

VPLYV APLIKÁCIE BIOUHLIA NA VLHKOSŤ V POVRCHOVEJ VRSTVE PÔDY

Justína Vitková, Peter Šurda

Biouhlie je v posledných rokoch čoraz viac využívané na zlepšovanie vlastností pôdy. Aj keď samotné uhlie sa v poľnohospodárstve využíva už viac ako 100 rokov, nové formy biouhlia sú špeciálne upravované tak, aby plnili konkrétne funkcie. V našom príspevku sme sa zaoberali vplyvom biouhlia s konkrétnym zložením na dynamiku vlhkosti povrchovej vrstvy poľnohospodársky využívanej pôdy. Analyzované boli dve plochy, jedna bez biouhlia a druhá s aplikovaným biouhlím v množstve $20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Biouhlie bolo zapracované agrotechnickou operáciou do povrchovej vrstvy pôdy. Vlhkosť pôdy v hĺbke 5 – 10 cm bola meraná pomocou dielektrických senzorov 5TM od firmy Decagon Devices. Merania sa uskutočnili priamo na poli bez vonkajších prerušení. Na každej ploche boli nainštalované dva senzory, aby bolo možné urobiť porovnanie medzi nimi a redukovať tak chyby merania. Dataloger zaznamenával hodnoty v 5 minútových časových intervaloch, čo umožnilo analýzu dynamiky pôdnej vlhkosti spôsobenú aj krátkodobými zrážkovými úhrnmi počas suchých období. Počas výrazne suchých období bola plocha bez biouhlia vlhkejšia ako plocha s biouhlím. Po výdatných dažďoch sa tento trend obrátil, čo sa dá vysvetliť vplyvom makropórov medzi zrnkami biouhlia a minerálnou zeminou.

KEÚČOVÉ SLOVÁ: biouhlie, vlhkosť pôdy, poľné merania, makropóry

IMPACT OF BIOCHAR APPLICATION ON MOISTURE IN THE TOP SOIL LAYER. Biochar has been increasingly used in last years for improving the characteristics of soils. Although charcoal was used in agriculture for more than 100 years, there exist new forms of biochar, specially modified to perform specific functions in the soil. In our paper, we focused on the influence of biochar with specific characteristics on the water content dynamics in the surface horizon of a cultivated soil. Two plots were studied, one without any biochar application and the other one with application of $20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ biochar. The biochar was incorporated into the soil surface layer. Soil moisture was measured by the 5TM sensors from Decagon Dev. at the 5-10 cm depth. The measurements took place directly in the field without external interruptions. Two sensors had been installed in each plot to make a comparison between them possible and to reduce the measurement error. Measuring interval was 5 minutes to capture short-term precipitation events. The soil water content on the control plot was higher than that on the plot with biochar during dry periods, but the trend has reversed after ample rains, which can be explained by the effect of macropores between the grains of biochar and the mineral soil.

KEY WORDS: biochar, soil moisture, field measurements, macropores

Úvod

Biouhlie, ako produkt termálnej degradácie biomasy bohatý na uhlík, je aktuálne v centre pozornosti vedeckej komunity najmä pre svoju schopnosť zlepšovať kvalitatívne parametre pôdy a zmierňovať tempo klimatickej zmeny. Biouhlie je produkt termálneho zhodnocovania lignocelulózového, organického odpadu, ktorý sa obvykle zneškodňuje skládkovaním, alebo spaľovaním. Počas procesu pyrolýzy, vysokoteplotnej degradácie

v uzatvorenom prostredí so zníženou prítomnosťou kyslíka, sa biomasa mení na biouhlie, vysoko pórovitý materiál s nízkou hustotou a vysokým podielom uhlíka. Špecifikom biouhlia je, že na rozdiel od klasického uhlia sa väčšinou nepoužíva ďalej ako palivo, ale môže slúžiť najmä k úprave fyzikálnych charakteristík pôdy. Zároveň plní významnú úlohu pri zachytávaní a dlhodobom ukladaní atmosférického oxidu uhličitého, tzv. sekvestrácii uhlíka (Lehmann, 2007).

Biouhlie môže svojou aplikáciou vplyvať na pôdu v rôz-

nej miere, v závislosti od jeho vlastností. Charakteristiky biouhlia zvyčajne závisia od typu vstupnej suroviny, z ktorej je vyrobené a procesu výroby (Verheijen et al., 2010). Fyzikálna štruktúra biouhlia je ovplyvnená teplotou ohrevu. Podľa Majora et al. (2009) je vysoká povrchová plocha biouhlia sprevádzaná aj vysokou celkovou pórovitosťou. Jeho pórovitosť a vnútorný povrch môže prispieť k zachytávaniu a adsorbácii živín, ktoré obsahuje voda.

Materiál a metódy

Popis skúmanej lokality

Na experimentálnej báze v Malante (obr. 1), ktorá patrí Slovenskej poľnohospodárskej univerzite v Nitre, bol v roku 2014 založený poľný experiment na skúmanie vplyvu biouhlia na vybrané vlastnosti pôdy. Skúmaná lokalita sa nachádza približne 5 km severo-východne od mesta Nitra (N 48°19'00"; E 18°09'00"). Nadmorská výška lokality je 175 m n.m. Typ pôdy je klasifikovaný ako hnedozem kultizemná (Šimanský et al., 2008). Lokalita Malanta je situovaná v rámci geomorfologickej jednotky Podunajská pahorkatina v časti Nitrianskej pahorkatiny. Morfológicko morfometrický typ reliéfu je mierne až stredne členitá pahorkatina. Zastúpenosť pôd: hnedozeme kultizemné, lokálne modálne a regozeme kultizemné a modálne karbonátové, zo spraši, zrnitostne hlinité. Malanta spadá pod klimatickú oblasť teplú, mierne suchú s miernou zimou.

V marci roku 2014 boli na tejto lokalite vytýčené pokusné plochy s rozmermi 6 x 4 m, na ktorých bolo aplikované biouhlie. Bolo vytvorených 8 rôznych variant, ktoré okrem aplikácie samotného biouhlia tvorili aj plochy biouhlia s kompostom, plochy biouhlia obohaté

ného dusíkom, ale aj plochy bez biouhlia, tzv. kontrolné plochy. Pre skúmanie vplyvu biouhlia na vlhkosť pôdy v povrchovej vrstve bola vybraná plocha s aplikáciou maximálneho množstva biouhlia, t.j. 20 t·ha⁻¹ („B20 N0“), ktorá bola porovnávaná s plochou bez biouhlia („Kontrola“).

Počas vegetačného obdobia v roku 2016 boli na týchto plochách inštalované dielektrické senzory vlhkosti pôdy typu 5TM. Senzory boli nastavené na zaznamenávanie v 5 minútovom intervale, aby bolo možné zachytiť zmeny vlhkosti pôdy aj pri nízkych úhrnoch zrážok. Meranie začalo 14.6.2016 o 11:25 hod. a bolo ukončené 20.7.2016 o 10:00 hod., kedy následne prebehla žatva. Senzory boli umiestnené do hĺbky 5 – 10 cm pod povrchom pôdy. Počas vegetačného obdobia 2016 sa na skúmanej ploche pestovala pšenica letná, forma jarná (*Triticum aestivum* L.).

Použité biouhlie

Biouhlie použité pre náš poľný experiment bolo vyrobené z kalov papierového vlákna s obilnými šupkami v pomere 1:1 vzhľadom k hmotnosti, firmou Sonnenerde z Rakúska. Vzniklo pyrolýzou pri teplote 550°C po dobu 30 minút v reaktore Pyreg (Pyreg GmbH, Dörthe, Nemecko). Obsah popola 38,3 % bol stanovený podľa normy DIN 51719. Špecifická plocha povrchu biouhlia bola meraná podľa DIN 66132 / ISO 9277 a jej hodnota je 21,7 m²·g⁻¹. Objemová hmotnosť biouhlia bola zistená podľa DIN 66137 a je 0,206 g·cm⁻³. Hodnota pH 8,8 bola meraná na základe normy DIN ISO 10390. Veľkosť frakcie biouhlia bola 0 – 5 mm. Zloženie biouhlia je zobrazené v tab. 1. (Domanová, Igaz, 2015).



Obr. 1. Skúmaná lokalita na Malante (© Google maps 2016).

Fig. 1. Location of the research site Malanta (© Google maps 2016).

Tabuľka 1. Zloženie biouhlia

Table 1. Biochar characteristics

Prvky	C/g·kg ⁻¹	N/g·kg ⁻¹	H/g·kg ⁻¹	O/g·kg ⁻¹
Zastúpenie	531	14	18,4	53

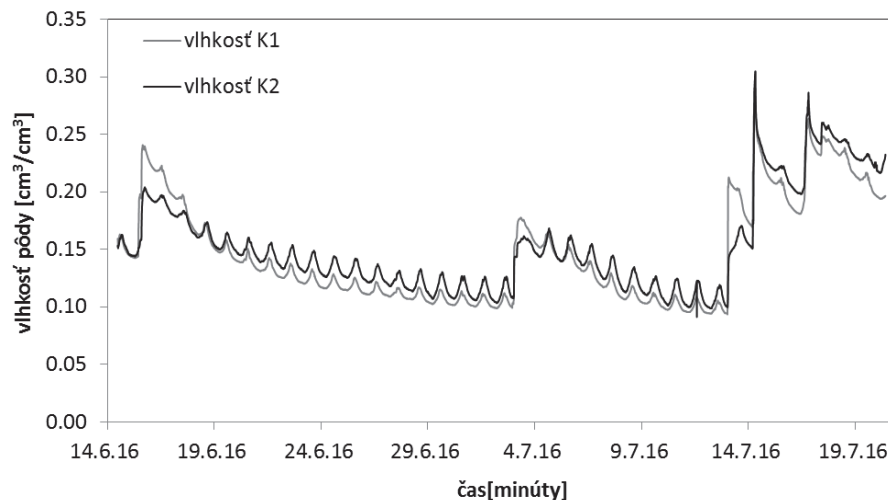
Výsledky a diskusia

Porovnanie senzorov

Senzory 5TM, ktoré boli použité na meranie vlhkosti pôdy, boli pred inštalovaním v teréne nakalibrované výrobcom päťbodovou kalibráciou (Decagon Devices, 2016). Na ploche „Kontrola“ aj na ploche „B20 N0“ boli inštalované 2 senzory, ktoré merali vlhkosť pôdy ako aj teplotu pôdy v skúmanej pôdnej vrstve. Porovnanie údajov paralelných senzorov medzi sebou popisujú obr. 2 a 3.

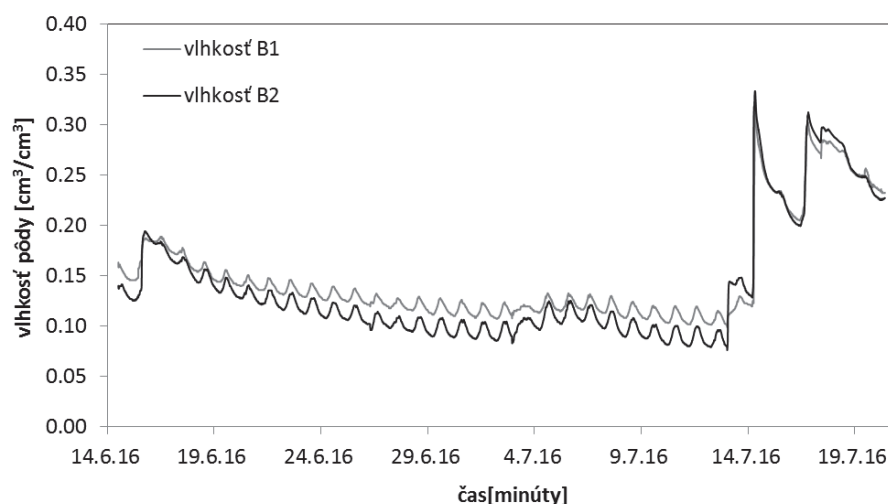
Obr. 2 vykresľuje a porovnáva hodnoty vlhkosti pôdy namerané dvoma senzormi (K1 a K2) na ploche

„Kontrola“. Korelačný koeficient medzi nimi bol 0,95. Na obr. 3 je vykreslená vlhkosť pôdy nameraná senzorami B1 a B2 na ploche „B20 N0“, kde bol korelačný koeficient 0,98. Oba koeficienty ukazujú vysokú mieru zhody. Rozdiely medzi paralelnými meraniami vznikli najmä kvôli heterogenite pôdy a drobným rozdielom v spôsobe ich inštalácie. Vzdialenosť medzi senzorami v rámci jednej plochy bola okolo 30 cm. Okrem toho je vidno, že nameraná vlhkosť je ovplyvnená variáciou teploty pôdy počas dňa a noci a prúdením vody v pôde pod vplyvom teplotného gradientu, čo bolo napríklad namerané aj Assoulinom et al. (2010). Tento efekt nemá podstatný vplyv na platnosť záverov tohto článku.



Obr. 2. Porovnanie vlhkosti pôdy nameranej dvoma senzormi (K1, K2) umiestnenými na ploche „Kontrola“.

Fig. 2. Comparison of the soil moisture content measured by two sensors (K1, K2) in the „Kontrola“/Control plot.



Obr. 3. Porovnanie vlhkosti pôdy nameranej dvoma senzormi (B1, B2) umiestnenými na ploche „B20 N0“.

Fig. 3. Comparison of the soil moisture content measured by two sensors (B1, B2) in the „B20 N0“ plot.

Namerané vlhkosti povrchovej vrstvy pôdy

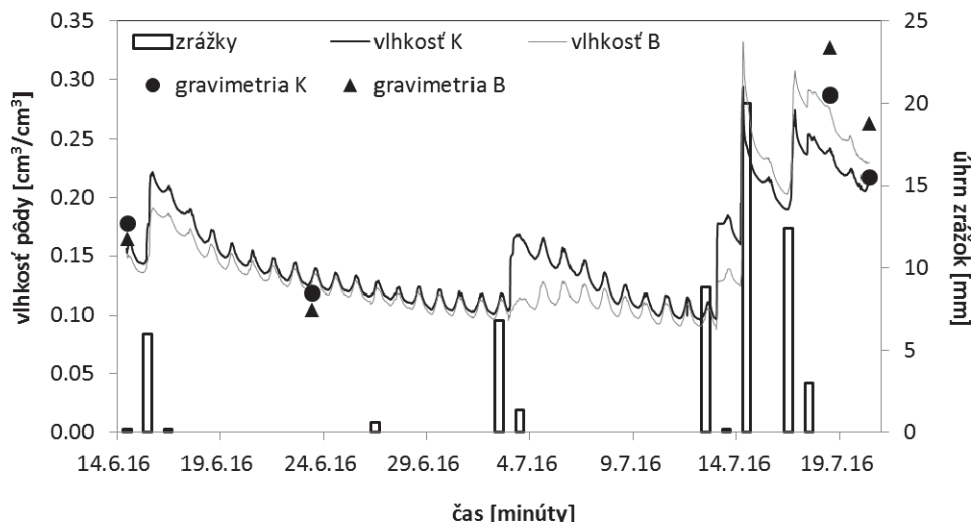
Priemerné namerané vlhkosti pôdy z oboch plôch sú vykreslené na obr. 4. Plocha „Kontrola“ (K) aj plocha „B20 N0“ (B) mali počas bezzrážkových dní malé rozdiely v pôdnej vlhkosti. K výraznejším rozdielom dochádzalo po zrážkovej udalosti. Kým sa vlhkosť pôdy pohybovala okolo 18 % obj., bola plocha K vlhkejšia ako plocha B. Podobné výsledky boli dokumentované aj počas vegetačného obdobia 2015, kedy sa na skúmanej ploche pestovala kukurica a rovnako bola plocha K vlhkejšia ako plocha B (Šurda, Vítková, 2016). Po intenzívnejšej zrážke 14.7.2016 sa však priemerná vlhkosť pôdy pohybovala okolo 25 % obj. a vtedy bola plocha B vlhkejšia ako plocha K. Vzhľadom k známym účinkom biouhlia na štruktúru pôdy sme predpokladali, že na ploche B zaznamenajú senzory vyššie hodnoty vlhkosti ako na ploche K. To sa potvrdilo len z časti, keď bol v pôde obsah vody vyšší ako 22 % obj. Podobné výsledky boli zistené aj pri meraní vlhkosti pôdy gravimetrickou metódou. V čase umiestnenia senzorov na skúmanej lokalite boli vykonané odbory pôdnych vzoriek na určenie vlhkosti pôdy gravimetrickou metódou. Pri každom odbore boli do Kopeckého valčekov odobraté 3 vzorky z každej plochy a z nich bola určená priemerná hodnota na ploche. Priemerné hodnoty vlhkosti pôdy (gravimetria K, gravimetria B) v jednotlivých dňoch sú vyznačené na obr. 4. Prvé dva odbory boli porovnateľné s hodnotami nameranými senzormi. Posledné dva, kedy už bola vlhkosť pôdy vyššia, ukázali, že hodnoty stanovené gravimetrickou metódou sú vyššie o cca 5 % obj. Obe metódy určenia

vlhkosti pôdy majú však rovnaký trend.

Počas sledovaného časového intervalu (14.6. – 20.7.2016) bolo zaznamenaných niekoľko zrážkových udalostí, z ktorých najvýraznejšia prebehla 14.7.2016. Vtedy bol nameraný úhrn zrážok 20,0 mm. Senzory okamžite zareagovali na zrážkové udalosti (obr. 4).

Porovnanie nameraných hodnôt zo senzorov v rámci jednej plochy a ich korelačné koeficienty ukazujú vysokú zhodu, preto je možné pre porovnanie variant medzi sebou použiť iba priemerné hodnoty z oboch senzorov. Predpoklad, že hodnota pôdnej vlhkosti na ploche s aplikovaným biouhlím bude vyššia ako na ploche bez biouhlia, sa naplnila len z časti. V čase, keď bola pôda suchšia (vlhkosť menej ako 22 % obj.) bola plocha bez biouhlia (K) vlhkejšia. Po každej dažďovej udalosti narástol rozdiel vo vlhkosti pôdy medzi plochami K a B o 4 – 6 % obj. a počas nasledujúcich bezzrážkových dní sa tento rozdiel znižoval. Po 14.7.2016 nasledovalo za sebou niekoľko zrážkových udalostí, ktoré zvýšili obsah vody v sledovanej vrstve pôdy nad 22 % obj. Vtedy už bola vlhkosť pôdy na ploche B vyššia ako na ploche K. Rozdiel medzi plochami bol v tomto období okolo 5 – 6 % obj.

Podobné výsledky boli zistené aj po odobratí vzoriek pôdy a určení ich vlhkosti gravimetrickou metódou. V suchom období bola vlhkosť pôdy na ploche K väčšia ako na ploche B a následne po zrážkových udalostiach nasledujúcich po 14.7.2016 bola vlhkosť pôdy na B vyššia ako na K. Okrem toho bola vtedy gravimetrická vlhkosť na obidvoch plochách výrazne vyššia ako vlhkosť meraná dielektrickými senzormi, na rozdiel od predchádzajúcich menej vlhkých dní.



Obr. 4. Priemerné vlhkosti pôdy namerané na plochách „Kontrola“ (vlhkosť K) a „B20 N0“ (vlhkosť B) porovnané s vlhkosťou pôdy určenou gravimetricky (gravimetria K, B) a dennými úhrnmi zrážok za sledované obdobie.

Fig. 4. Average soil moisture content measured in plots „Kontrola“/Control (vlhkosť K) and „B20 N0“ (vlhkosť B) compared with the soil moisture content measured by the gravimetric method (gravimetria K, B) and the daily precipitation totals during the studied period.

Podobné výsledky boli zistené aj po odobratí vzoriek pôdy a určení ich vlhkosti gravimetrickou metódou. V suchom období bola vlhkosť pôdy na ploche K väčšia ako na ploche B a následne po zrážkových udalostiach nasledujúcich po 14.7.2016 bola vlhkosť pôdy na B vyššia ako na K. Okrem toho bola vtedy gravimetrická vlhkosť na obidvoch plochách výrazne vyššia ako vlhkosť meraná dielektrickými senzormi, na rozdiel od predchádzajúcich menej vlhkých dní.

Príčin takejto reakcie môže byť viacero. Jednou z nich je samotné zloženie biouhlia. Keďže je špecifická povrchová plocha použitého biouhlia nižšia ako u iných druhov a okrem toho nepoznáme, v akej mierke je použité biouhlie hydrofilné alebo hydrofóbne, neprejavilo sa biouhlie pri nízkych vlhkostiach pôdy ako zberač vody. Pri vyššej vlhkosti pôdy však túto funkciu mohlo plniť, a to najmä tým spôsobom, že sa plnili makropóry medzi zrnkami biouhlia a okolitou minerálnou zemínou, akonáhle sa vlhkosť potenciál minerálnej zeminy zvýšil (v absolútnej hodnote znížil) a prestal brániť vode vo vstupe do týchto makropórov. Tento efekt mohol byť viac zreteľný vo väčších vzorkách pre gravimetrickú metódu.

Záver

Počas časti vegetačného obdobia roku 2016 bola na výskumnej lokalite v Malante meraná vlhkosť pôdy pomocou dielektrických senzorov 5TM. Na dvoch vybraných plochách boli nainštalované štyri senzory na meranie vlhkosti a teploty pôdy (na každej ploche dva). Výsledky meraní ukazujú, že v čase, keď bola pôda suchšia, bola plocha bez biouhlia (K) vlhkejšia. Po každej dažďovej udalosti narástol rozdiel vo vlhkosti pôdy medzi plochami K a B, pričom plocha K bola vždy vlhkejšia. Po výdatných dažďoch v plovici júla však bola vlhkosť pôdy na ploche B vyššia ako na ploche K. Podobné výsledky boli zistené aj po odobratí vzoriek pôdy a určení ich vlhkosti gravimetrickou metódou, pričom po výdatných dažďoch bola gravimetrická vlhkosť výrazne vyššia ako dielektrické merania. To sa dá vysvetliť vplyvom makropórov medzi zrnkami biouhlia a pôdnou matricou, ako je to popísané vyššie. Výsledky našich meraní ukazujú, že aplikácia biouhlia, ktoré má vyššie spomenuté vlastnosti, v množstve 20 t·ha⁻¹ nemá markantný vplyv na vlhkosť pôdy v povrchovej vrstve 5 – 10 cm, s výnimkou veľmi vlhkých epizód. Sme si

vedomí, že tieto závery sú iba predbežné, lebo experiment bol robený bez opakovaní, ktoré by mali byť situované na niekoľkých náhodne rozmiestnených plochách. V tejto fáze výskumu sú však tieto výsledky užitočným impulzom pre ďalšiu prácu.

Podakovanie

Tento príspevok bol vytvorený realizáciou projektu ITMS 26240120004 Centrum excelentnosti integrovanej protipovodňovej ochrany územia, na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja, a tiež s finančnou podporou z projektov Agentúry na podporu výskumu a vývoja APVV-0512-12 a Vedeckej grantovej agentúry VEGA 2/0013/15.

Literatúra

- Assouline, S., Narkis, K., Tyler, S.W., Lunati, I., Parlange, M.B., Selker, J.S. (2010): On the diurnal soil water content dynamics during evaporation using dielectric methods. *Vadose Zone Journal*, 9, 709 – 718.
- Decagon Devices. (2016): 5TM-Water Content and Temperature Sensors (manual). cit. [2016-10-22]. Dostupné na: < http://manuals.decagon.com/Manuals/13441_5TM_Web.pdf >
- Domanová, J., Igaz, D. (2015): Retenčné charakteristiky pôdy po aplikácii biouhlia. Študentská vedecká konferencia FZKI 2015, zborník príspevkov, Nitra 22.4.2015. 38 – 45. ISBN 978-80-552-1426-9.
- Lehmann, J. (2007): Bio-energy in the black. *Front. Ecol. Environ.* 5, 381 – 387.
- Major, J. (2009): A Guide to Conducting Biochar Trials.
- Šimanský, V. et al. (2008): Soil tillage and fertilization of Orthic Luvisol and their influence on chemical properties, soil structure stability and carbon distribution in water-stable macro-aggregates. *Soil Tillage Resources*, 100, 125 – 132.
- Šurda, P., Vítková, J. (2016): Impact of biochar application on soil moisture dynamics and saturated hydraulic conductivity. In 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016: conference proceedings. Sofia, 2016, 445 – 451. ISBN 978-619-7105-61-2.
- Verheijen, F., Jeffery S., Bastos, A.C., van der Velde M., Diafas, I. (2010): Biochar application to soils: a critical scientific review of effects on soil properties processes and functions. JRC-IES. Luxembourg.

IMPACT OF BIOCHAR APPLICATION ON MOISTURE IN THE TOP SOIL LAYER

Main objective of this study was to determine the influence of biochar application on moisture in the top soil layer as a response to precipitation. On experimental site Nitra - Malanta was geodetically set

out 45 plots measuring 6x4 m, separated by 0.5 m bands. On these 45 plots were conducted 8 different experiment variations, which included the plots with pure biochar, plots with biochar and compost, plots with

nitrogen enriched biochar, as well as control plots. To investigate the effect of biochar on soil water content, plot with the application of the maximum amount of biochar, i.e. 20 t·ha⁻¹ was selected, which was compared with a control plot (no biochar). During the growing season of 2016 at those plots soil moisture sensors (5TM by Decagon) were installed. The measuring interval was 5 minutes. During the experimental measurements the area was agriculturally used, cultivated crop was common wheat (*Triticum aestivum* L.).

Based on previous knowledge on the properties of biochar we assumed, that the measured values of soil water content at plot with biochar (plot B) will be higher than at the plot without biochar (plot K). This assumption was only partially fulfilled. During the time period when soil water content at experimental site decreased below 22% vol., measured values of soil moisture at plot K were higher than at plot B (with differences up to 6% vol.). In contrary when the water content at experimental site increased after intense rainfall event above 22% vol., measured values of soil moisture at plot B were higher than at the plot K. During this moist period (soil moisture >22% vol.) each precipitation event increased difference in soil moisture between plot K and B (up to maximal value of 6.2% vol.) and the

following rainless days reduced the gap.

Similar results were also found after determination of soil water content by the gravimetric method. In dry period, water content values of soil samples from plot K were higher than from plot B and subsequently sampling after heavy rains brought reversed results.

The causes of this response could be several. One of them is actual composition of biochar. The specific surface area of the biochar used in the study is lower than of other types of biochar. Additionally, the mixing ratio of hydrophilic and hydrophobic biochar is unknown. The biochar in the study did not prove as a water collector in low values of soil moisture. On the other hand, this function may be performed in high values of soil moisture, especially in the way the macropores between grains of biochar and the surrounding mineral soil were filled. As the water potential of mineral part of soil increased (in absolute value decreased), it allowed the soil water to enter in these macropores. The results of our measurements show that the application of biochar which has above-mentioned characteristics, in an amount of 20 t·ha⁻¹ has not notable effect on the soil water content in the surface layer of 5–10 cm. These results are exploratory but could be useful for our next research.

Ing. Justína Vitková, PhD.
Ing. Peter Šurda, PhD.
Ústav hydrológie SAV
Dúbravská cesta 9
841 04 Bratislava
Tel.: +4212 3229 3519
E-mail: vitkova@uh.savba.sk
surda@uh.savba.sk