnovu analize varijanse za sadržaj lakopristupačnog kalijuma u ogledu (Tabela 6.), visoko signifikantan uticaj na osnovu F-testa ispoljili su faktori tip zemljišta ( $p=0,0000^{**}$ ), doza biouglja ( $p=0,0000^{**}$ ) i interakcije tipa zemljišta i doze biouglja ( $p=0,0015^{**}$ ). Posmatrajući procentualno učešće pojedinih izvora varijacije u sumi kvadrata totala, može se videti da je tip zemljišta imao najveći udeo u ukupnom variranju lakopristupačnog kalijuma (97,86 %) što ukazuje na veliku varijabilnost ovog svojstva, ili heterogenost zemljišta, zatim zbirno pogreške i koncentracija biouglja (0,80%), dok je interakcija tipa zemljišta i koncentracije biouglja imala uticaj na varijabilnost 0,45 %.

**Tabela 6.** Rezultati analize varijanse za sadržaj lakopristupačnog kalijuma

| Izvor varijabilnosti | Stepeni slobode | Suma kvadrata | %      | Sredina kvadrata | F          | Verovatnoća |
|----------------------|-----------------|---------------|--------|------------------|------------|-------------|
| Tretmani A           | 4               | 11636,468     | 97,86  | 2909,1169        | 1536,889** | 0,0000      |
| Greška A             | 72              | 22,7143       | 0,19   | 0,3155           |            |             |
| Podtretmani B        | 4               | 94,6023       | 0,80   | 23,6506          | 19,463**   | 0,0000      |
| Greška B             | 60              | 72,9111       | 0,61   | 1,2152           |            |             |
| Interakcija A x B    | 16              | 53,1369       | 0,45   | 3,3211           | 2,733**    | 0,0015      |
| Greška A+B           |                 | 95,6254       | 0,80   |                  |            |             |
| Blokovi              | 3               | 10,8355       | 0,09   | 3,6118           | 1,908      | 0,1319      |
| Ukupno               | 99              | 11890,668     | 100,00 |                  |            |             |

A – tip zemljišta, B – konc. biouglja, \*\* visoko značajan uticaj ( $r<0,01$ ) \* značajan uticaj ( $r<0,05$ ).

### Sadržaj humusa

Termin “organska materija” i “humus” jasno je da imaju različito značenje jer obuhvataju različite oblike organske materije u zemljištu, ali se ipak u praksi često smatraju sinonimima zbog toga što ne postoji jasna linija koja razdvaja humus od ostatka organske materije (Šeremešić, 2012). Scheffer (1966) definiše humus kao svu mrtvu organsku materiju zemljišta koja se nalazi u neprekidnim procesima transformacije (razlaganja i sinteze). U sastav humusa ulaze svi organogeni elementi kao što su ugljenik, kiseonik, vodonik, azot i elementi pepela (Hadžić i sar. 2004).

Na osnovu analize varijanse za sadržaj humusa u ogledu (Tabela 7.), visoko signifikantan uticaj na osnovu F-testa ispoljili su faktori tip zemljišta ( $p=0,0000^{**}$ ), doza biouglja ( $p=0,0000^{**}$ ) i interakcije tipa zemljišta i doze biouglja ( $p=0,000^{**}$ ). Posmatrajući procentualno učešće pojedinih izvora varijacije u sumi kvadrata totala, može se videti da je tip zemljišta imao najveći udeo u ukupnom variranju sadržaja (88,62 %) što ukazuje na veliku varijabilnost ovog svojstva, zatim koncentracija biouglja (7,65 %), interakcija tipa zemljišta i

koncentracije bioglja (2,0 %), dok su zbirno pogreške imale najmanje učešće u variranju (1,69%).

**Tabela 7.** Rezultati analize varijanse za sadržaj humusa

| Izvor varijabilnosti | Stepeni slobode | Suma kvadrata | %      | Sredina kvadrata | F          | Verovatnoća |
|----------------------|-----------------|---------------|--------|------------------|------------|-------------|
| Tretmani A           | 4               | 143,8564      | 88,62  | 35,9641          | 1130,075** | 0,0000      |
| Greška A             | 72              | 0,3819        | 0,24   | 0,0053           |            |             |
| Podtretmani B        | 4               | 12,4172       | 7,65   | 3,1043           | 78,736**   | 0,0000      |
| Greška B             | 60              | 2,3656        | 1,46   | 0,0394           |            |             |
| Interakcija A x B    | 16              | 3,2495        | 2,00   | 0,2031           | 5,151**    | 0,0000      |
| Greška A+B           |                 | 2,7475        | 1,69   |                  |            |             |
| Blokovi              | 3               | 0,0663        | 0,04   | 0,0221           | 0,695      | 0,5606      |
| Ukupno               | 99              | 162,337       | 100,00 |                  |            |             |

A – tip zemljišta, B – konc. bioglja, \*\* visoko značajan uticaj ( $r < 0,01$ ) \* značajan uticaj ( $r < 0,05$ ).

### Sadržaj ukupnog ugljenika

Na osnovu analize varijanse za sadržaj ukupnog ugljenika u ogledu (Tabela 8.), visoko signifikantan uticaj na osnovu F-testa ispoljili su faktori tip zemljišta ( $p = 0,0000$ \*\*), doza bioglja ( $p = 0,0000$ \*\* ) i interakcije tipa zemljišta i doze bioglja ( $p = 0,049$ \*\*). Posmatrajući procentualno učešće pojedinih izvora varijacije u sumi kvadrata totala, može se videti da je tip zemljišta imao najveći udeo u ukupnom variranju sadržaja (61,17 %) što ukazuje na veliku varijabilnost ovog svojstva, zatim koncentracija bioglja (18,08 %), zbirno pogreške (13,83 %), dok je interakcija tipa zemljišta i koncentracije bioglja imale najmanje učešće u variranju (6,62 %).

**Tabela 8.** Rezultati analize varijanse za sadržaj ukupnog ugljenika

| Izvor varijabilnosti | Stepeni slobode | Suma kvadrata | %      | Sredina kvadrata | F        | Verovatnoća |
|----------------------|-----------------|---------------|--------|------------------|----------|-------------|
| Tretmani A           | 4               | 158,7182      | 61,17  | 39,6795          | 53,442** | 0,0000      |
| Greška A             | 72              | 8,9098        | 3,43   | 0,1237           |          |             |
| Podtretmani B        | 4               | 46,9094       | 18,08  | 11,7274          | 26,094** | 0,0000      |
| Greška B             | 60              | 26,9659       | 10,39  | 0,4494           |          |             |
| Interakcija A x B    | 16              | 17,1675       | 6,62   | 1,073            | 2,387**  | 0,0049      |
| Greška A+B           |                 | 35,8757       | 13,83  |                  |          |             |
| Blokovi              | 3               | 0,8           | 0,31   | 0,2667           | 0,359    | 0,7856      |
| Ukupno               | 99              | 259,4707      | 100,00 |                  |          |             |

A – tip zemljišta, B – konc. bioglja, \*\* visoko značajan uticaj ( $r < 0,01$ ) \* značajan uticaj ( $r < 0,05$ ).

### Sadržaj organskog ugljenika

Na osnovu analize varijanse za sadržaj organskog ugljenika u ogledu (Tabela 9.), visoko signifikantan uticaj na osnovu F-testa ispoljili su faktori tip zemljišta ( $p = 0,0000$ \*\*), doza bioglja ( $p = 0,0000$ \*\* ) i interakcije tipa zemljišta i doze bioglja ( $p = 0,0004$ \*\*). Posmatrajući procentualno učešće pojedinih izvora varijacije u sumi kvadrata totala, može se videti da je tip

zemljišta imao najveći udeo u ukupnom variranju sadržaja (75,98 %) što ukazuje na veliku varijabilnost ovog svojstva, zatim koncentracija biouglja (16,07 %), zbirno pogreške (4,65 %), dok je interakcija tipa zemljišta i koncentracije biouglja imale najmanje učešće u variranju (3,18 %).

**Tabela 9.** Rezultati analize varijanse za sadržaj organskog ugljenika

| Izvor varijabilnosti | Stepeni slobode | Suma kvadrata | %      | Sredina kvadrata | F         | Verovatnoća |
|----------------------|-----------------|---------------|--------|------------------|-----------|-------------|
| Tretmani A           | 4               | 107,0401      | 75,98  | 26,76            | 261,659** | 0,0000      |
| Greška A             | 72              | 1,2272        | 0,87   | 0,017            |           |             |
| Podtretmani B        | 4               | 22,6357       | 16,07  | 5,6589           | 63,714**  | 0,0000      |
| Greška B             | 60              | 5,329         | 3,78   | 0,0888           |           |             |
| Interakcija A x B    | 16              | 4,4836        | 3,18   | 0,2802           | 3,155**   | 0,0004      |
| Greška A+B           |                 | 6,5562        | 4,65   |                  |           |             |
| Blokovi              | 3               | 0,1551        | 0,11   | 0,0517           | 0,505     | 0,6840      |
| Ukupno               | 99              | 140,8707      | 100,00 |                  |           |             |

A – tip zemljišta, B – konc. biouglja, \*\* visoko značajan uticaj ( $r < 0,01$ ) \* značajan uticaj ( $r < 0,05$ ).

## ZAKLJUČAK

Na osnovu ispitivanja uticaja primene biouglja na različitim tipovima zemljišta došlo se do sledećih zaključaka:

- Hemijskom analizom biouglja utvrđen je visok udeo organskog ugljenika u ukupnom ugljeniku (95,03 %) što dokazuje da je biouglj proizveden na pravilan način, u procesu pirolize, na nižim temperaturama. U protivnom, ovaj udeo bi bio mnogo manji i kao takav ne bi imao pozitivna svojstva na zemljište. Najveći (visoko signifikantan) uticaj na reakciju zemljišta je dobijen za faktor tip zemljišta,
- Na sadržaj lakopristupačnog fosfora, značajno je uticao faktor tip zemljišta, dok doze biouglja nisu imale značajan uticaj, za razliku od lakopristupačnog kalijuma gde je utvrđeno povećanje njegovog sadržaja sa porastom doze biouglja.
- Sadržaj humusa je rastao sa povećanjem doze biouglja, kao i sadržaj ukupnog i organskog ugljenika. Ovaj visoko signifikantan rast vrednosti ovih svojstava sa povećanjem doze biouglja objašnjava se hemijskim sastavom biouglja koji sadrži 74,51% ukupnog, od čega je 70,81 % organskog ugljenika.
- U budućim istraživanjima primene biouglja, trebalo bi se fokusirati na detaljnija ispitivanja za svaki tip zemljišta pojedinačno. Oglede treba postaviti u kontrolisanim uslovima, a takođe i na otvorenom polju. Od analiza naročito treba ispitati sadržaj mikroelemenata, a pored toga, staviti akcenat i na mikrobiološka svojstva. Posebno se predlaže postavljanje ogleada na kiselim i drugim zemljištima male proizvodne sposobnosti (npr. arenosolima). Na osnovu svega navedenog možemo zaključiti da primena biouglja najveći efekat može ispoljiti na zemljištima

male proizvodne sposobnosti, naročito onim sa niskim sadržajem humusa i organske materije generalno (Đurđević et al, 2017).

## LITERATURA/ REFERENCES

- Belić M., Nešić Lj., Ćirić V. 2014: Praktikum iz pedologije, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet
- Devereux, R.C., Sturrock, C.J., Mooney, S.J. (2012): The effects of biochar on soil physical properties and winter wheat growth, *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 103, 13–18.
- Downie A., Crosky A., Munroe P. 2009: Physical properties of biochar, *Science and Technology*, London, 13–32, Earthscan
- Đurđević B., Jug I., Jug D., Vukadinović V., Brozović B., Stipešević B. 2017: Primjena bioglajena kao kondicionera tla (korak ka održivoj biljnoj proizvodnji), poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku, 20-22.
- Karaosmanoglu F., Isigigur-Ergundenler A., Sever A. 2000: Biochar from the strawstalk of rapeseed plant. *Energy and Fuels* 14, 336-339.
- Karolić R. 2008: Terra Preta: Zemljište izuzetne plodnosti, [www.poljoprivreda.info/?oid=8&id=744](http://www.poljoprivreda.info/?oid=8&id=744)
- Lehmann J., Joseph S. 2009a: Characteristics of Biochar: Biological Properties. In: “Biochar for Environmental Management”, *Science and Technology*, Earthscan
- Lehmann J., Joseph S. 2009b: Introduction. In: “Biochar for Environmental Management”, *Science and Technology*, Earthscan
- Lehmann, J., Rillig, M.C., Thies, J., Masiello, C.A., Hockaday, W.C., Crowley, D. (2011): Biochar effects on soil biota - A review, *Soil Biology & Biochemistry* 43, 1812-1836
- Pravilnik o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u poljoprivrednom zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja (Sl. Glasnik RS 23/1994)
- Scheffer F., Schachtschabel P. (1966, 1979): *Lehrbuch der Bodenkunde*, F. Enke Verlag, Stuttgart
- Steinbeiss, S., Gleixner, G., Antonietti, M. (2009): Effect of biochar amendment on soil carbon balance and soil microbial activity, *Soil Biology & Biochemistry* 41, 1301–1310
- Šeremešić S. 2012: Uticaj sistema ratarenja na svojstva organske materije černozema, *doktorska disertacija*, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad str. 6-12

- Šeremešić S., Vasin J., Živanov M., Milić S., Milošev D., Vasiljević M 2014: BIOCHAR APPLICATION: THE PROSPECTS OF SOIL PROPERTY IMPROVEMENT, XVIII International Eco-Conference 2014, 24-27 September 2014.
- Šeremešić S., Živanov M., Milošev D., Vasin J., Ćirić V., Đurđević B., Vasiljević M., Vujić N.2015: Effects of biochar application on the maize and soybean morphological traits, MATICA SRPSKA JOURNAL FOR NATURAL SCIENCES, Novi Sad
- Ubavić M., Bogdanović D. 2001: Agrohemija, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad
- Uredba o programu sistematskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa (Sl. Glasnik RS 88/2010)
- Verheijen F., Jeffery S., Diafas I., 2009: Biochar Application to Soils, Soil Action - LMNH Unit - IES, Ispra

## INFLUENCE OF BIOCHAR APPLICATION IN SEMI CONTROLLED CONDITIONS ON SOIL CHEMICAL PROPERTIES

Milorad Živanov<sup>1</sup>, Srđan Šeremešić<sup>2</sup>, Jovica Vasin<sup>1</sup>, Stanko Milić<sup>1</sup>, Jordana Ninkov<sup>1</sup>, Snežana Jakšić<sup>1</sup>, Bojan Vojnov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Field and Vegetable Crops, Maksima Gorkog 30, Novi Sad, Serbia

<sup>2</sup>University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Trg Dositeja Obradovića 8, Novi Sad, Serbia

One of the most popular worldwide problem, especially in the last few decades is soil degradation regarding soil organic matter. The topic is getting more and more important. Soils are one of the largest and most important natural resources of all mankind, therefore it is very important to protect it from various types of degradation. In the absence of sufficient quantities of organic fertilizers, especially manure, it was necessary to use amendment that could be beneficial for soil properties improvement. About ten years ago, the old technology for getting material with high content of carbon, from Amazonia is renewed. In this way is obtained soil enhancer which is well known as biochar. Biochar (biocoal) is possible solution for soil quality improvement in long term. Biochar is solid material obtained in the process of carbonization (pyrolysis) of biomass consisting mainly of plant residues. The aim of this research is to analyse effects of biochar application on soil chemical properties such as readily available phosphorus and potassium, humus content, total carbon and soil organic carbon (SOC).

During the study, the increasing doses of biochar (0%, 0.5%, 1%, 2% and 3%) were incorporated in five soil types, only once, at the start: alluvium (fluvisol), humogley, eutric cambisol, chernozem - subtype on alluvial sediment and chernozem - subtype on loess. These soil types were selected based on the most common soils used by farmers in the study area (Vojvodina Province, Serbia).

Experiment lasted for two years, and the plants (wheat and sunflower) were grown in semi controlled conditions, in pots of 5 l with controlled watering and N fertilization.

Biochar application show statistically significant difference between treatments in content of potassium, soil organic matter, total and organic carbon. It is not determined the statistically significant difference between treatments in case of content of readily available phosphorus.

*Key words:* biochar, organic matter, phosphorus, potassium, soil, soil organic carbon