

# RYCHLÉ STANOVENÍ VODOU EXTRAHOVATELNÉHO ORGANICKÉHO UHLÍKU Z LESNÍCH PŮD

## FAST DETERMINATION OF WATER EXTRACTABLE ORGANIC CARBON FROM FOREST SOILS

VÁCLAV TEJNECKÝ ✉ - ONDŘEJ DRÁBEK - ANTONÍN NIKODEM - PETRA VOKURKOVÁ - KAREL NĚMEČEK - LUBOŠ BORŮVKA

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Kamýcká 129, CZ - 165 21 Praha 6 - Suchbát

✉ e-mail: tejnecky@af.czu.cz

### ABSTRACT

The aim of this manuscript is to introduce a modified Spectroscopic method for the determination of water-extractable forms of organic carbon (WEOC) from forest soils and to compare this simple spectroscopy method with the most common but economically demanding method of elemental analysis. Afterwards, the spectroscopy method was applied to a large series of aqueous extracts from real soil samples. These samples originate from two different soil environments – from under beech and under spruce forests. Extraction of WEOC was made by deionised water. The extracts were divided into two parts; the contents of WEOC were determined by means of elemental analysis and also by means of the modified spectroscopy method. The comparison of determined amounts of WEOC revealed a close and statistically significant relationship between the results of these independent methods (F-test = 849.9 for  $p < 0.001$ ;  $R^2 = 97.8\%$ ). The Spectroscopic method proved to be fast, easy and an economical alternative to the commonly used method of elemental analysis. Generally, the amounts of WEOC determined under spruce forest were significantly higher than those determined under beech forest. There has been observed decreasing trend of WEOC amounts with increasing depth of soil profiles for both studied environments.

**Klíčová slova:** rozpuštěný organický uhlík, lesní půdy, smrk ztepilý, buk lesní

**Key words:** dissolved organic carbon, forest soils, Norway spruce, European beech

### ÚVOD

Podle definice zahrnuje rozpustná organická hmota (DOM) organické sloučeniny uhlíku, dusíku, fosforu a síry, které projdou přes filtry o velikosti 0,4–0,7  $\mu\text{m}$  (MICHALZIK et al. 2001; CHANTIGNY 2003; ZSOLNAY 2003). Rozpustná organická hmota zastupuje relativně malou část celkové organické hmoty (0,04–0,2%; CHANTIGNY et al. 2008), nicméně hraje klíčovou roli v biologických, chemických a fyzikálních procesech v půdním prostředí (KALBITZ et al. 2000; ZSOLNAY 2003). Zejména se jedná o transport živin (MURPHY et al. 2000; MICHALZIK et al. 2001), výživu mikroorganismů (McDOWELL et al. 2006). DOM také slouží jako indikátor kvality půdy (ZSOLNAY 2003).

Rozpuštěný organický uhlík (DOC) lze jímát z půdního prostředí lysimetry (KAISER et al. 2002) nebo centrifugací odebraných půdních vzorků (NAMBU et al. 2005). K těmto metodám jsou akceptovány jako srovnatelné i metody extrakční, které používají roztoky o nízké iontové síle, např. deionizovaná  $\text{H}_2\text{O}$ , 0,5 M  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , 2 M KCl (CHANTIGNY et al. 2008; JONES, WILLETT 2006). Pro tyto formy půdní organické hmoty či uhlíku je často používán výraz vodou extrahovatelná organická hmota (WEOM) či uhlík (WEOC) (CHANTIGNY et al. 2008).

Stanovit DOC v roztoku či výluhu je možné pomocí elementární analýzy (stanovení organického uhlíku v roztoku) za použití spalování za vysokých teplot a infračervené detekce či katalytické oxidace (např. FRÖBERG et al. 2003; JONES, WILLETT 2006). Další z možností, jak stanovit DOC v různých typech extraktů (např. deionizovaná voda,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ), je využití oxidace organické hmoty  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  v silně kyselém

prostředí. Dochází zde k redukci  $\text{Cr}^{6+}$  na  $\text{Cr}^{3+}$ . Následně je stanoven úbytek  $\text{Cr}^{6+}$  fotometricky (YAKOVCHENKO, SIKORA 1998; ZBÍRAL 2002). Rychlou metodou pro odhad množství DOC se jeví použití specifické absorbance při 254 nm (BRANDSTETTER et al. 1996).

Cílem této práce je představit použití spektrofotometrické metody pro stanovení vodou extrahovatelného uhlíku v lesních půdách s využitím oxidace chromsírové směsi (WEOC<sub>o</sub>) lesních půd a porovnat výsledky WEOC<sub>o</sub> s metodou stanovení vodou extrahovatelného uhlíku pomocí elementární analýzy (WEOC<sub>ea</sub>).

### MATERIÁL A METODIKA

#### Odběr půdních vzorků

Odběr půdních vzorků probíhal na lokalitě Paličnick v Jizerských horách. Vzorkovány byly půdy pod bukovým a smrkovým porostem. Zájmové území se nachází v nadmořské výšce 620–690 m. Geologické podloží je tvořeno pouze porfyrickou biotitickou žulou. Vegetační pokryv odběrových ploch představuje smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) Karsten), v acidofilní bučině buk lesní (*Fagus sylvatica* L.). V obou sledovaných prostředích dominovaly v bylinném patře třtina rákosovitá (*Calamagrostis arundinacea*) a třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*). Bližší popis lokality je uveden v pracích TEJNECKÝ et al. (2010, 2013).

Odebírány byly dostatečně mocné horizonty reprezentativních půdních typů (kambizem pro bukový porost a kryptopodzol pro smrkový

porost). Popis půdních profilů pro 7 půdních vzorků je uveden v tab. 1. Na této části vzorků byly porovnány metody pro stanovení WEOC.

Následně byla testovaná metoda pro stanovení vodou extrahovatelného uhlíku po oxidaci chromsírovou směsí WEOC<sub>o</sub> aplikována na větší soubor vzorků, které byly odebrány na stejné lokalitě. Celkem bylo stanoveno WEOC<sub>o</sub> pro 490 vzorků odebraných v letech 2008–2010.

### Vodný extrakt

Extrakce vodou rozpustných forem organického uhlíku probíhala z nevyšusšených půdních vzorků po dobu 24 h deionizovanou vodou (18,2 MΩ cm<sup>-1</sup>, Millipore). Metodika byla převzata z prací JONES, WILLETT (2006) a CHANTIGNY et al. (2008), poměr vzorek k roztoku byl 1:10 (w/v) (DRÁBEK et al. 2005). Extrakt byl centrifugován a následně filtrován přes nylonový membránový filtr 0,45 μm (Cronus Membrane Filter Nylon 0,45 μm, UK). Extrakce byla provedena ve trojím opakování.

### Stanovení organického uhlíku ve vodných extraktech

Stanovení WEOC bylo provedeno spektroskopicky po oxidaci chromsírovou směsí (WEOC<sub>o</sub>) podle upravené metodiky ZBÍRAL (2002) a YAKOVCHENKO, SIKORA (1998). Metoda byla nově použita na vodné extrakty a ne jako v případě ZBÍRAL (2002) na půdní extrakt 0,5 M K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Přípravou byly standardy bezvodé glukózy (p.a., Lach-Ner, ČR), ze které byly zhotoveny vodné roztoky o koncentracích 0–50 mg C.l<sup>-1</sup>. Pipetovány byly 2 ml vzorku či standardu do silnostěnné zkumavky uzavíratelné víčkem. Následně byly přidány 3 ml chromsírové směsi, která byla připravena z 10 ml roztoku 25 mmol.l<sup>-1</sup> dichromanu draselného, 25 ml deionizované vody a 73 ml 95% kyseliny sírové (vše p.a., Lach-Ner, ČR). Poté byly zkumavky uzavřeny, intenzivně protřepány po dobu 5 sekund, zazátkovány a vloženy do sušárny vyhřáté na teplotu 135 °C. Po 45 minutách mineralizace byly vzorky vyjmuty, po vychladnutí a opětovném intenzivním protřepání vzorku byla změřena absorbance při 340 nm (UV/VIS spektrofotometr Hewlett Packard 8453, USA). Množství WEOC<sub>o</sub> bylo odečteno z kalibrační křivky. Stanovené hodnoty WEOC<sub>o</sub> byly porovnány s výsledky elementární analýzy – vodou extrahovatelný uhlík stanovený pomocí elementární analýzy (WEOC<sub>ea</sub>), provedené v laboratořích České geologické služby za standardních analytických podmínek (Tekmar-Dohrmann Apollo 9000, USA).

Získaná data byla statisticky zpracována pomocí programu Statgraphics XVI. Centurion (<http://www.statgraphics.com>).

### Tab. 1.

Popis půdních profilů odebraných půdních vzorků k srovnání metod analýzy WEOC  
Description of soil profile collected soil samples for comparison water extractable organic carbon (WEOC) analysis methods

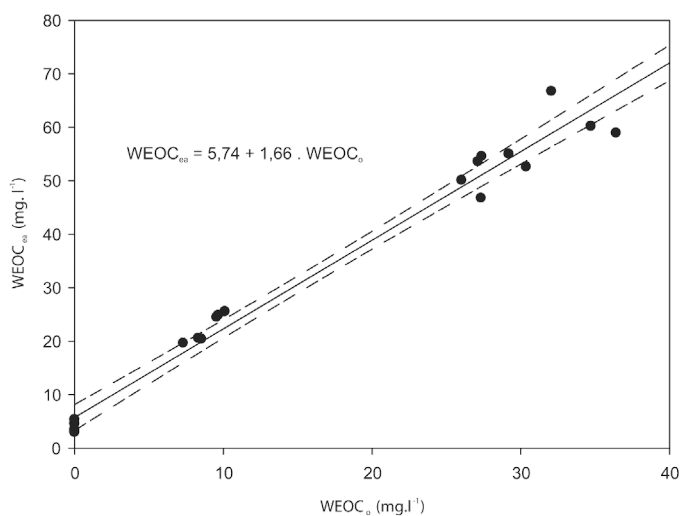
| Vzorek/Sample | Porost/Vegetation cover | Půdní typ/Soil type            | Horizont/Horizon | Mocnost/Depth (cm) |
|---------------|-------------------------|--------------------------------|------------------|--------------------|
|               |                         |                                | L                | 2                  |
| 1             | Buk/Beech               | Kambizem/<br>Cambisols         | F                | 1                  |
| 2             |                         |                                | H                | 4                  |
|               |                         |                                | Ah               | 0,5                |
| 3             |                         |                                | Bv               | do/till 45         |
|               |                         |                                | L                | 7                  |
| 4             | Smrk/Spruce             | Kryptopodzol/<br>entic Podzols | F                | 5                  |
| 5             |                         |                                | H                | 5                  |
|               |                         |                                | Ae               | 1                  |
| 6             |                         |                                | Bhs              | 4                  |
| 7             |                         |                                | Bvs              | do/till 40         |

## VÝSLEDKY A DISKUSE

V 21 vyluzích ze 7 vybraných půdních vzorků bylo stanoveno množství WEOC<sub>o</sub> a tyto výsledky byly porovnány s množstvím WEOC<sub>ea</sub> stanoveným pomocí elementární analýzy (obr. 1). Tab. 2 udává základní statistické parametry pro hodnoty WEOC<sub>o</sub> a WEOC<sub>ea</sub>. Výsledky ukazují těsný vztah hodnot WEOC při měření rozdílnou analytickou metodou (pro WEOC<sub>o</sub> a WEOC<sub>ea</sub>: F-test = 849,9 při p < 0,001; R<sup>2</sup> = 97,8 %). V rovnici (1) je uvedena rovnice regresní přímky vztahu mezi WEOC<sub>ea</sub> a WEOC<sub>o</sub>.

$$\text{WEOC}_{ea} = 5,74 + 1,66 \cdot \text{WEOC}_o \quad (\text{mg.l}^{-1}) \quad (1)$$

Problematické se jeví pouze stanovení WEOC při nízkých koncentracích, kdy se metoda blíží mezi detekce (0,5 mg.l<sup>-1</sup>). V tomto případě



Obr. 1.

Vztah mezi WEOC<sub>o</sub> a WEOC<sub>ea</sub> (7 půdních extraktů ve třech opakováních; R<sup>2</sup> = 97,8 % při p < 0,001); přerušovanou čarou jsou uvedeny 95% hranice spolehlivosti

Fig. 1.

Relationship between WEOC<sub>o</sub> and WEOC<sub>ea</sub> (7 soil extracts in 3 replicates; R<sup>2</sup> = 97.8 % at p < 0.001); dashed lines show 95% probability WEOC<sub>ea</sub> – water extractable organic carbon determined by elementary analysis; WEOC<sub>o</sub> – water extractable organic carbon determined by spectrometry after dichromate oxidation

se zdá vhodnější použití elementární analýzy nebo stanovení WEOC pomocí absorbance extraktu při 254 nm (BRANDSTETTER et al. 1996). Brandstetterem navržená metoda výpočtu WEOC ze změřených hodnot absorbance při 254 nm lze však použít jen pro vzorky, které jsou po stránce složení podobné. Lze jí také použít u souboru vzorků, kde byla hodnota WEOC náhodně ověřena na statisticky reprezentativní části souboru vzorků jinou analytickou metodou (PITTEK 2009; UNECE 2006).

#### Použití prezentované oxidimetricko-spektroskopické metody v praxi

Metoda byla použita pro stanovení WEOC v lesních půdách. Naměřené hodnoty se pohybovaly v rozmezí od meze detekce (5 mg WEOC<sub>o</sub> kg<sup>-1</sup>) do 910 mg WEOC<sub>o</sub> kg<sup>-1</sup> půdy. Zjištěn byl statisticky význam-

ný rozdíl mezi půdami pod sledovanými porosty, kdy vyšší obsahy WEOC<sub>o</sub> byly stanoveny v půdách pod smrkovým porostem oproti půdám pod bukovým porostem (tab. 3). Což odráží vyšší zásobu organického uhlíku a DOC udávanou pro půdy pod smrkovými porosty (např. LESNA, KULHAVÝ 2003). Celkovou zásobu WEOC<sub>o</sub> lze předpokládat rovněž vyšší v půdě pod smrkovým porostem na sledované lokalitě, a to z důvodu významně větších mocností vzorkovaných horizontů v půdách pod smrkovým porostem (tab. 1 a nepublikovaná data). Zjištěn byl statisticky významný pokles WEOC<sub>o</sub> pro obě sledovaná stanoviště s hloubkou půdního profilu, a to od fermentačního organického horizontu F po minerální B horizonty (tab. 3). Toto zjištění je v souladu se závěry prací (FISHER, BINKLEY 2000; JANSEN et al. 2005 aj.). Stanovené množství DOC lze úspěšně použít pro zhodnocení vlivu a speciace Al v lesních půdách či odhadu závislosti specií Al na DOC (např. TEJNECKÝ et al. 2010).

**Tab. 2.**

Základní statistické hodnoty WEOC<sub>ea</sub> a WEOC<sub>o</sub> pro testovací soubor vzorků, rozdělený na organické F a H horizonty (o) a organo-minerální A a minerální B horizonty (m) (mg.l<sup>-1</sup>)

Basic statistical parameters of WEOC<sub>ea</sub> and WEOC<sub>o</sub> for the tested set of samples divided to group of organic F and H horizons (o) and organo-mineral A and mineral B horizons (m) (mg.l<sup>-1</sup>)

|                                         | WEOC <sub>ea</sub><br>(mg.l <sup>-1</sup> ) |        | WEOC <sub>o</sub><br>(mg.l <sup>-1</sup> ) |       |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------|--------|--------------------------------------------|-------|
|                                         | o                                           | m      | o                                          | m     |
| Počet/Count                             | 12                                          | 9      | 12                                         | 9     |
| Průměr/Average                          | 47,8                                        | 9,40   | 25,0                                       | 2,68  |
| Medián/Median                           | 53,1                                        | 4,62   | 27,4                                       | n.d.  |
| Směrodatná odchylka/Standard deviation  | 14,7                                        | 8,12   | 9,69                                       | 4,04  |
| Variační koeficient/Coeff. of variation | 30,7 %                                      | 86,4 % | 38,8 %                                     | 151 % |
| Minimum                                 | 24,4                                        | 2,95   | 9,55                                       | n.d.  |
| Maximum                                 | 66,7                                        | 20,5   | 36,4                                       | 8,53  |
| Rozpětí/Range                           | 42,3                                        | 17,6   | 26,9                                       | 8,53  |

n.d. – pod mezí detekce použité metody/under detection limit; o – organické horizonty F a H/organic horizons F and H; m – organo-minerální A a minerální horizonty B/organo-mineral A and mineral B horizons; WEOC<sub>ea</sub> – water extractable organic carbon determined by elementary analysis; WEOC<sub>o</sub> – water extractable organic carbon determined by spectrometry after dichromate oxidation

**Tab. 3.**

Množství WEOC<sub>o</sub> pro půdní vzorky odebrané pod bukovým a smrkovým porostem v letech 2008–2010 a v horizontech F, H, A, B (analýza rozptylu, 490 vzorků; mg.kg<sup>-1</sup>)

Amount of WEOC<sub>o</sub> for soil samples collected under beech and spruce forest between years 2008–2010; F, H, A, B horizons (analysis of variance, 490 samples; mg.kg<sup>-1</sup>); (WEOC<sub>o</sub> – water extractable organic carbon determined by spectrometry after dichromate oxidation)

|                 | Porost/Vegetation cover           |                                           |                          |       | Horizont/Horizon                  |                                           |                          |       |   |
|-----------------|-----------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|-------|-----------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|-------|---|
|                 | Počet vzorků/<br>Count of samples | +LS průměr/LS mean<br>mg.kg <sup>-1</sup> | LS odchylka/<br>LS sigma | H.S.* | Počet vzorků/<br>Count of samples | LS průměr+/LS mean<br>mg.kg <sup>-1</sup> | LS odchylka/<br>LS sigma | H.S.* |   |
| Buk/<br>Beech   | 230                               | 119                                       | 8,98                     | a     | F                                 | 66                                        | 297                      | 15,3  | c |
|                 |                                   |                                           |                          |       | H                                 | 66                                        | 117                      | 15,3  | b |
|                 |                                   |                                           |                          |       | A                                 | 29                                        | 56,7                     | 23,1  | a |
|                 |                                   |                                           |                          |       | B                                 | 71                                        | 31,8                     | 14,7  | a |
| Smrk/<br>Spruce | 260                               | 201                                       | 8,40                     | b     | F                                 | 64                                        | 384                      | 16,1  | c |
|                 |                                   |                                           |                          |       | H                                 | 66                                        | 278                      | 15,8  | b |
|                 |                                   |                                           |                          |       | A                                 | 49                                        | 88,7                     | 18,4  | a |
|                 |                                   |                                           |                          |       | B                                 | 79                                        | 59,5                     | 14,4  | a |

\*homogenní skupina/homogeneous groups; +LS průměr/LS mean – průměr odhadované efektu na základě metody nejmenších čtverců LS/the estimated least squares mean

## ZÁVĚR

Oxidimetricko-spektroskopické stanovení WEOC je poměrně rychlé a přesné. Metodu lze použít pro velké soubory vzorků bez potřeby velkého množství extraktu nebo nákladného přístrojového vybavení.

Metoda byla úspěšně aplikována v praxi. Stanoveny byly vyšší obsahy WEOC<sub>o</sub> v půdách pod smrkovým porostem oproti půdám pod bukovým porostem; pro obě prostředí byl zjištěn pokles WEOC<sub>o</sub> s hloubkou půdního profilu, což koresponduje s obsahem organického uhlíku v profilu horských lesních půd.

### Poděkování:

Výzkum byl řešen díky podpoře Celouniverzitní interní grantové agentury ČZU v Praze (CIGA č. 20132005) a Ministerstva zemědělství ČR (projekt č. QI92A216). Autoři rovněž děkují za pomoc při odběru vzorků členům Katedry pedologie a ochrany půd ČZU v Praze.

## LITERATURA

- BRANDSTETTER A., SLETTEN R.S., MENTLER A., WENZEL W.W. 1996. Estimating dissolved organic carbon in natural waters by UV absorbance (254 nm). *Zeitschrift für Pflanzenernahrung und Bodenkunde*, 159: 605–607.
- DRÁBEK O., MLÁDKOVÁ L., BORŮVKA L., SZÁKOVÁ J., NIKODEM A., NĚMEČEK K. 2005. Comparison of water-soluble and exchangeable forms of Al in acid forest soils. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 99: 1788–1795.
- FISHER R.F., BINKLEY D. 2000. *Ecology and management of forest soil*. New York, John Wiley & Sons: 489 s.
- FRÖBERG M., BERGGREN D., BERGKVIST B., BRYANT C., KNICKER H. 2003. Contributions of Oi, Oe and Oa horizons to dissolved organic matter in forest floor leachates. *Geoderma*, 113: 311–322.
- CHANTIGNY M.H. 2003. Dissolved and water-extractable organic matter in soils: a review on the influence of land use and management practices. *Geoderma*, 113: 357–380.
- CHANTIGNY M.H., ANGERS D.A., KAISER K., KALBITZ K. 2008. Extraction and characterization of dissolved organic matter. In: Carter M.R., Gregorich E.G. (eds.): *Soil sampling and methods of analysis*. Boca Raton, CRC Press, Taylor & Francis: 617–635.
- JANSEN V.M., CHODAK M., SABOROWSKI J., BEESE E. 2005. Determination of humus stocks and qualities of forest floors in pure and mixed stands of spruce and beech. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, 176: 176–186.
- JONES D.L., WILLETT V. B. 2006. Experimental evaluation of methods to quantify dissolved organic nitrogen (DON) and dissolved organic carbon (DOC) in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 38: 991–999.
- KAISER K., GUGGENBERGER G., HAUMAIER L., ZECH W. 2002. The composition of dissolved organic matter in forest soil solutions: Changes induced by seasons and passage through the mineral soil. *Organic Geochemistry*, 33: 307–318.
- KALBITZ K., SOLINGER S., PARK J.H., MICHALZIK B., MATZNER E. 2000. Controls on the dynamics of dissolved organic matter in soils: A review. *Soil Science*, 165: 277–304.
- LESNA J., KULHAVÝ J. 2003. Evaluation of humus conditions under different forest stands: beech vs. spruce dominated forest stand. *Ekologia (Bratislava)*, 22: 47–60.
- McDOWELL W. H., ZSOLNAY A., AITKENHEAD-PETERSON J.A., GREGORICH E.G., JONES D.L., JÖDEMANN D., KALBITZ K., MARSCHNER B., SCHWESIG D. 2006. A comparison of methods to determine the biodegradable dissolved organic carbon from different terrestrial sources. *Soil Biology and Biochemistry*, 38: 1933–1942.
- MICHALZIK B., KALBITZ K., PARK J.H., SOLINGER S., MATZNER E. 2001. Fluxes and concentrations of dissolved organic carbon and nitrogen – a synthesis for temperate forests. *Biogeochemistry*, 52: 173–205.
- MURPHY D.V., MACDONALD A.J., STOCKDALE E.A., GOULDING K.W.T., FORTUNE S., GAUNT J.L., POULTON P.R., WAKEFIELD J.A., WEBSTER C.P., WILMER W.S. 2000. Soluble organic nitrogen in agricultural soils. *Biology and Fertility of Soils*, 30: 374–387.
- NAMBU K., HEES P.A.W. VAN, ESSÉN S.A., LUNDSTRÖM U.S. 2005. Assessing centrifugation technique for obtaining soil solution with respect to leaching of low molecular mass organic acids from pine roots. *Geoderma*, 127: 263–269.
- PITTER P. 2009. *Hydrochemie*. Praha, Vydavatelství VŠCHT: 579 s.
- TEJNECKÝ V., DRÁBEK O., BORŮVKA L., NIKODEM A., KOPÁČ J., VOKURKOVÁ P., ŠEBEK O. 2010. Seasonal variation of water extractable aluminium forms in acidified forest organic soils under different vegetation cover. *Biogeochemistry*, 101: 151–163.
- TEJNECKÝ V., BRADOVÁ M., BORŮVKA L., NĚMEČEK K., ŠEBEK O., NIKODEM A., ZENÁHLÍKOVÁ J., REJZEK J., DRÁBEK O. 2013. Profile distribution and temporal changes of sulphate and nitrate contents and related soil properties under beech and spruce forests. *Science of The Total Environment*, 442: 165–171.
- UNECE. 2006. Sampling and analysis of deposition. In: *Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests*. United Nations Economic Commission for Europe, CLRTAP, ICP Forests: 130 s.
- YAKOVCHENKO V.P., SIKORA L.J. 1998. Modified dichromate method for determining low concentrations of extractable organic carbon in soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 29: 421–433.
- ZBÍRAL J. 2002. *Analýza půd III - jednotné pracovní postupy*. Brno, ÚKZÚZ: 199 s.
- ZSOLNAY Á. 2003. Dissolved organic matter: artefacts, definitions, and functions. *Geoderma*, 113: 187–209.

## FAST DETERMINATION OF WATER EXTRACTABLE ORGANIC CARBON FROM FOREST SOILS

### SUMMARY

Dissolved organic carbon is a natural part of dissolved organic matter, and it plays an important role in the biogeochemistry of soil processes (KALBITZ et al. 2000; ZSOLNAY 2003). The first aim of this manuscript is to introduce a modified spectroscopic method for the determination of water-extractable forms of organic carbon (WEOC) from forest soils. In general, this method is based on oxidation of WEOC by chromium-sulphuric acid according to ZBÍRAL (2002) and YAKOVCHENKO, SIKORA (1998). However, the main aim is to compare this simple spectroscopy method with the most common but economically demanding method of elemental analysis. The spectroscopy method was applied to a large (490 samples) series of aqueous extracts from real soil samples.

Soil samples for testing this simple spectroscopy method originate from two different soil environments – from under beech and under spruce forests. Extraction of WEOC was made by deionised water for 24 hours. Soil sampling area and extraction methods were described in detail in TEJNECKÝ et al. (2010, 2013). The extract was filtered (0.45 µm) and divided into two parts; the content of WEOC<sub>ea</sub> was determined by means of elemental analysis. The content of WEOC<sub>o</sub> was determined in the second part of the previously described extract<sub>ea</sub> by means of the simple spectroscopy method. The comparison of determined amounts of WEOC<sub>ea</sub> and WEOC<sub>o</sub> revealed a close and statistically significant relationship between the results of these independent methods (F-ratio = 849.9 for  $p < 0.001$ ;  $R^2 = 97.8\%$ ) (Fig. 1). The spectroscopic method for WEOC determination proved to be fast, easy and an economical alternative to the commonly used method of elemental analysis.

Generally, the amounts of WEOC determined under spruce forest were significantly higher than those determined under beech forest. There has been observed a decreasing trend of WEOC amounts with increasing depth of soil profiles for both studied environments (Tab. 3). This fact is in agreement with general distribution of total organic carbon in mountainous forest soil environments.